



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“Київський політехнічний інститут”**

**ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
НДІ Телекомунікацій**

**Восьма міжнародна
науково-технічна конференція
і Шоста студентська
науково-технічна конференція**

"ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ"

присвячені Дню науки і Всесвітньому дню телекомунікацій

22–25 квітня 2014 року

Матеріали конференції

м. Київ

Науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій": Матеріали конференції. К.: НТУУ "КПІ", 2014.

Даний збірник містить матеріали пленарних і секційних доповідей студентів, аспірантів, спеціалістів і наукових співробітників, представлених на Восьмій міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми телекомунікацій" (ПТ-14) та Шостій студентській науково-технічній конференції (СК-14), які проводяться 22–25 квітня 2014 р. в м. Києві.

Робочими мовами конференції є українська, російська та англійська.

У збірник включені матеріали конференції за такими напрямками:

- системи бездротових телекомунікацій;
- проводовий зв'язок, оптоволоконні системи та мережі;
- інформаційні ресурси та мережі;
- засоби телекомунікаційних систем;
- сенсорні телекомунікаційні мережі;
- супутникові та радіорелейні телекомунікаційні системи;
- реалізація концепції NGN в сучасних і перспективних телекомунікаціях
- Modern information and telecommunication trends

Вчений секретар конференції
БУНІН С.Г., д.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ".
E-mail: sgbunin@ukr.net

Секретар оргкомітету конференції
Іванова Т.Л.
р. тел/факс. (044)454-98-21.
E-mail: ivanova@its.kpi.ua

Співголови конференції:

БАРАНОВ О.А. – директор Департаменту стратегії розвитку зв'язку Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, к.т.н., професор.

ІЛЬЧЕНКО М.Ю. – проректор з наукової роботи Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", директор інституту телекомунікаційних систем, академік НАНУ, д.т.н., професор.

Організатори конференції:

Державна служба спеціального зв'язку і захисту інформації України;
Національний технічний університет України «КПІ», ІТС, НДІТ;
Міжнародний науково-технічний журнал «TELECOMMUNICATION SCIENCES».

Спонсори конференції:

Організації та підприємства, які приймають участь у науковій праці й працевлаштуванні випускників ІТС, а також всі бажаючі.

Програмний комітет:

Сундучков К.С. – голова, д.т.н., проф., НДІ ТК, м. Київ;

Лук'янчук О.Г. – співголова, к.т.н., проф., проректор СевНТУ, м. Севастополь;

Яцук П.П. – співголова, голова НКРЗ, м. Київ;

Гімпілевич Ю.Б. – заст. голови, д.т.н., проф., СевНТУ, м. Севастополь;

Каток В.Б. – заст. голови, к.т.н., проф., Департамент науково-технічної політики ПАТ «Укртелеком», м. Київ;

Шестак І.В. – заст. голови, к.т.н., начальник першого управління Департаменту стратегії розвитку зв'язку Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку і захисту інформації України, м. Київ.

Члени комітету:

1. **Алексєєв М.О.**, к.т.н., доц. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
2. **Беркман Л.Н.**, д.т.н., проф., проректор ДУТ, м. Київ;
3. **Бунін С.Г.**, д.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
4. **Гаттуров В.К.**, к.т.н., доц. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
5. **Глоба Л.С.**, д.т.н., проф., зав. каф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
6. **Жук С.Я.**, д.т.н., проф. РТФ НТУУ "КПІ", м. Київ;
7. **Каток В.Б.**, заст. голови, к.т.н., проф., Укртелеком, м. Київ;
8. **Коломицев М.О.**, к.т.н., доц. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
9. **Кравчук С.О.**, д.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
10. **Ліпатов А.О.**, к.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
11. **Лисенко О.І.**, д.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
12. **Максимов В.В.**, к.т.н., доц. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
13. **Михайлов С.А.**, д.т.н., проф., ОНАЗ ім. Попова, м. Одеса;
14. **Назаренко О.І.**, факультет лінгвістики НТУУ „КПІ”, м. Київ;
15. **Наритнік Т.М.**, к.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
16. **Попов В.І.**, д.ф-м.н., проф. РТУ, м. Рига;
17. **Поповський В.В.**, д.т.н., проф. ХНУРЕ, м. Харків;
18. **Романов О.І.**, д.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
19. **Трубін О.О.**, д.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
20. **Уривський Л.О.**, д.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
21. **Шелковніков Б.М.**, к.т.н., доц. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ;
22. **Якорнов Є.А.**, к.т.н., проф., заст. директора ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ.

Технічний комітет:

1. Слюсар В.С. – транспорт, поселення, р.т. 454-98-21.
2. Дуля Ю.А. – головний бухгалтер НДІ ТК, р.т. 236-95-04.
3. Березовська О.В. – реєстрація, забезпечення документообігу, р.т. 454-98-21.
4. Мікляєв О.В. – технічне обслуговування електронної техніки, р.т. 454-98-21.
5. Штогриня О.С. – оформлення конференції на сайті ІТС, р.т. 454-98-91.
6. Послуги перекладача:
Кот Тетяна;
Баскенова Катерина.

Адреса для листування, телефони:

03056, г. Київ, провулок Індустріальний, 2, корпус 30, секретарю оргкомітету конференції „ІТ” Івановій Т.Л., р.тел/факс. (044)454-98-21.

Адреса проведення конференції:

03056, г. Київ, провулок Індустріальний, 2, корпус № 30 НТУУ „КПІ”, IV поверх.
Пленарні засідання проводяться 22.04.14 р. у залі №12 Науково-технічної бібліотеки НТУУ «КПІ».

ЗМІСТ

Пленарні доповіді

Бірюков М.Л., Борисович В.І., Тріска Н.Р.

Актуальні завдання телекомунікаційної галузі України на етапі переходу до європейської системи технічного регулювання..... 17

Скібун О.Ж. *Міжнародні та регіональні заходи як основний чинник вирішення проблемних питань в сфері телекомунікацій.....* 20

Шестак І.В., Скібун О.Ж. *Сфера телекомунікацій: стан та проблеми.....* 23

Урывский Л.А., Гаттуров В.К.

Преподавание телекоммуникационных дисциплин по освоению технологий ngn в условиях реализации болонских соглашений 26

Кравчук С.А. *Особенности и перспективы подготовки кадров в курсе сотовых систем мобильной связи* 31

Каток В.Б., Отрох С.И. *Широкополосная связь в интересах устойчивого развития информационного общества.....* 33

Бунин С.Г. *Импульсные сверхширокополосные сигналы в системах телекоммуникаций* 41

Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Дідковський Р.М.

Використання квадратурних цифрових модуляторів в системах зв'язку з автокореляційним прийомом стохастичних сигналів 43

Глоба Л.С., Скулиш М.А., Реверчук А.В. *Схема згладжування вхідного навантаження на сервер мобільного оператора* 46

Селюченко М.О., Климаш М.М., Бешлей М.І.

Динамічне управління якістю послуг на основі SOCCA в конвергентних телекомунікаційних мережах інформаційним ресурсам..... 50

Лисенко О.І., Нікулін О.Ф., Чумаченко С.М., Валуйський С.В.

Задача оптимального розміщення сенсорів в області моніторингу. Технології екологічного моніторингу із використанням інтелектуальної сенсорної техніки 53

Станкевич С.А., Попов М.А., Лубский Н.С., Шкляр С.В.,

Подорван В.Н., Добровольская К.В., Тягур В.М.

Повышение пространственного разрешения путём субпиксельной обработки изображений..... 57

Трубин А.А. *Управление оптическими импульсами с помощью фильтров на диэлектрических микрорезонаторах* 61

Волков С.Э., Дитяшев В.А., Сундучков К.С.

Уравнение энергетического баланса – основа метода расчета параметров радиоканала беспроводного доступа к мобильным абонентам на автобане 64

Дудченко А.В. *Облачная архитектура в сетях мобильной связи* 67

Секція 1. Системи безпроводових телекомунікацій

Співголови:

д.т.н., проф. Бунін С.Г., к.т.н., проф. Кравчук С.О., д.т.н., проф. Поповський В.В.

Доповідачі:

Авдеенко Г.Л., Коломыцев М.А., Мазуренко А.В., Якорнов Е.А.

Повышение производительности сотовых сетей беспроводной связи с помощью распределённых адаптивных антенных систем..... 68

Адамович О.М., Авдєєнко Г.Л. Порівняльна характеристика способів передачі телевізійної програми за технологією IPTV 71

Каламбет Е.Ю., Сундучков К.С.

Оценка возможности использования технологии Wi-Fi для организации прямого и запросного канала в составе экспресса..... 74

Безгин А.А., Новоселов Е. А., Раифов Л.Э., Семин С.В., Слободенюк А.А., Савочкин А.А.

Options of frequency resource refarming for Ukrainian LTE network 77

Безлюднов Д.Е., Сундучков К.С.

Оценка трафика прямого канала на центральной станции состава поезда, который движется со скоростью 300 км/час 80

Ліщенко В.Д., Сундучков К.С.

Оцінка можливостей технології LTE для використання в експресі 83

Валуйский С.В., Димид М.Д. Аналітичне дослідження пропускної здатності безпроводових сенсорних мереж ZigBee 86

Мазуренко О.В., Касьяненко Д.Г., Ковальчук К.П.

Багатоканальне використання «МВОК» модуляції 89

Гаркуша С.В., Аль-Дулайми А.М.Х., Ал-Джанаби Х.Д.К.

Модель планирования частотно-временного ресурса в нисходящем канале связи технологии LTE 92

Гончарова С.В., Сундучков К.С.

Технологія WiMAX для організації зворотнього каналу в мережі мобільного зв'язку для абонентів, що рухаються в залізничному експресі.. 95

Дробик О.В., Ковальчук Ю.П., Копійка О.В. Структурний синтез архітектур телекомунікаційних систем при наданні сучасних послуг 98

Згурский А.С., рук. Бунин С.Г. Анализ протоколов иерархической самоорганизации сетей MANET, использующих комбинированную метрику выбора контроллера кластера 101

Здорик В.В., рук. Бунин С.Г.

Застосування підходу DTN при побудові мережі Ad Hoc 105

Плотник К.А., рук. Бунин С.Г. Чипсетовая ретрансляция сверхширокополосных импульсных сигналов в самоорганизующихся радиосетях.....	108
Аль-Аззави Эсса Мохаммед, Евсеева О.Ю. Математическая модель маршрутизации и распределения канальных ресурсов WiMax сети в режиме Mesh	111
Климаш М.М., Хайдер Аббас Аль-Заяді, Осипова М.Б. Способи валідації якості обслуговування в безпроводних мережах широкосмугового доступу	115
Константинов Д.С., Кравчук С.О. Перспективні транспортні мережі стільникового зв'язку	118
Кравчук С.А. Математична модель імовірності переривання зв'язку в стільниковій системі широкосмугового радіодоступу з райсонівськими завмираннями	122
Босюк О.А., Кравчук С.О. Беспроводные системы связи между транспортными средствами и телекоммуникационной инфраструктурой.	125
Лысюк Е.В., Стрелковская И.В., Золотухин Р.В. Software development of the different signal restoration methods	128
Воробьев А.Д., рук. Якорнов Е.А. Макет беспроводовой телекоммуникационной системы передачи информации на основе технологии WI-FI..	131
Нарытник Т.Н. , Домрачева Е.А., Казимиренко В.Я. Анализ эффективности использования миллиметрового диапазона электромагнитных волн для передачи данных	134
Нарытник Т.Н., Ильченко М.Е., Радзиховский В.Н. Исследование радиоканала связи для перспективных телекоммуникационных систем терагерцового диапазона	137
Кайденко Н.Н. Особенности выбора параметров модуляции и помехоустойчивого кодирования для оптимальной адаптивной модуляции в системах беспроводного широкополосного доступа с OFDM	141
Познякова А.А., Кравчук С.А. Проблемы передачи обслуживания при внедрении фемтосот в LTE.....	144
Рак Р.І., Кравчук С.О. Улучшение характеристик передачи обслуживания в сети LTE с помощью интерференционной координации.	148
Симоненко О.А., Романюк В.А., Сова О.Я., Стемпковська Я.А. Координація взаємодії інтелектуальних систем управління вузлів радіомереж класу MANET	151
Челядинов Р.С., Кравчук С.А. Адаптивные MIMO-системы с коэффициентом мультиплексирования близким к максимальному	154

Секція 2. Проводовий зв'язок, оптоволоконні системи та мережі

Співголови:

к.т.н., проф. Якорнов Є.А., д.т.н., проф. Романов О.І., к.т.н., проф. Каток В.Б.

Доповідачі:

Волков С.Э., Сундучков К.С., Голик А.Л. Применение технологии RADIO-OVER-FIBER в системах мобильной связи 5-го поколения.....	156
Семенко А.И., Домрачева Е.А., Хомич С.В., Белова Ю.В. Определение пропускной способности телекоммуникационных систем при наличии помех	158
Ніколов К.О., Манько О.О. Питання надійності волз на етапі використання нових оптичних технологій	161
Волинченко М.Є., рук. Явіся В.С. Методи підвищення відмовостійкості корпоративної мережі	164
Верес Л.А., Романов А.И., Дидух Я. Пути перехода существующей телекоммуникационной инфраструктуры на IP платформу в соответствии с концепцией IMS.....	167
Богдан П. А, Пасько С. П., Пасько В. П. Знаходження коефіцієнту втрати пакетів внаслідок завантаженості мережного обладнання.....	170
Лапшикова М.А., Латуха А.В., кер. Романов О.І. Дослідження забезпечення параметрів QoS в MPLS-мережі методами управління трафіком	173
Москвитина А.А., Латуха А.В., рук. Романов А.И. Актуальность использования протокола SNMP в сетях передачи данных и его практическая реализация	176
Нестеренко М.М., Маньківський В.Б., Доманчук В.С. Використання VM VIRTUAL BOX для розширення можливостей GNS3 при моделюванні роботи DNS-служби	179
Рудько Н.Д., Богдан П.А., кер. Романов О.І. Розрахунок часу затримки кадру мережі ETHERNET в залежності від ступеня завантаженості мережі.....	182
Шматко В.С. Break Localisation in Telecommunications with delays in signal and control data.....	185
Штепа В.О., Міщенко В.О., кер. Романов О.І. Моніторинг мереж IP/MPLS за допомогою протоколу NETFLOW та програмного забезпечення САСТІ	188

Секція 3. Інформаційні ресурси і мережі

Співголови:

д.т.н., проф. Глоба Л.С., д.т.н., проф. Беркман Л.Н., к.т.н., доц. Алексеев М.О.

Доповідачі:

Нарытник Т.Н., Ильченко М.Е., Войтенко А.Г., Свириденко В.Н.

Микроволновая мультисервисная система абонентского доступа umds к . 191

Вишталъ Д.М., Зайченко Ю.П., Васильев В.И.

О представлении свойств монотонных систем структурными функциями. 196

Евсеева О.Ю., Мохаммед Б. Кадер

Иерархический метод маршрутизация запросов в гибридных сетях доставки контента с гарантированным качеством обслуживания..... 199

Заставенко А.А., Скулиш М.А., Яндович І.Є.

Оцінка залежності використання ресурсів від вхідного навантаження на сервері мобільного оператора 202

Жолдасулы М., Нурбаев С. Передача голоса в сети LTE 206

Жураковський Б.Ю. Матричные методы сжатия информации в телекоммуникационных сетях 209

Нурбаев С., Жолдасулы М.

Особенности сети LTE ADVANCED и использования в г. Алматы..... 212

Лунтовский А.О., Семенко А.И., Губанков С.В.

SMART GRID технология в энергетических сетях 215

Никифороенко К.Б. Обеспечение безопасности систем электронного документооборота на основе протоколов управления ключами с кодовой защитой 218

Селезень Я.Ю., Боран-Кешишьян А.Л.

Использование систем мониторинга судоходства в задаче привлечения поисково-спасательных сил и средств 221

Савченко А.С. Подход к оценке производительности компьютерных сетей с разнородным трафиком 224

Тарбаєв С.І., Недашківський О.Л., Чумак Н.С.

Припустиме навантаження на міжвузлові канали ір мережі з умови забезпечення параметрів QoS відповідно стандарту ITU Y.1541 227

Толстикова Е.В.

Параметрическая оптимизация нелинейных нейронных сетей 230

Харлай Л.О. Протоколи управління ключами. сучасний стан 234

Ананьїна Д.В., Курдеча В.В. Критерії для переходу між мережами 3G та Wi-Fi в контексті Wi-Fi Offload 237

Баскенова Е.С., Новогрудская Р.Л., Глоба Л.С. Підходи в мапірованні	240
Борис Т.В., Алексеев М.О. Управління великими масивами даних в якості послуги	243
Булаковська А.О. Computerized tomographic system of sequential detection cracks in pipelines.	246
Вольвач Є.О., Глоба Л.С. Електронний курс з хмарних обчислень	249
Высочиненко М.С., Халимон Н.Ф. Управление запросами к станциям беспроводной сети	252
Кобзарь Л.С., Сундучков К.С. Использование данных субъективного тестирования для создания системы определения качества восприятия на основании нейронной сети	255
Наконечный В. М., Глоба Л.С. Навігація по ВЕБ ресурсу за допомогою голосових команд	258
Чирченкова М.А., Федорова К.П. Анализ методов защиты SDR-терминала от воздействия вредоносного программного обеспечения	261
Штогрин Е.С. Кривенко А.С. О Визуализации метаграфов.....	264
Щасливий С.П., Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л. Автоматизація робочого процесу обробки даних Національного Антарктичного Наукового Центру України	267
Ивлев Ю.В., Кайдено М.М. Методика аналізу вмісту HTML сторінок .	270
Привар О.А., Новогрудская Р.Л., Глоба Л.С. Развитие украинского портала антарктических данных	272
Правило В.В., Фомін М.М. Особливості розподілу мережевого ресурсу за класами обслуговування в мультисервісних мережах зв'язку ..	275

Секція 4. Засоби телекомунікаційних систем

Співголови:

д.т.н., проф. Трубін О.О., к.т.н., проф. Шелковніков Б.М.,
д.т.н., проф. Михайлов С.А.

Доповідачі:

Беспалова О.Г., Коновальчук Ю.С., Шелковніков Б.М. Особливості I/Q модулятора на частоті 80 ГГц та його моделювання.....	278
Бугаєв П.А., Афонин И.Л., Баранов С.Д. Структурные элементы волноводного тракта на основе плоского металлодиэлектрического волновода	281

Жогов Р.Ю., Карнаух В.Я. Проектирования активного фильтра низких частот с применением операционных усилителей	284
Захаров А.В. Пинчук Л.С. Микрополосковый полосно-пропускающий фильтр с повышенной левосторонней избирательностью.....	288
Зебек С.Е., Гимпилевич Ю.Б. Микроволновый измерительный преобразователь на основе метода прямого преобразования.....	292
Ищенко М.В., Нестеров П.В., Шелковников Б.Н. Анализ производительности ультра широкополосных импульсных многопользовательских систем для беспроводных персональных систем..	295
Колопац М.А., Зиятдинов Ю.К. Анализ процессов иерархической маршрутизации потоков разнородного трафика.....	298
Корпанець Т.В. Особливості моделювання процесів антено-фідерних трактів	301
Литвин О.О., Карнаух В.Я. Активний смуговий фільтр GSM діапазону .	304
Наритник Т.М., Могильченко М.О., Корсак В.Ф., Войтенко О.Г., Поршнєв В.Л., Лутчак О.В. Пристрій з підвищеною частотною вибірковістю для систем радіомоніторингу	307
Нарытник Т.Н., Ильченко М.Е., Войтенко А.Г., Дідковський А.В., Алієв М.Я., Волков В.В. Исследования формирователя информационного потока для канала связи с повышенной пропускной способностью	310
Нестеров П.В., Ищенко М.В., Шелковніков Б.М. Характеристика комбінованого методу визначення місцезнаходження об'єктів з використанням надширокосмугових сигналів і систем RFID	313
Приступчук Ю. А., Шелковников Б. Н. Моделирование беспроводной системы на частоте 130 ГГц	316
Самсонов С.С., Шелковніков Б.М. Дослідження енергозберігаючої методики роботи статичних M2M пристроїв	319
Трубаров І. В. Дослідження залежності коефіцієнта взаємного зв'язку циліндричних діелектричних резонаторів від відстроювання за частотою.	322

Секція 5. Сенсорні телекомунікаційні мережі

Співголови:

д.т.н., проф. Лисенко О.І., д.т.н., проф. Жук С.Я., д.ф.-м.н., проф. Попов В.І.

Доповідачі:

М. Ferber, A. Korniienko, G. Scorlett Новый метод анализа неопределенности электрических цепей на основе μ -анализа 325

Афанасьєва Л.О., Лисенко О.І.

Применение алгоритмов условно оптимальной фильтрации в системах тестирования волоконно-оптических линий связи 328

Бойків А.А. Криптографія з відкритим ключем в інтернеті 331

Бойченко О.С., Воротніков В.В., Кулаков Ю.О.

Оцінка середнього часу передачі повідомлення в AD-НОС мережі 333

Борисов П.С., Грабар І.Г. Кубрак О.М. Аналіз методів розрахунку ймовірності помилки на біт для систем радіозв'язку з прямим розширенням спектру з врахуванням впливу взаємних перешкод 336

Великий А.А., Лисенко О.І. Метод експертної оцінки показників якості телекомунікаційних систем зони лиха в умовах деструктивних впливів 339

Воловик В.А.

Вероятностный подход к алгоритму маршрутизации в сенсорных сетях.... 342

Гаркавий Д.С. Способы интеллектуализации управления самоорганизующимися радиосетями 345

Давидюк В.О., Валуйський С.В. Аналіз протоколів віддаленого доступу в корпоративних мережах за технологією VPN 348

Заика В.Ф.

Возможный подход к улучшению точностных характеристик антенно-поворотного устройства наземного радиотехнического комплекса 351

Заруцкая А.А.

Математическая модель надёжности узла беспроводной сенсорной сети .. 354

Іщенко Д.А., Пекарєв Д.В., Кирилюк В.А.

Концептуальна модель розвідки сенсорної телекомунікаційної мережі з застосуванням технічних засобів розвідки 357

Казак В.М., Шевчук Д.О.

Критерій оцінки ефективності відновлення керованості літального апарата в умовах виникнення особливої ситуації у польоті 361

Карбовська О.В., Терновой М.Ю. Дослідження пропускнуздатності умережах здинамічноютопологієюнаоснові технології ZigBee 364

Кафідова О.В. Спосіб підвищення ефективності безпроводових сенсорних мереж.....	367
Кирилюк В.А., Завада А.А., Самчишин О.В. Напрямки розвитку технологій створення і використання безпроводових сенсорних мереж.....	370
Коваленко И.Г., Клименко Н.А., Романюк А.В. Гибридный метод энергосберегающего множественного доступа в сенсорной радиосети с избыточным количеством узлов.....	374
Козелкова К.С., В'юнник О.В. Формування структурної схеми багатосупутникової низькоорбітальної екологічної системи (БНЕС) дистанційного зондування землі (ДЗЗ) подвійного призначення	376
Козленко М.М., Слюсарчук В.К. Енергоефективний надійний протокол маршрутизації для телекомунікаційних сенсорних мереж на основі визначення місця розташування сенсору	379
Лемешко А.В., Евсеева О.Ю., Хасан А. Условия обеспечения качества обслуживания по множеству показателей при многопутевой маршрутизации в мультисервисных сетях.....	383
Лень В.Е. Определение координат в беспроводной сенсорной сети.....	386
Маловичко Н.О., Алексєєва І.В. Метод оптимізації ретрансляції в безпроводовій мережі, побудованої на технології LTE-ADVANCED	389
Наземнов В.В. Методы и алгоритмы для покадрового кодирования и передачи видеоданных по радиоканалам с низкой пропускной способностью.....	392
Новиков В.И., Лысенко А.И. Задача увеличения времени жизни беспроводных сенсорных сетей	395
Павлюк В.В., Стависюк Р.Л. Использование широкодиапазонных антенных элементов в аппаратуре сенсорных телекоммуникационных сетей.....	398
Пашинский Д.Н. Протоколы маршрутизации беспроводных сенсорных сетей с самоорганизацией	401
Прищепя Т.О. Модель застосування системної методології передбачення для експертизи проєктів телекомунікаційних систем зони лиха	403
Романюк В.А., Коваленко И.Г., Диянчук И.Н. Энергосберегающий метод агрегации данных в сенсорной радиосети с избыточным количеством узлов	406
Федотов Б.Н., Станкевич С.А., Петрова В.Н. Взаимосвязь ограничений на разрешающую способность и дальность действия радиолокационных станций с синтезированной апертурой.....	409

Ханина Т.О. Анализ методов маршрутизации в стационарных сетях	412
Цветков И.О. A novel algorithm of locating voids in manet structure	415
Цвіль С.І., Алексєєва І.В. Методи захисту інформації при передачі по телекомунікаційних мережах електронних документів	418
Чернишенко Н.А., Петрова В.Н. Аналіз синхронізації часу в телекомунікаційних сенсорних мережах	421
Шестаков В.І., Чернишук С.В. Виявлення критичних елементів сенсорної телекомунікаційної мережі	424
Шпилька А.А., Жук С.Я. Оптимальный алгоритм совместного декодирования сверточных кодов и оценивания параметров многолучевого канала связи с многопозиционной созвездием модуляции	427
Яцуценко А.Я., Пєвцов Г.В., Карлов Д.В. Спосіб енергетичного виявлення і оцінювання параметрів тривалого немодульованого радіосигналу при невизначенності несної частоти	430

Секція 6. Супутникові та радіорелейні телекомунікаційні системи

Співголови:

к.т.н., проф. Ліпатов А.О., к.т.н., проф. Наритник Т.М.,
к.т.н., доц. Коломицев М.О.

Доповідачі:

Авдеенко Г.Л., Чижевская А.В., Бранчук В.Н. Макет системы трансляции радиосигнала цифрового телевидения стандарта DVB-Спо радиолнии СВЧ диапазона 4,3 ГГц для учебного процесса в ВУЗе	433
Волков С.Е., Пизюк Д.Л. Система радиочастотного мониторингу корисного навантаження НССЗ України	436
Капштык С.В., Липатов А.А. Спутники с высокой пропускной способностью	439
Кубасов И.С., Сундучков К.С. Некоторые требования к спутниковому радиоканалу доставки ТВ программ	442
Липатов А.А., Вопилов А.А. Интеграция наземных и спутниковых телекоммуникационных систем	445
Манько О.О., Ніколов К.О. Моделювання діапазонних характеристик самокерованих обмежувачів потужності	448
Ніколов К.О., Манько О.О. Дослідження передавальних характеристик самокерованих обмежувачів потужності	451

Семенко А.І., Смілянський А.О.1, Шокотько А.А. Модернізація радіорелейних станцій для створення дуплексної цифрової радіорелейної лінії з покращеним відношенням сигнал/шум при наявності згасання сигналу	454
Якорнов ЄА, Авдєєнко Г.Л., Адамович О.М., Чижевська А.В. Підвищення продуктивності радіорелейної лінії зв'язку за рахунок використання фізичного явища кривизни фазового фронту електромагнітної хвилі	457

Секція 7. Реалізація концепції NGN в сучасних та перспективних телекомунікаціях

Співголови:

д.т.н., проф. Уривський Л.О., к.т.н., доц. Максимов В.В., к.т.н., доц. Гаттуров В.К.

Доповідачі:

Буркан Л.О., Максимов В.В. Обеспечение качества обслуживания при использовании сквозного агрегирования RSVP – резервирований в мультисервисных сетях	460
Воробчук І.М. Максимов В.В. Аналіз сімейства алгоритмів активного управління чергою RED	463
Гуриненко В.О. Исследование механизмов качества обслуживания для организации IP-телефонии	466
Кравченко Д.О., Максимов В.В. Порівняння протоколів маршрутизації OSPFv2 і OSPFv3 в розрізі переходу до мереж IPv6	468
Лалетін М.І., Лісковський І.О. Дослідження методів оцінки якості надання мультисервісних послуг в частині передавання мовного сигналу.	471
Лісковський І.О., Варфоломєєва О.Г., Созонник Г.Д. Модель користувача в системі управління мережею наступного покоління	474
Мошинская А.В., Урывский Л.А. Использование критериев многоуровневой оптимизации в задачах анализа мультисервисных телекоммуникационных систем.....	477
Панасюк М.С., Максимов В.В. Огляд і характеристика симуляторів для мереж типу MANET	481
Прокопенко Е.А., Урывский Л.А., Осипчук С.А. Обеспечение информационной эффективности дискретных каналов связи с технологией OFDM	484
Федоренко К.І., Гаттуров В.К. Методи підвищення надійності мережі провайдера телекомунікаційних послуг	487
Чмыхун С.А., Максимов В.В. Исследование причин возникновения перегрузок в различных сетях и методов борьбы с ними	490

Секція 8. Modern information and telecommunication trends

Співголови:

д.т.н., проф. Бунін С.Г., Назаренко О.І., д.т.н., проф. Уривський Л.О.

Доповідачі:

Borys T.V., Alexeyev N.O.

ANALYSIS AND MANAGEMENT OF BIG DATA AS A MEANS OF
SERVICE.....493

Gakhova Hanna

THE PROBLEMS OF NEXT-GENERATION NETWORKS AND WAYS
OF THEIR RESOLVING BY MEANS OF THE NEWEST
TECHNOLOGIES.....496

Kot T., Olekseenko O., Globa L.

WEB SERVICE DISCOVERY SURVEY FOR WEB SERVICE
COMPOSITION.....499

Kravchenko Dmytro

ANALYSIS OF THE OSPF PROTOCOL RELYING ON DIFFERENCES
OF IPV4 AND IPV6 502

Mazurenko Oleksandr

THE NEW PERSPECTIVE ON CDMA PROBLEMS 505

Osypchuk S.

COMPARISON OF LDPC CODE RATE AND TRADITIONAL
ANTINOISE CODES.....508

Pidgurska T.V., Trubin O.O., Shelkovnikov B.N.

DUAL-BAND RECTANGULAR DIELECTRIC RESONATOR FILTER 511

Podobrii O.M.

ROBUST HEADER COMPRESSION (ROCH) METHOD AS ONE OF THE
EFFECTIVE WAY OF INCREASING EFFICIENCY OF TRANSMITTING
IP TRAFFIC 514

Prokopenko K.A., Uryvsky L.O.

DETERMINATION OF BLOCK CODES CORRECTING PROPERTIES
LIMITS IN THE SPACE OF SHANNON AXIOMS 517

Pryvar O.O., Novogradskaya R.L.

DEVELOPMENTAL APPROACH TO NATIONAL ANTARCTIC
SCIENTIFIC PORTAL OF UKRAINE.....520

Пленарні доповіді

УДК 621.391:006

АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ НА ЕТАПІ ПЕРЕХОДУ ДО ЄВРОПЕЙСЬКОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

**Бірюков М.Л., ІТС НТУУ “КПІ”,
Борисович В.І., Тріска Н.Р., ДП “УНДІЗ”
E-mail: nlbir@mail.ru**

THE ACTUAL ISSUES OF THE UKRAINIAN TELECOMMUNICATIONS TRANSITION TO THE EUROPEAN TECHNICAL REGULATION SYSTEM

The general principles of the Eurostandards-based technical regulation and standardization are considered. The present-day problems of the Ukrainian telecommunications during the implementation of European technical regulation system are analyzed.

В доповіді розглянуто загальні принципи побудови системи технічного регулювання та стандартизації на базі загальноєвропейських підходів. Проаналізовано сучасний стан впровадження даної системи в телекомунікаційній галузі України.

Прагнення України інтегруватися в світову економіку шляхом вступу у Світову організацію торгівлі (СОТ) у 2008 р. та майбутньої інтеграції в Європейський Союз (ЄС) зумовлює необхідність створення сучасної системи технічного регулювання та стандартизації, гармонізованої з аналогічною системою розвинутих країн [1]. Дану доповідь присвячено актуальним аспектам впровадження в Україні і, зокрема, в сфері телекомунікацій, європейської системи стандартизації та технічного регулювання.

Питання удосконалення системи технічного регулювання постають перед кожною країною, яка вступила до СОТ. Базовим документом СОТ у цій сфері є Угода щодо технічних бар'єрів у торгівлі (ТБТ) [2], яка встановлює загальні вимоги до стандартів, технічних регламентів та процедур оцінювання відповідності, а саме:

1. застосування національних стандартів повинно бути добровільним; стандарти, технічні регламенти та процедури оцінювання відповідності мають бути гармонізовані і відповідно застосовуватися на недискримінаційній основі як до продукції національних виробників, так і до продукції, що імпортується з країн – членів СОТ;

2. діючі стандарти повинні перевірятися не рідше ніж один раз на п'ять років; в результаті перегляду стандарти підтверджуються або відміняються, або ж до них вносяться зміни;

3. повинен функціонувати національний інформаційний центр для відповідей на запити відносно стандартів, технічних регламентів та процедур оцінювання відповідності.

Одним з дієвих механізмів реалізації цих базових принципів стали стандартизовані процедури підтвердження відповідності.

В країнах ЄС обов'язкове підтвердження відповідності виникло в рамках реалізації Нового підходу до технічної гармонізації директив та стандартів (1985-1988 рр.) та Глобального підходу до сертифікації й випробувань (1989 р.) [1]. Зазначимо, що Новий підхід в основному передбачає створення єдиної загальноєвропейської нормативної бази, яка визначає вимоги до продукції, а Глобальний підхід розвиває положення Нового підходу в частині підтвердження відповідності цим вимогам.

Новий та Глобальний підходи реалізуються через європейські директиви, які забезпечують єдність вимог до продукції та до процедур оцінювання її відповідності.

Оцінювання відповідності продукції охоплює широкий діапазон діяльності: випробування, інспекцію та сертифікацію. Різні види діяльності з оцінювання відповідності можуть суміщатися. Наприклад, випробування можуть бути частиною інспекції, а результати інспекції та випробувань можуть використовуватись в процедурі сертифікації. Визначення основних процедур оцінювання відповідності наведено в міжнародному стандарті ISO/IEC 17000:2004 “Conformity Assessment – Vocabulary and general principles” (“Оцінювання відповідності. Словник термінів та загальні принципи”), який прийнято в якості національного стандарту в багатьох країнах, в тому числі й в Україні (ДСТУ ISO/IEC 17000:2007).

Оцінювання відповідності виконується із застосуванням певних стандартизованих схем – “модулів” [1] Модуль для проведення процедури оцінювання відповідності обирається залежно від виду та функціональних особливостей даної продукції, наявних або потенційних ризиків, а також необхідності участі третьої незалежної сторони.

На даний час в Україні активно впроваджуються описані вище європейські підходи до технічного регулювання та стандартизації, в тому числі в телекомунікаціях. Державну політику в даній сфері реалізує Міністерство економічного розвитку та торгівлі України (Мінекономрозвитку), а в частині, що стосується телекомунікацій – Адміністрація Держспецзв'язку України в межах своїх повноважень.

На сьогодні систему технічного регулювання України утворюють існуюча державна система сертифікації УкрСЕПРО та нова система оцінювання відповідності за технічними регламентами. Обов'язкова сертифікація регулюється Декретом Кабінету Міністрів України №46-93 “Про стандартизацію та сертифікацію” (1993 р.), в який за поданням Мінекономрозвитку вносяться зміни, що дозволять перейти до оцінювання відповідності продукції вимогам технічних регламентів до 1 січня 2020 р.

В галузі телекомунікацій, окрім підтвердження відповідності технічних засобів (ТЗ), необхідно також мати дозвіл центрального органу виконавчої влади на підключення ТЗ до телекомунікаційної мережі загального користування (ТМЗК). Це визначено Законом України “Про телекомунікації”, де встановлено необхідність Переліку технічних засобів,

які можуть використовуватись в ТМЗК України. Зараз розробляється новий Порядок формування такого Переліку.

Що стосується нової системи технічного регулювання в сфері телекомунікацій, то на даний час в Україні діє лише один технічний регламент – на радіообладнання та телекомунікаційне кінцеве (термінальне) обладнання [3]. Під час розробки даного регламенту за основу було взято відповідну Директиву Європейського Парламенту та Ради ЄС 1999/5/ЕС. Підтвердження відповідності іншого телекомунікаційного обладнання (телефонних станцій, систем передавання, кабелів зв'язку тощо) поки що, як і раніше, здійснюється шляхом традиційної сертифікації за правилами УкрСЕПРО.

Важливою складовою процесу переходу України до загальноєвропейських правил технічного регулювання є гармонізація національної нормативної бази з міжнародними та європейськими стандартами. Ця діяльність регулюється Міністерством економічного розвитку і торгівлі (Мінекономрозвитку) України (попередньо – Держспоживстандарт) через систему спеціалізованих Технічних комітетів (ТК). Стандартизацією телекомунікаційних технологій і обладнання займається Технічний комітет ТК 157, функції секретаріату якого покладено на ДП “УНДІЗ”.

В першу чергу необхідно розробити гармонізовані (з європейськими та міжнародними) стандарти для відповідних технічних регламентів. До моменту введення в дію технічних регламентів, підтвердження відповідності технічних засобів телекомунікацій здійснюється на базі вимог діючих в галузі нормативних документів в рамках національної системи сертифікації УкрСЕПРО, акредитованими та уповноваженими на проведення цієї діяльності органами (випробувальними лабораторіями та органами сертифікації).

Аналізуючи стан впровадження в Україні і, зокрема, в сфері телекомунікацій, європейської системи технічного регулювання та стандартизації, слід відзначити безумовну важливість та ефективність цієї системи, набутий позитивний досвід і корисні напрацювання. Разом з тим очевидною є необхідність перехідного періоду, який, з одного боку, дозволить поступово гармонізувати з європейськими стандартами законодавчу базу та практичну технологію введення в обіг продукції телекомунікацій, а з іншого – зберегти та використати в нових умовах всі найкращі надбання “старої”, традиційної системи (перш за все, науково-технічний та кадровий потенціал галузі).

ЛІТЕРАТУРА

1. Борисович В.И., Триска Н.Р. Актуальные вопросы технического регулирования в сфере частотно-временного обеспечения телекоммуникаций. – Наукові записки УНДІЗ. – 2013. – №1 (25). – С. 13-21.
2. Agreement on Technical Barriers to Trade. – World Trade Organization, 1994. – http://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/17-tbt_e.htm
3. Технічний регламент радіообладнання та телекомунікаційного кінцевого (термінального) обладнання, затверджений постановою Кабінету Міністрів України №679 від 24.06.2009 р.

МІЖНАРОДНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ЗАХОДИ ЯК ОСНОВНИЙ ЧИННИК ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ В СФЕРІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Скибун О.Ж.

Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації

E-mail: o.skybun@stc.gov.ua

International and regional events as the main factor the solution of problems in telecommunications

Сучасний розвиток сфери телекомунікацій в цілому показує, що процеси інтеграції та глобалізації в цій сфері стали основними чинниками посилення ролі міжнародних телекомунікацій у порівнянні з національними. Тому в сучасних умовах подальшого розвитку сфера телекомунікацій все більше стає залежною від проблем і загроз світового рівня, які безпосередньо впливають на національні телекомунікації окремих країн. У зв'язку з чим все більшої актуальності та необхідності отримують міжнародні та регіональні «майданчики» на яких можна обговорювати різні напрями (політичні, економічні, технічні) розвитку як міжнародних телекомунікацій так і сфер телекомунікацій регіонального рівня і національного.

Спеціалізованою установою Організації Об'єднаних Націй з інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) є Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ). До складу МСЕ входить 193 країни, які являються повноправними членами Союзу як держави-члени. Одне з головних завдань МСЕ полягає в сприянні поширенню нових послуг міжнародного електрозв'язку на всіх жителів планети. Мандат МСЕ спрямовано на сприяння розвитку міжнародного співробітництва та партнерських відносин між державами-членами МСЕ і членами сектору електрозв'язку, які вступили до МСЕ [1]. Україна є членом МСЕ.

На регіональному рівні такою організацією виступає Регіональна співдружність в галузі зв'язку (РСЗ). РСЗ наділена повноваженнями міждержавного координуючого органу в галузі електричного і поштового зв'язку. Основними завданнями діяльності РСЗ є: розширення взаємовигідних відносин між Адміністраціями РСЗ в гармонізації розвитку мереж і засобів зв'язку; координація питань в галузі науково-технічної політики, управління радіочастотним ресурсом, тарифної політики на послуги зв'язку і взаєморозрахунків, підготовки кадрів; взаємодія з міжнародними організаціями в галузі зв'язку та інформатизації; взаємного обміну інформацією та інше [2].

За минулий рік на міжнародному рівні проводилися наступні, найбільш значущі для сфери телекомунікацій, заходи.

У період з 13 по 17 травня 2013 року в м. Женева, Швейцарська Конфедерація, відбулися 5-й Всесвітній форум з політики електрозв'язку (ВФПЕ-13), організований Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ), та Форум 2013 року з питань Всесвітнього саміту з інформаційного суспільства (Форум ВСІС 2013 року), організаторами якого виступили МСЕ, ПРООН, ЮНКТАД, ЮНЕСКО.

ВФПЕ є платформою, де держави-члени і члени Секторів МСЕ можуть вести дискусії і обмінюватися думками та інформацією з глобальних і міжсекторальних питань політики і регулювання у сфері телекомунікацій та ІКТ. Робота форуму та обговорення базувалися на Звіті Генерального секретаря МСЕ, який поєднав в собі внески держав-членів МСЕ, членів секторів МСЕ та інших зацікавлених організацій.

На даному заході було запропоновано підтримати наступні Думки, що були представлені та обговорені:

- «Стимулювання створення пунктів обміну Інтернет-трафіком (IXP) як довгострокове рішення, що сприяє розширенню можливості встановлення з'єднань»;
- «Забезпечення сприятливого середовища для більш активного росту і розвитку широкосмугових з'єднань»;
- «Підтримка створення потенціалу для розгортання IPv6»;
- «Підтримка прийняття IPv6 і переходу від IPv4»;
- «Підтримка процесів за участю багатьох зацікавлених сторін в управлінні використанням Інтернету»;
- «Підтримка активізації процесу розширення співробітництва».

Форум ВСІС є щорічним зібранням світової спільноти для розгляду та оцінки прогресу виконання завдань, поставлених у Тунісі в 2005 році на Всесвітньому саміті з питань інформаційного суспільства (ВСІС). Даний захід був організований спільними зусиллями з боку МСЕ, ЮНЕСКО, ЮНКТАД та ПРООН.

Основними темами цього річного форуму були, зокрема, такі: кібербезпека, розвиток широкосмугового доступу та інфраструктури ІКТ для сталого розвитку економіки, політика та нормативна база сфери ІКТ, національна обізнаність про значення ВСІС.

Важливим було пленарне засідання, на якому міністри та інші високопосадовці висловили свої бачення щодо успіху реалізації рішень ВСІС та подальших кроків ВСІС після 2015 року. Учасники підтвердили свою підтримку процесу ВСІС, як платформи для спільного розвитку інформаційного суспільства. Також було відзначено, що МСЕ та ЮНЕСКО будуть відігравати важливу роль у цьому процесі в майбутньому. Цей захід дав можливість для багатостороннього бачення і обговорення процесу ВСІС, у тому числі сприяв загальному огляду ходу реалізації рішень ВСІС. Під час роботи форуму було проведено більше 150 сесій у формі діалогів високого рівня, тематичних і регіональних семінарів, зустрічей міністрів за круглим столом.

Одним із основних заходів на регіональному рівні було спільне засідання 48-го Ради глав Адміністрацій зв'язку Регіональної співдружності в галузі зв'язку та 19-го Координаційної ради держав-учасниць СНД з інформатизації при РСЗ (18 - 19 липня у м. Чолпон-Ата (Киргизька Республіка). Серед основних результатів цього заходу було: прийнято Україну, представлену уповноваженим органом - Державним агентством з питань науки, інновацій та інформатизації до складу Координаційної ради в якості повноправного члена; прийнято Стратегію співробітництва держав-учасників СНД у побудові та розвитку інформаційного суспільства і План дій з її реалізації на період до 2015 року.

Крім того в рамках заходів, проведених Регіональною співдружністю в галузі зв'язку (РСЗ) як міждержавного координуючого органу МСЕ за 2013 можна виділити опрацювання питань щодо:

1. створення і функціонування Центрів майстерності МСЕ для країн СНД;
2. підготовки Загальних пропозицій до Всесвітньої конференції МСЕ з розвитку електрозв'язку 2014 (ВКРЕ-14), до Повноважної конференції 2014 (ПК-14) та Зустрічі на високому рівні (BCIS+10), що заплановані на 2014 рік.

Позитивність як проведення таких заходів так і безпосередня участь заінтересованих країн в таких заходах очевидна. В рамках міжнародних та регіональних заходів різного рівня і формату створюються умови для можливості проведення консультацій, обміну думками та точками зору по відношенню до певних проблем в сфері телекомунікацій та шляхів їх вирішення. Крім того на наш погляд саме головне в таких заходах - це можливість шляхом безпосередньої участі впливати на кінцевий результат, що позитивно впливає на національні інтереси окремих країн-учасників заходів.

Що стосується України, то вона на сьогодні не досить активно використовує міжнародні та регіональні заходи для відстоювання національних інтересів. Це пов'язане з тим, що на таких заходах практично відсутні представники галузевої науки, громадських та галузевих організацій, операторів та провайдерів телекомунікацій, які на постійній основі беруть активну участь у міжнародних заходах в сфері телекомунікацій.

Така позиція веде до створення умов, коли Україна стає фактично об'єктом міжнародного та регіонального рівня в частині вироблення та реалізації політики в сфері телекомунікацій. Що для країни такого рівня та потенціалу край недопустимо. Тому усвідомлення цього повинно бути як на державному рівні так і з боку ринку телекомунікацій (операторів та провайдерів), галузевої науки і фахових асоціацій.

Література

1. Сайт МСЕ [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.itu.int>.
2. Сайт РСЗ [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.rcc.org.ru>.

СФЕРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ: СТАН ТА ПРОБЛЕМИ

Шестак І.В., Скибун О.Ж.

Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації

E-mail: shestak@i.ua, o.skybun@stc.gov.ua

Telekomunikatsiy area: status and problems

Останні світові тенденції показують, що основними особливостями телекомунікацій є їх постійний стрімкий розвиток, зміни технологій, мережі та розширення спектру кінцевого обладнання, що може забезпечувати можливість користування декількома телекомунікаційними послугами та послугами на основі телекомунікацій. Також на сьогодні в значній мірі сам ринок (попит) провокує різні технологічні новинки і зміни, що є необхідною відповіддю на зростання обсягів і характеру трафіку, а також різним вимогам споживачів до якісних характеристик передачі трафіку (у тому числі вимоги мобільності). В даний час серед глобальних тенденцій на телекомунікаційному ринку, напрямом і силу яких визначають технологічні фактори, можна виділити такі:

- подальший розвиток бездротових мереж, в першу чергу це стосується розвитку широкосмугового доступу до Інтернет;
- конвергенція мереж і послуг.

Тому, в умовах вирішення проблеми доступу до основних телекомунікаційних послуг, постає питання подальшого розвитку сфери телекомунікацій. Якщо раніше розвиток відбувалося, головним чином, за рахунок збільшення охоплення споживачів новими послугами, то сьогодні основним фактором розвитку має стати інтенсифікація використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Це пов'язано з тим, що на сьогодні крім безпосередньо телекомунікаційних послуг все більшого розвитку і впливу отримують послуги на основі телекомунікацій. Тобто Україна все більше і більше залучається до глобальних процесів розвитку інформаційного суспільства.

З огляду на це пропонуємо у даній статті висвітлити існуючий стан і тенденції розвитку сфери телекомунікацій в Україні.

Основними сегментами телекомунікацій на сьогодні є: фіксований зв'язок, мобільний (рухомий) зв'язок та доступ до мережі Інтернет. Далі більш детально зупинимось на вказаних сегментах сфери телекомунікацій.

Фіксований телефонний зв'язок. Доходи від надання послуг фіксованого телефонного зв'язку за 9 місяців 2013 року склали 6187,4 млн. грн., що на 5,9 % більше за аналогічний показник минулого року. В той же час доходи від надання послуг місцевого телефонного зв'язку збільшились на

25,5 % (у порівнянні з аналогічним періодом 2012 року) і склали 4467,4 млн. грн., а доходи від послуг міжміського та міжнародного зв'язку зменшились у порівнянні з аналогічним періодом 2012 року на 24,6 % і склали 2281,6 млн.грн.

Кількість основних телефонних апаратів (ОТА) порівняно з аналогічним періодом 2012 року зменшилась на 506,4 тис., та станом на кінець вересня склала 11508,5 тис. ОТА, з них 1528,9 тис. ОТА у сільській місцевості. У зв'язку з чим щільність основних телефонних апаратів (ОТА) на 100 чоловік населення в середньому по Україні склала 25,3 ОТА на 100 чоловік населення. Зважаючи на те, що монтована ємність ОТА на 01.10.2012 складала близько 12,5 млн. номерів, з них 1,7 млн. номерів у сільській місцевості, а щільність основних телефонів на 100 жителів склала по Україні 27,4 ОТА.

У зв'язку з чим можна констатувати, що «ера постійного зростання» фіксованого телефонного зв'язку вже минула.

Мобільний зв'язок. За 9 місяців 2013 року доходи від надання послуг мобільного зв'язку зменшились на 0,1% у порівнянні з аналогічним періодом 2012 року і склали 23650,5 млн. грн. Станом на кінець вересня 2013 року кількість абонентів мобільного зв'язку склала 61,98 млн. і зросла порівняно з аналогічним періодом 2012 року на 5,106 млн. абонентів. Рівень проникнення мобільного зв'язку в Україні становить 136,3%, а на кінець 2012 року становив 129,7%. Тобто в наявності збільшення проникнення.

Інтернет. Обсяги доходів від надання послуг комп'ютерного зв'язку за 9 місяців 2013 року порівняно з аналогічним періодом 2012 року зросли на 7,1 % і склали 4175,3 млн. грн., а обсяги доходів від надання послуг широкосмугового доступу до мережі Інтернет за цей же період, в порівнянні з аналогічним періодом минулого року, збільшились на 96,4 млн. грн. і становлять 3213,8 млн. грн., тобто їх питома вага в загальному обсязі доходів сфери телекомунікацій склала 8,9 %.

Станом на кінець вересня 2013 року кількості абонентів Інтернет склала 5759,9 тис. чол., що на 855,9 тис. чол. більше порівняно з аналогічним періодом 2012 року, зокрема, число абонентів ШСД збільшилось на 344,3 тис. чол. та становить 3854,4 тис. чоловік.

У І кв. 2013 р. в Україні (за різними оцінками) їх налічувалось від 17,34 до 19,7 млн. Інтернет-користувачів (або 43% населення України) проти 15,4 млн. Інтернет-користувачів на І кв. 2012 р. За підсумками І кв. 2013 року 79% комп'ютерів в країні були підключені до Інтернет (фіксований зв'язок), в 2012 р. цей показник становив 75%, в 2011-му - 70%.

Тобто темпи поширення доступу до Інтернет в Україні зростають. Так українська Інтернет-інфраструктура непогано розвинена: доступ до мережі є навіть у селах. Інтернет легко підключити, не потрібно одержувати складних дозволів або мати прописку саме в точці підключення, як іноді вимагають

провайдери за рубежом. Середня швидкість Інтернет гарна, а ціни за користування - все ще недорогі як для кінцевих споживачів, так і для провайдерів.

У зв'язку з чим можна виділити наступні проблемні питання в сфері телекомунікацій.

Фіксований зв'язок. Нерівномірність забезпечення телекомунікаційними послугами та обмеженість доступу користувачів до загальнодоступних телекомунікаційних послуг (особливо у сільській, гірській місцевості і депресивних регіонах).

Необхідність продовження модернізації телекомунікаційних мереж місцевого зв'язку для потреб у наданні сучасних телекомунікаційних послуг.

Мобільний зв'язок. Поступові заміни традиційного стільникового зв'язку різними форматами його інтеграції із можливостями мережі Інтернет. Наприклад у форматі VoIP (та перспективних технологій на кшталт WebRTC) або заміни стандартних SMS можливостями Інтернет-месенджерів (такими як WhatsApp). Все це вже зараз змушує провідних операторів мобільного зв'язку шукати альтернативи та корегувати стратегічні моделі свого розвитку.

Невирішеність питання розподілу радіочастотного ресурсу в діапазоні 2100 МГц для організації надання послуг зв'язку третього покоління стандарту UMTS. Аналогічно не вирішеною проблемою залишається і впровадження технологій мереж 4-го покоління. І це при тому, що на сьогоднішній день немає жодної країни ЄС, в якій би не було або 3G або 4G, або обох одночасно.

Інтернет. Незважаючи на загальне зростання рівня проникнення ШСД наявне відставання забезпечення важливих соціальних об'єктів. Так, з більш, ніж 20 тис. шкіл – 13 тис. (тобто 70%) підключені до мережі Інтернет. Також проблема посилюється тим, що не всі заклади освіти взагалі мають відповідну техніку – за даними НКРЗІ рівень забезпеченості загальноосвітніх навчальних закладів I - III ступенів навчальними комп'ютерними комплексами становить 87,2% (міських – до 91%, сільських – до 73%).

Література

- Сайт НКРЗІ [Електронний ресурс]. - <http://www.nkrz.gov.ua/uk/1360082595/>.
- Державний комітет статистики України. [Електронний ресурс]. - <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
- Звіт НКРЗІ за 2012 рік. [Електронний ресурс]. - http://www.nkrzi.gov.ua/img/zstored/File/2013_03/nkrzi-ua.pdf.
- Доповідь про стан інформатизації та розвиток інформаційного суспільства в Україні за 2013 рік [Електронний ресурс]. - <http://dknii.files.wordpress.com/2013/09/d0b4d0bed0bfd0bed0b2d196d0b4d18c-2013-09-16.pdf>.

ПРЕПОДАВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ДИСЦИПЛИН ПО ОСВОЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ NGN В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ БОЛОНСКИХ СОГЛАШЕНИЙ

Урывский Л.А., Гаттуров В.К.

Институт телекоммуникационных систем ИТУУ «КПИ»

E-mail: Uryvskiy@its.kpi.ua

TEACHING TELECOMMUNICATIONS DISCIPLINES FOR THE DEVELOPMENT OF NGN IN TERMS OF THE BOLOGNA AGREEMENTS

The report outlines the basic principles of the Bologna agreements and their relationship with the practice of learning telecommunications disciplines at the Institute of Telecommunication Systems. It reveals main areas of training students for the master the technologies NGN.

Одна из глобальных современных тенденций состоит в соединении информационных и телекоммуникационных технологий [1,2]. Существовавшие по отдельности в течение многих лет телекоммуникационные и информационные технологии начинают постепенно объединяться в единый мир инфокоммуникаций, в основе формирования которого лежат процессы конвергенции сетей телекоммуникаций, вычислительной техники и различных информационных средств. Развитие сетей, базирующихся на технологии IP, взрывной рост сетей мобильной связи, широкое распространение мультимедийных компьютерных технологий, с одной стороны, и желание пользователей получить доступ к большому набору услуг, не зависящих от типа сети, становятся основными движущими силами, определяющими прогресс инфокоммуникаций.

Сфера телекоммуникаций является одной из наиболее динамично развивающихся, что серьезно отражается на учебном процессе по данному направлению. Вследствие этого предъявляются особые требования к уровню квалификации выпускников высших учебных заведений. Проблемы, возникающие в высшей школе в целом, присущи и дисциплинам телекоммуникационных направлений.

На протяжении нескольких лет представители ведущих вузов Украины обсуждают достоинства и недостатки перехода на Болонскую систему образования и нередко приходят к мнению, что такая система не соответствует традициям украинского образования. Поэтому целесообразно разобраться в том, откуда возникла сама система и каковы цели ее реализации в Украине.

Основной целью Болонского соглашения является сближение и гармонизация систем образования стран Европы для создания единого

европейского пространства высшего образования [3,4].

При этом Болонский процесс был вызван, прежде всего, экономическими причинами, среди которых:

- сокращение дееспособной части населения, которая производит ВВП;
- большое количество пенсионеров из-за увеличения продолжительности жизни;
- длительность обучения в университетах: при плановом сроке обучения 5 лет фактический средний срок обучения составлял более 7 лет, в результате чего молодые люди начинали работать с 25-27 лет;
- нехватка работников (в том числе с высшим образованием) в развитых государствах, отсюда приток эмигрантов с «разным» образованием (например, в 2012 г. в Германии при официальной 2-миллионной безработице не хватало 40 тыс. инженеров);
- неспособность государства обеспечить социальную поддержку населения в прежних масштабах.

Основными задачами Болонского процесса являются:

- сокращение сроков обучения специалистов с высшим образованием с целью сокращения бюджетных финансовых затрат при обеспечении требуемого качества подготовки;
- обеспечение квалификации молодых специалистов с высшим образованием, позволяющей им сразу включаться в процесс производства;
- создание единого рынка труда в ЕС для решения проблемы нехватки инженерных и технических кадров;
- обеспечение мобильности граждан с возможностью обучения и трудоустройства в любой стране ЕС с предоставлением грантов на обучение студентам из других стран;
- достижение совместимости и сравнимости национальных систем высшего образования с установлением стандартов транснационального образования (единые образовательные стандарты).

Основные нововведения в процессе подготовки выпускников сводятся к следующему:

- Введение многоуровневой системы высшего образования и разработка концептуально новых бакалаврских и магистерских программ. Первый уровень — 6-7-семестровая подготовка бакалавра, готового выполнять инженерные функции по эксплуатации оборудования; второй уровень — 3-4-семестровая магистратура для подготовки специалистов, способных проводить научные исследования и разрабатывать сложную технику.
- Дисциплины разделены на модули (отдельные учебные курсы или группы курсов) с определенным количеством кредитов (зачетных единиц), что позволяет студенту самостоятельно выбирать курсы, которые необходимо ему для будущей трудовой деятельности.
- Переход от знаний (теории) к компетенциям («способность действовать в заданной ситуации адекватным и ответственным образом на основе знаний, умений и опыта», Ван дер Блий, 2002 г.). Результатом

процесса обучения студентов является приобретение ими ряда общих и профессиональных компетенций, обеспечивающих скорейшую адаптацию молодого специалиста. Такой подход позволил готовить не просто «специалистов-теоретиков», а изначально ориентировать обучение на требования, которые предъявляют к выпускникам работодатели. При этом вузы совместно с работодателями определяют компетенции выпускников, которыми они должны обладать по окончании обучения.

Таким образом, при разумном переходе на Болонскую систему образования университеты начинают готовить специалистов, которые изначально ориентированы на практическую деятельность, мобильны, востребованы работодателями и конкурентоспособны на европейском рынке труда.

Соответственно, основными целями обучения в бакалавриате и магистратуре по техническим направлениям являются:

- умение находить решение проблем (выпускники способны систематически анализировать сложнейшие задачи, разрабатывать методы решения и давать им оценку; при возникновении проблем они могут принять соответствующие меры по их решению; выпускники могут также конструктивно формулировать постановку вопроса, целенаправленно применяют изученные системы и методы предмета в соответствии с поставленной задачей);

- ключевые квалификации, междисциплинарность (наряду с техническими знаниями выпускники могут свободно объяснить концепции, методы решения и результаты и разрабатывать их в группах; они в состоянии освоить язык и терминологию смежных предметов, чтобы иметь возможность сотрудничать со специалистами в смежных областях).

Как видно реализация Болонской декларации в Западной Европе и Украины имеет свои особенности, хотя изначально многие страны давали выпускникам качественное инженерное образование, обладающее серьезной репутацией в стране и в мире. Но интеграция в европейское пространство вызвала необходимость их присоединения к Болонской системе образования.

Проблемы, с которыми столкнулась украинская высшая школа в последние годы, постоянно обсуждаются в средствах массовой информации и обществе в целом и сводятся, в основном, к следующему:

- разработка новых рабочих программ учебных дисциплин; серьезной переработке должны подвергнуться как содержание самих дисциплин, так и форма их реализации в учебном процессе. Для усиления самостоятельной работы необходимо уменьшить количество лекционных занятий при одновременном увеличении проектных заданий и практических занятий. С этой целью большинство специальных курсов должно включать расчетно-проектное задание, которое лучше выдавать не индивидуально, а на коллективы из 2-4 студентов. Это преследует две цели: студенты легче обучаются друг у друга и воспитывают компетенцию эффективной и ответственной работы в коллективе.

Переход на подготовку бакалавров состоявшийся факт. Через 3-4 года

предприятия начнут получать выпускников, большинство из которых имеет квалификацию бакалавр. В связи с этим представляется целесообразным налаживание более тесных связей с предприятиями, привлечения их к экспертизе рабочих учебных планов, что в итоге позволит на практике реализовать стратегию непрерывной целевой подготовки высокопрофессиональных инженерных кадров в интересах развития личности, общества и государства.

Эволюция сетей связи, прошедшая за последние десятилетия и упрощенно рассмотренная на рис.1 [2], в контексте управления коммутацией, соединениями, услугами показывает концептуальные изменения в развитии телекоммуникационных сетей. Эти изменения нашли место в последних редакциях программ подготовки магистров и специалистов по специальности «Телекоммуникационные системы и сети» ИТС НТУУ КПИ.

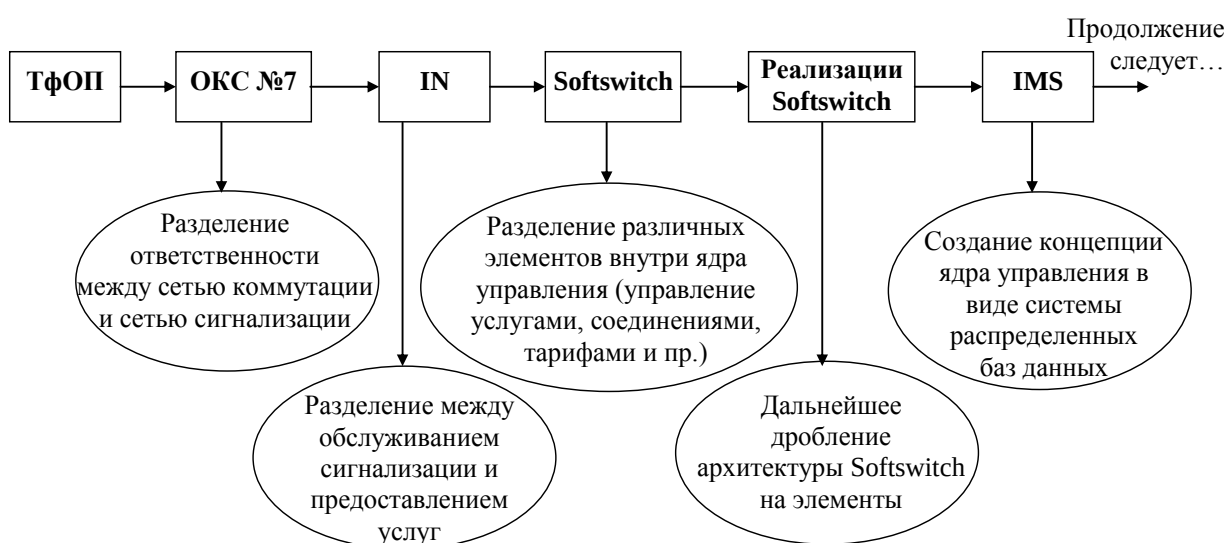


Рис.1. Процесс эволюции сетей связи от ТфОП к NGN

Изменения в современных конвергентных телекоммуникационных технологиях с неизбежностью приводят к целому ряду новых проблем подготовки специалистов для работы в единой мультисервисной сети следующего поколения NGN.

Большинство этих проблем требуют немедленного решения уже в сегодняшнем учебном процессе. Некоторые подходы к их решению учитываются при изучении коммутационного оборудования, сетевых архитектур и протоколов NGN, гибких коммутаторов Softswitch, медиашлюзов, сетей проводного и беспроводного мультисервисного доступа, концепции предоставления услуг IMS, эксплуатационного управления NGOSS и др.

Задача заключается в том, чтобы, начав на первом курсе изучение передовых телекоммуникационных технологий, студент выходит из института с набором актуальных знаний. Для достижения этого результата на кафедре телекоммуникационных систем разрабатывается стратегия обучения, соответствующая процессам конвергенции телекоммуникацион-

ных сетей.

Именно под влиянием этого процесса, в дополнение к существующим курсам кафедры телекоммуникационных систем ИТС НТУУ КПИ, поставлены новые учебные курсы по сетям следующего поколения, мультисервисным сетям абонентского доступа и взаимодействию сетей разных поколений (технологий).

Результатом стала диверсификация учебных курсов, охватывающих поколения традиционных систем коммутации, транспортных сетей, сетевых технологий и разделение их на четыре плоскости:

- плоскости сети доступа (технологии проводного, оптического и беспроводного доступа – ISDN, xDSL, FTTx, Ethernet);
- транспортных сетей (технологии ATM, xWDM, NGSDH, Gigabit Ethernet, IP/MPLS);
- плоскости управления коммутацией, вызовами, услугами (поколения АТС, архитектура Softswitch, системы сигнализаций – стек ОКС №7, Sigtran, MEGACO/H.248, VoIP);
- плоскости услуг и эксплуатационного управления (концепция интеллектуальной сети, протокол INAP, архитектуры TMN и OSS).

Реальная подготовка специалистов для Единой сети электросвязи Украины диктует необходимость преподавания, как основ инфраструктуры существующих телефонных сетей, так и изучение принципов создания наложенной сети NGN, которая на первом этапе будет ориентирована на развитие новых услуг для новых пользователей.

Именно поэтому выпускники кафедры телекоммуникационных систем ИТС НТУУ КПИ уже сегодня ориентируются на то, что по мере исчерпания ресурса ранее установленных АТС и другого оборудования сетей связи, операторами связи будет осуществляться их замена эквивалентными NGN-компонентами с сохранением привычного для абонентов качества обслуживания QoS. Отсюда следует актуальность изложенного выше изменения подхода к преподаванию информационно-телекоммуникационных дисциплин.

Литература

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: Учебник для вузов. - СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 400 с.
2. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
3. Опыт реализации Болонского процесса в университетах Германии/ Боровкова А.М., Кондратьева О.Е., Росляков П.В., Шведов Г.В. /Вестник МЭИ. – 2013, № 4.
4. Проблемы реализации Болонских соглашений в российской высшей школе.– Егорова Л. Е., Кондратьева О. Е., Росляков П. В., Шведов Г. В./Наука и образование, МГТУ им. Э.Баумана.– 2013, №8.

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В КУРСЕ СОТОВЫХ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Кравчук С.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ"

E-mail: sakravchuk@ukr.net

Features training course for cellular mobile communication systems

The aim of this paper is to reveal the characteristics and presentation of training prospects aware of cellular mobile communication systems

Телекоммуникации являются одной из наиболее быстро развивающейся областью современной науки и техники, при этом в последние годы ярким индикатором этого развития служит становление сотовых систем мобильной связи (ССМС). Последние оказали значительное влияние на развитие как современной социальной сферы (как наиболее доступный повсеместный способ общения и доступа к информационным ресурсам), так и общегосударственной экономики (значительные прибыли в сфере услуг ССМС) [1, 2]. При этом ССМС претерпевают постоянные качественные изменения, усложняется их оборудование, управление и контроль за функционированием таких систем. Отсюда с каждым годом возрастает потребность как в количестве персонала для обслуживания ССМС, так и в росте уровня квалификации разработчиков, эксплуатационников и самого персонала сферы ССМС. Поэтому целью настоящей работы является раскрытие особенностей и представление перспектив подготовки кадров в курсе сотовых систем мобильной связи.

Развитие современных ССМС можно охарактеризовать следующими тенденциями:

1. увеличение пропускной способности радиоканала и скорости движения мобильного терминала;
2. наличие движения, как терминала пользователя, так и точек доступа (базовых станций), обслуживающих терминал (межавтомобильная связь, спутниковая служба, пользователи, находящиеся в скоростных поездах и пр.);
3. задействование новых технологий: частотного и пространственного мультиплексирования (OFDM, MIMO), интеллектуальных антенн, распределенных антенных решеток и гибридного соединения оптоволокну-радиоканал;
4. рост числа пользователей, необходимость временного роста трафика в определенных локациях, динамического перераспределения трафика между сотами (секторами);
5. расширение функциональности предоставления услуг мобильной связи;
6. ужесточение требований поддержания качества обслуживания;

7. задействование более высокочастотных диапазонов, вплоть до миллиметрового диапазона;
8. кросс-функциональная интеграция систем сотовой связи, навигации, беспроводного доступа, цифрового телевидения и радиовещания;
9. усложнение архитектуры ССМС: многоуровневость, ретрансляция, кооперация, совмещение разных технологий радиодоступа (неоднородные сети) и функционирования системы мобильной связи со спутниковым позиционированием, уменьшение размеров сот (микросоты, пикосоты и наносоты).

Отсюда, очевидно, что современный процесс развития ССМС связан, прежде всего, с их усложнением и увеличением разнообразия реализаций архитектур построения, а это в свою очередь требует от специалистов ССМС более высокого уровня подготовки в области современных телекоммуникаций.

Для подготовки специалистов по устоявшимся традиционным системам абонентского доступа было достаточно изучения только дисциплин специализации радиотехнического профиля (физический и канальный уровни), но с усложнением архитектуры систем мобильной связи все большее значение стали приобретать дисциплины, связанные с сетевыми технологиями и системами управления и контроля сетей связи, что делает значительный уклон обучения в сторону подготовки специалистов именно телекоммуникационного профиля как более интегрального, чем сугубо радиотехнического.

В связи с полной компьютеризацией оборудования возрастает потребность в более глубоком изучении цифровых методов передачи сигналов, программируемого оборудования, программных средств управления и контроля. Также современному специалисту требуется приобретение навыков перевода технического текста, главным образом описания функционирования оборудования. Здесь особенность состоит в том, что обычная общеобразовательная система преподавания английского языка не может дать таких навыков – а только в специальных профильных дисциплинах.

Учитывая ограниченность учебных часов, отведенных на обучение студентов, необходимо пересмотреть выделение часов в сторону уменьшения традиционных радиотехнических дисциплин и за их счет увеличения доли дисциплин, связанных с современными сетевыми и беспроводными технологиями, программированием.

Литература

1. Системи зв'язку з рухомими об'єктами / С.О. Кравчук, О.Г. Голубничий, А.Г. Тараненко, та ін. – К.: Спринт-Сервіс, 2012. – 452 с.
2. Ильченко М.Е., Кравчук С.А. Новая специализация подготовки кадров в сфере телекоммуникаций: программное обеспечение телекоммуникационных систем // Матер. 6-й международной научно-техн. конф. "ПТ", 24–27 апреля, 2012 г. – К.: НТУУ «КПИ», 2012. – С. 28–30.

ШИРОКОПОЛОСНАЯ СВЯЗЬ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

Каток В.Б., Отрох С.И.

Департамент научно-технической политики ПАО «Укртелеком», Киев

E-mail: vkatok@ukrtelecom.ua; sotrokh@ukrtelecom.ua

В данной статье представлена информация о развитии сети Интернет и широкополосного доступа в мире и в Украине. На карте Украины показаны регионы с наибольшим и наименьшим уровнем проникновения широкополосного доступа. Рассмотрены проблемные вопросы развития и эксплуатации сети доступа ПАО «Укртелеком» и сделан концептуальный анализ дальнейшего внедрения технологии x-DSL и развития FTTx.

Всемирный день электросвязи и информационного общества, который ежегодно отмечается 17 мая, знаменует годовщину подписания первой Международной телеграфной конвенции в 1865 году, что привело к созданию Международного союза электросвязи. В 2014 году Всемирный день электросвязи и информационного общества (ВДЭИО-2014) будет посвящен теме "Широкополосная связь в интересах устойчивого развития".

Цифровое развитие – это инструмент преобразований для ускорения устойчивого развития. Для реализации его полного потенциала необходимо развертывать высокоскоростные широкополосные сети, обеспечивая, чтобы они были приемлемыми в ценовом отношении и повсеместно доступными. Всемирная встреча на высшем уровне по вопросам информационного общества признала возможности широкополосной связи по содействию предоставлению более широкого диапазона услуг и приложений, поощрению инвестиций и предоставлению доступа в интернет по приемлемым ценам как для существующих, так и для новых пользователей. В связи с этим МСЭ и Комиссия по широкополосной связи в интересах цифрового развития возглавили деятельность, направленную на пропагандирование развертывания широкополосной связи как одного из средств достижения устойчивого развития.

Тема ВДЭИО-14 "Широкополосная связь в интересах устойчивого развития" привлечет внимание к намерениям многих заинтересованных сторон обеспечить универсальный доступ к возможностям установления широкополосных соединений и к широкополосному контенту, а также содействовать политической воле достичь этой цели; выявить важнейшие пробелы в научных исследованиях и разработках в областях широкополосной связи, инфраструктуры и комплексной разработки приложений и услуг; определить приоритеты политики в отношении работы в областях распределения радиочастотного спектра для широкополосной

связи, обязательств по универсальному доступу и инновационных механизмов финансирования; и это приведет к технологическим решениям, в частности, по расширению широкополосного доступа в сельских районах, наименее развитых странах и малых островных развивающихся государствах.

Принимая во внимание оценки, согласно которым к концу текущего десятилетия количество контрактов на подвижную широкополосную связь может достичь 10 млрд., и с учетом того, что более 90 процентов международного трафика данных передается по волоконно-оптическим кабелям, усилия МСЭ по продвижению программы в области широкополосной связи в интересах устойчивого развития направлены на достижение двойной цели: поддержка развертывания подвижной широкополосной связи на базе международной подвижной электросвязи (ИМТ) МСЭ и постоянное развертывание технологий фиксированной проводной связи. На международном уровне достигнут консенсус по стандартам МСЭ и по связанной с радиочастотным спектром деятельности в областях подвижной телефонной связи, волоконно-оптических сетей и стандартов доступа, таких как ЦАЛ, и это имеет решающее значение для достижения целей универсального доступа.

Развертывание этой работы дополняется основной деятельностью, включая мониторинг Земли с помощью спутников и океанографических радаров, разработку "зеленых" стандартов и "умных" мер по борьбе с изменением климата, а также обеспечение развития с помощью мобильных средств.

Развитие широкополосной инфраструктуры является важнейшим элементом при обеспечении инновационного использования ИКТ как средства доставки медицинских, образовательных, правительственных, торговых и коммерческих услуг в целях достижения устойчивого социально-экономического роста. Образование – это основа просвещения людей по вопросам влияния и последствий их деятельности для устойчивого развития, что обеспечивает, таким образом, лучшее будущее для всех.

Основными действиями при реализации устойчивого развития широкополосного доступа и сети Интернет должны быть:

- Разработка и принятие национальной политики и планов, содействующих развертыванию широкополосных сетей, приложений и услуг

Сейчас установлена довольно прочная связь между развертыванием широкополосной связи и экономическим ростом. Рост проникновения широкополосной связи на 10% может привести к ускорению роста ВВП до 1,38%. На каждое рабочее место, сокращенное в результате появления интернета, может приходиться 2,4–2,6 новых рабочих мест. Проведенное МСЭ/Cisco исследование показывает, что принятие плана развития широкополосной связи приводит в среднем к росту проникновения фиксированной широкополосной связи на 2,5% и росту проникновения подвижной широкополосной связи на 7,4%. Принятие

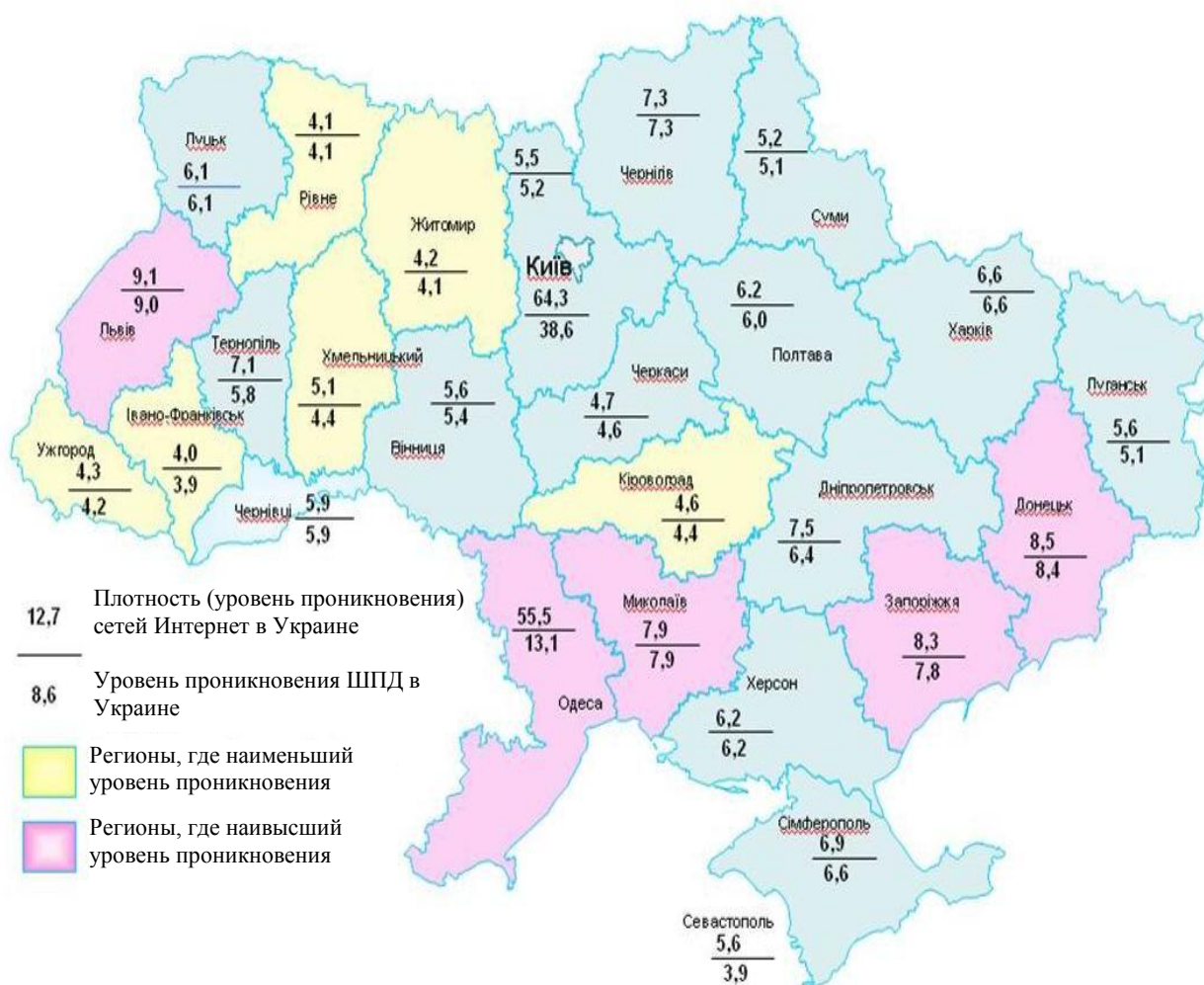
национального плана развития широкополосной связи может содействовать тому, чтобы при координации с директивными органами сконцентрировать усилия в отрасли в целом, подчеркнуть роль широкополосной связи как одной из национальных приоритетных задач, а также сообщить о национальных обязательствах по развертыванию широкополосной связи.

- Обеспечение для всех возможностей установления широкополосных соединений и охвата цифровыми технологиями с помощью широкополосных промежуточных линий, как беспроводных, так и проводных, включая спутниковую связь

- Подключение коллективных центров электросвязи для обеспечения доступа к интернету, в частности школ. Школы – это общественные центры, места, где обучаются и получают доступ. Подключая школы к широкополосной связи, мы подключаем молодежь и всех других членов сообщества к знаниям и информации, что приводит к росту занятости и социально-экономическому развитию. Подключенные школы могут служить в качестве пунктов коллективного доступа к услугам для маргинализированных и недостаточно обслуживаемых групп в данном сообществе, включая женщин и девушек, а также могут предлагать электронные приложения, в том числе услуги здравоохранения, образовательный контент и услуги электронной коммерции.

- Разработка и выполнение национальной политики реструктуризации нынешних систем и инфраструктуры образования с целью включения в основные учебные программы предметов, связанных с наукой и ИКТ, с тем чтобы лучше соответствовать нынешним потребностям отрасли и стандартам, а также будущим потребностям в рабочих местах в сфере ИКТ. Образование – это одно из важнейших прав человека, а также основа благосостояния обществ и двигатель устойчивого развития. Возможность установления широкополосных соединений может помочь сделать образовательные системы более эффективными, упростить типовые задачи, улучшить оценку и сбор данных, а также обеспечить более интерактивный, стимулирующий и актуальный контент и навыки.

По состоянию на конец сентября 2013 года количество абонентов сети Интернет в Украине составило больше 5759,9 тыс. пользователей, что на 855,9 тыс. пользователей больше в сравнении с аналогичным периодом 2012 года [1], в частности, число абонентов широкополосного доступа (ШПД) увеличилось на 344,3 тыс. пользователей и составляет 3902,5 тыс. пользователей. В начале 2014 года сеть Интернет насчитывала 5957,4 тыс. пользователей. Из приведенных цифр видно, насколько динамично в Украине внедряются новые технологии и обеспечивается создание информационного общества. Плотность сетей доступа к Интернет и ШПД в расчете на 100 жителей с указанием регионов с наибольшим и наименьшим уровнем проникновения широкополосного доступа показано на рисунке ниже.



Определение технических критериев для широкополосного доступа является ключевым вопросом и именно от него, в определенной степени, зависит дальнейшее направление развития доступа к Интернету в Украине. В целом, широкополосным доступом в Украине принято считать доступ на скорости более 256 кбит/с. В различных странах используют различные критерии для определения ШПД. Традиционное определение: широкополосный доступ - это доступ в Интернет, который характеризуется возможностью как принимать, так и передавать информацию на высоких скоростях. То есть, это - предоставление высокоскоростного соединения для передачи данных со скоростью выше требуемой минимальной. Этот минимум отличается в разных странах и в нормативных документах различных Администраций связи и национальных регуляторных органов, а также меняется со временем. Кроме того, в большинстве стран определения критериев ШПД и развитие ШПД регламентируется на уровне государственных стратегий.

Уровень проникновения широкополосного доступа в домохозяйства Украины достиг более 35%. Обеспечено почти полное покрытие территории Украины сетями мобильной связи (с возможностью мобильного доступа к сети

Интернет), уровень проникновения которой составляет 130,3%. Динамика роста отечественных пользователей Интернет впечатляюща, где особенно значительными темпами увеличивалось количество Интернет - потребителей в селах Украины.

По уровню развития ИКТ инфраструктуры Украина в основном опережает развивающиеся страны, но все еще отстает от развитых стран. Мобильный и фиксированный ШПД являются основными двигателями роста рынка телекоммуникационных услуг. На рынке услуг мобильного доступа доходы операторов 3G (UMTS; CDMA; WiMAX) догоняют доходы операторов GPRS/EDGE. Рынок фиксированного доступа характеризуется высокой степенью конкуренции, однако следует отметить, что основная часть операторов сконцентрирована в крупных и средних городах. Имеет место все еще недостаточный уровень развития телекоммуникационной инфраструктуры в загородных территориях и в сельской местности. Низкий уровень дохода от одного абонента ШПД в среднем 10 USD не позволяет операторам окупить затраты, необходимые на развитие инфраструктуры в мало заселенных районах.

Несмотря на неплохие темпы роста рынка Интернет в Украине, пока сохраняется определенное отставание Украины от общеевропейских показателей развития и доступности для населения услуг широкополосных сетей доступа в Интернет. Развитие Интернета сдерживает, прежде всего, недостаточная общественная и социальная мотивация его использования и недостаточная развитость электронных рыночных отношений (е - коммерция) во многих секторах экономики. Определяющим фактором также является относительно не высокая по сравнению с развитыми странами платежеспособность населения, и как результат - очень низкие показатели количества компьютерной техники на одного жителя нашей страны и также низкие показатели по степени интегрированности в глобальное веб-пространство.

Число абонентов широкополосного доступа в Украине составляет 3902,5 тыс. пользователей, из которых около половины являются абонентами ПАО «Укртелеком» подключенных по медным линиям и преимущественно использующих технологию ADSL 2+. Теоретически пропускная способность ADSL2 + составляет до 24 Мб/с в сторону потребителя, и 3 Мб/с - от потребителя в сеть. При расчете реальной скорости надо исходить из того, что когда строились эти линии и прокладывались тонкие медные жилы диаметром 0,32 мм, никто даже не подозревал, что вместо полосы в 3 кГц на этой линии будет работать оборудование, использующее полосу в несколько мегагерц.

Поэтому никто в компании «Укртелеком» не тешит себя иллюзиями по поводу того, что может осуществиться какое-то «техническое чудо», - обеспечить показатели средних скоростей в сетях, основанных на медных линиях, такие же, как, например, в Западной Европе. В целом же по миру почти 50%

широкополосных подключений осуществляются по медным жилам - это единственная технология, которая позволяет быстро и относительно дешево организовать предоставление услуг ШПД. Но даже на таких линиях можно увеличивать скорости, но для этого необходимо постоянно проводить модернизацию и обеспечивать ремонт сетевой инфраструктуры, что возможно только при соответствующей абонплате.

Несмотря на все несовершенства морально и физически устаревших медных линий рынок ШПД Укртелекома постоянно растет. На рост трафика ШПД в основном влияют два фактора. Первый – ежегодное увеличение на 15% количества ШПД-пользователей. И второй – увеличение средней скорости доступа на одного пользователя. Особенность сети Укртелекома в том, что нет особой разницы, где подключен абонент, в центре Киева или в районном центре, - он в полной мере может использовать ту скорость, которую позволит развить медная линия связи.

На сегодня средняя скорость подключений более 1,5 млн подписчиков наших услуг составляет 5 Мб/с, которую они гарантированно могут получить в сети Укртелекома. Для этого во всех населенных пунктах, где Укртелеком подключает абонентов ШПД (1409 нас. пунктов), создается большое количество точек присутствия, чтобы сократить длины абонентских линий. В результате есть более 2500 подключенных по волоконно-оптическим линиям площадок, куда уже по медным кабелям подключается оборудование пользователей. Понимая все ограничения медных линий, их длину между IP-коммутатором и потребителем стараются сделать как можно короче.

Еще 4-5 лет назад была принята и запущена специальная программа действий, которая должна была помочь «выжать» из медных линий максимально возможный результат. Прежде всего, была изменена сама система производства работ внутри компании. Ранее в Укртелекоме инженер определял, какой подобрать абоненту профиль и как настроить абонентский порт при подключении. В прошлом году в качестве эксперимента был запущен программный робот, который выполнял конфигурирования порта в соответствии с заложеной в него программы. Результаты просто ошеломили.

Один пример. В Кировоградском филиале программному роботу определили 4090 портов. Из этого количества портов только 10% (около 490 портов) имели скорость 10 Мбит/с и выше. После того как эти линии перестроил робот, количество портов, на которых стала поддерживаться скорость 10 Мбит/с и выше, составило более 50%. Пока 97% линий Укртелекома имеют гарантированную скорость 1 Мбит/с и выше, 67% – 4 Мбит/с и выше, а 29% портов – 10 Мбит/с и выше. Благодаря внедрению новых технологий мы надеемся увеличить количество портов со скоростью 4 Мбит/с до 80% – то есть такая скорость возможно будет доступна 4/5 пользователей, при этом повышен процент линий со скоростями доступа 10 Мб/с и выше.

Также следует отметить, что количество пользователей услуги широкополосного доступа, подключаемых к сети Укртелекома в час наибольшей нагрузки, превышает 1 млн 100 тыс. человек. Общая скорость, на которой эти пользователи получают информацию из сети Интернет, превышает в час пиковой нагрузки 320 Гбит/с.

Понимая то, что в скором будущем технология xDSL не будет в полной мере удовлетворять все возрастающие требования пользователей к скорости доступа в Интернет, нужно посмотреть как решаются подобные вопросы в мире. Федеральная Комиссия по связи США рекомендует операторам ориентироваться на техническую возможность скоростей доступа до 1 Гб / с до дома. Было объявлено, что в каждом штате будет община, где в течение трех лет будет обеспечено указанную скорость доступа. FTTH-Council, который прошел в прошлом году, рекомендовал европейским операторам ориентироваться на техническую возможность до 100 Мб/с. Ни одна европейская страна не сможет перейти на FTTH полностью - на это уйдут десятилетия. Те страны, которые имеют хорошую сеть доступа на медных кабелях, частично перейдут сначала на VDSL - более скоростную технологию (скорость передачи обеспечивается на уровне до 50 Мб/с). «Потолок» для медных линий в Украине - скорости, обеспечиваемые ADSL-технологиями, так как на довольно длинных абонентских линиях построенных на кабелях типа ТПП использование технологии VDSL ограничено и затруднительно.

В настоящее время в Укртелекоме принято решение развивать новые сети доступа на основе технологии FTTH. Для бизнес-клиентов с архитектурой point-to-point, для массового клиента – GPON, при этом внедрять также технологию x-GPON. Также принято решение оборудование, которое освобождается в результате внедрения FTTx в городах с большим количеством населения переносить на уровень ниже, а именно в малозаселенные районы или села Украины и в депрессивные регионы с низким уровнем материального обеспечения. Кроме того, отработаны подходы к внедрению VDSL технологии на сетях доступа, при условии уменьшения длины абонентской проводки и размещения активного оборудования в поликарбонатных вандапоустойчивых шкафах как можно ближе к абоненту. Но и в этом случае, технология не всегда оправдывает себя, так как частые изгибы абонентского кабеля не позволяют удерживать высокую скорость доступа в Интернет.

Укртелеком во многом не отстает от зарубежных операторов. Он создал современную оптоволоконную транспортную сеть, на всех магистральных линиях используются IP/MPLS- и DWDM-технологии. Отличие лишь в том, что за рубежом много инвестиций, которые предоставляются коммунальными организациями и государством. Например, Соединенные Штаты ежегодно инвестируют миллиарды в строительство оптических сетей доступа. У нас пока нет такого резерва - ни государственных, ни коммунальных средств. Инвестиции идут

от каждого оператора отдельно.

В Украине приняты государственные нормативно-правовые акты как строить оптическую инфраструктуру сетей доступа в домах и как проектировать линейно-кабельные сооружения, в связи с развитием технологий FTTx. Но для того чтобы перейти к массовому внедрению, необходимо, чтобы проекты были окупаемыми, что при существующей плате \$10 с абонента довольно проблематично.

Украина имеет большой потенциал рынка для дальнейшего роста проникновения мобильного и фиксированного доступа в Интернет. Этому также способствует наличие хорошо развитых мобильных и опорных волоконно-оптических сетей. В то же время, неравномерность ИКТ инфраструктуры, наличие «цифрового разрыва» между отдельными регионами и слоями населения вызывает необходимость разработки стратегии развития отрасли телекоммуникаций и государственной программы стимулирования развития информационного общества, внедрение программы и механизмов стимулирования развития доступа в Интернет по всей стране. Для ускорения развития ШПД к Интернету, необходимо также расширить социальную базу использования информационных компьютерных технологий и повысить их социальную востребованность; обеспечить возможность использования информационных технологий, в частности Интернета, как можно более широкому слою населения в Украине; принять специальные меры для экономического стимулирования развития Интернета в контексте общей программы экономического стимулирования развития в Украине индустрии информационных технологий; улучшить управление качеством предоставления Интернет услуг.

Литература

- Официальный сайт государственного комитета статистики Украины: www.ukrstat.gov.ua
- Официальный сайт Национальной комиссии, осуществляющей государственное регулирование в сфере связи и информатизации: ru.nkrzi.gov.ua.
- Циркулярное письмо/SPM/CCD/182 MCE.

ИМПУЛЬСНЫЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЕ СИГНАЛЫ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Бунин С.Г.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: sgbunin@ukr.net

Impulse radio ultra wide band signals in telecommunication systems

It looks promising to use impulse radio ultra wide band signals in future radio networks especially in serf-organized ones. The method to increase signals information capacity and receivers are proposed.

Преимущества импульсных сверхширокополосных сигналов перед узкополосными, основанными на синусоидальных несущих, хорошо известны [1]. Вместе с тем эти сигналы сравнительно редко используются в системах телекоммуникаций. Причиной этого связана с ограничениями Федеральной комиссии связи США на мощность и частотный диапазон для этих сигналов [2], связанными с тем, что их спектры размещаются в полосе частот, используемой и другими радио службами. Эти ограничения были приняты и в Европейском Союзе. Указанные ограничения не позволяют использовать эти сигналы для связи на дальности более 10 метров.

Тем не менее, следует рассмотреть применение этих сигналов в будущих системах телекоммуникаций, в частности, в радиосетях, учитывая прежде всего такие их свойства, как существенное снижение требуемой мощности импульсных передатчиков сетевых терминалов для обеспечения требуемого качества связи, высокую проникаемость радиосигналов сквозь разные виды препятствий, потенциально высокие скорости передачи информации и др. Для этого, очевидно, придется использовать другие полосы радиочастот.

Одним из важных свойств сигналов при использовании их в радиосетях является возможность одновременной передачи сигналов многих абонентов при малой вероятности взаимного искажения передаваемой информации. Это свойство связано с дискретной природой импульсных сигналов, ультракороткими длительностями импульсов и большой скважностью импульсных последовательностей, представляющих адреса абонентов и передаваемые символы.

Указанное свойство играет решающую роль в самоорганизующихся сетях с многоскачковой ретрансляцией. При применении традиционных узкополосных сигналов на каждом шаге ретрансляции необходимо выполнять требования протоколов множественного доступа к каналу связи. Любой протокол множественного доступа вносит задержки в передачу. При многоскачковой ретрансляции суммарные задержки передач могут превысить допустимые или вызывать значительный джиттер. Применение импульсных сигналов снимают эту проблему.

Импульсные последовательности, состоящие из большого количества

ультракоротких импульсов при большой скважности, необходимы для получения необходимого отношения сигнал – шум в приемнике (при классическом методе приема с накоплением) и обеспечения взаимной ортогональности сигналов. Однако передача длительных последовательностей эквивалентна снижению скорости передачи информации. Повышение скорости передачи возможно путем модуляции импульсов последовательностей.

В отличие от синусоиды, импульс имеет три параметра – амплитуду, длительность и полярность. Изменение каждого из этих параметров отдельно или в комплексе позволяет осуществить информационную нагрузку на каждый импульс сигнальной последовательности. Количество информационных бит, передаваемых каждым импульсом равно $M = \log_2 k$, где k – суммарное количество градаций указанных параметров. Поскольку каждая адресная последовательность содержит n импульсов, то общее количество бит переданных ею равно $M_{\text{общ}} = n \log_2 k$ бит.

Прием ультракоротких импульсных сигналов обычно осуществляют некогерентным корреляционным способом с помощью пассивных согласованных фильтров. Для немодулированных импульсных последовательностей прием можно осуществлять на основе мажоритарного подхода – сигнал считается принятым, если принято большинство импульсов из последовательностей. Если же импульсы в последовательности модулированы, то необходимо принять все импульсы последовательности должны быть приняты и дешифрованы. Это означает, что отношение « мощность импульса – мощность шума» должен быть достаточным для четкого обнаружения импульса с минимальной градацией мощности. Это требование аналогично требованию приема синусоидальных сигналов с амплитудной или амплитудно-фазовой модуляцией.

Приемник промодулированных импульсных последовательностей должен выполнять две задачи – определение адреса по коду последовательности и параметров составляющих ее импульсов.

Первая задача может решаться способом «не энергетического» приема [3], в котором используются принимаемые импульсы используются в качестве запускающих для генератора импульсов большей длительности и заданной амплитуды. Именно последовательности последних используются для дешифрации адреса.

Вторая задача – определение параметров импульсов и их дешифрация выполняется с помощью высокоскоростного аналого-цифрового преобразователя и схемы преобразования значений параметров в информационный битовый поток.

Литература

1. Arslan, H., Chen, Z. N., Di Benedetto. Ultra Wideband Wireless Communication. 2006, 520 pp.
2. FCC, “Revision of part 15 the commission rules regarding ultra-wideband transmission systems”, ET Docket, 2002.
3. S. Bunin, “Non energetic” reception of ultra short impulse radio signals”, Telecommunication Sciences, v.1, No.1, July – December 2010, pp. 7 – 13.

ВИКОРИСТАННЯ КВАДРАТУРНИХ ЦИФРОВИХ МОДУЛЯТОРІВ В СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ З АВТОКОРЕЛЯЦІЙНИМ ПРИЙОМОМ СТОХАСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Дідковський Р.М.

Національний технічний університет України «КПІ»

E-mail: director@mitris.com

USING A QUADRATURE DIGITAL UPCONVERTER IN AUTOCORRELATION TRANSMIT SYSTEMS WITH STOCHASTIC SIGNALS

The data transmission method with differential modulation of stochastic signals is proposed. This method based on using Quadrature Digital Upconverter and Gram-Schmidt process for separation of signal components. As a result bit rate is double.

При побудові мереж передачі конфіденційної інформації можуть успішно використовуватись широкосмугові сигнали переносники з важко передбачуваною формою сигналу. Найбільш стійкими до статистичного аналізу та перехоплення переданої інформації є, безумовно, шумові сигнали [1].

Найбільш відомими методами внесення цифрової інформації до шумового (стохастичного) сигналу є:

- 1) маніпуляція статистичних характеристик реалізації шуму;
- 2) метод з передачею опорного.

У першому випадку прийом сигналу здійснюється з використанням енергетичного методу (або його узагальнення), у другому – автокореляційним методом. Необхідно зауважити, що максимальну структурну скритність сигналу забезпечують системи зв'язку з передачею опорного сигналу та автокореляційним прийомом, а кращу завадостійкість в цьому класі систем має система з фазовою маніпуляцією шумового сигналу (ФМШС) [2].

Ця система має наступні особливості:

- 1) послідовна (з розділенням в часі) передача опорного та інформаційного сигналу;
- 2) фазова маніпуляція інформаційного шумового сигналу.

Повне часове розділення опорного та інформаційного сигналу з одного боку дозволяє позбутися внутрішньосистемних завад та отримати вигоду у завадостійкості, однак з іншого боку веде до подвоєння тривалості бітового інтервалу та втрат у швидкості передачі даних.

Сучасні цифрові засоби формування та обробки сигналів дозволяють запропонувати нові підходи до вирішення вказаної проблеми.

На рис. 1 зображено структурну схему передавача, а на рис. 2 – приймача системи зв'язку, що пропонується. Ключовим вузлом передавача є квадратурний цифровий модулятор (КЦМ), який поєднує в собі функції двоканального цифро-

аналогового перетворювача та квадратурного модулятора. Позначимо Δt період роботи КЦМ, n – кількість тактів цього пристрою на бітовому інтервалі системи, тоді тривалість бітового інтервалу дорівнює $T = n \cdot \Delta t$.

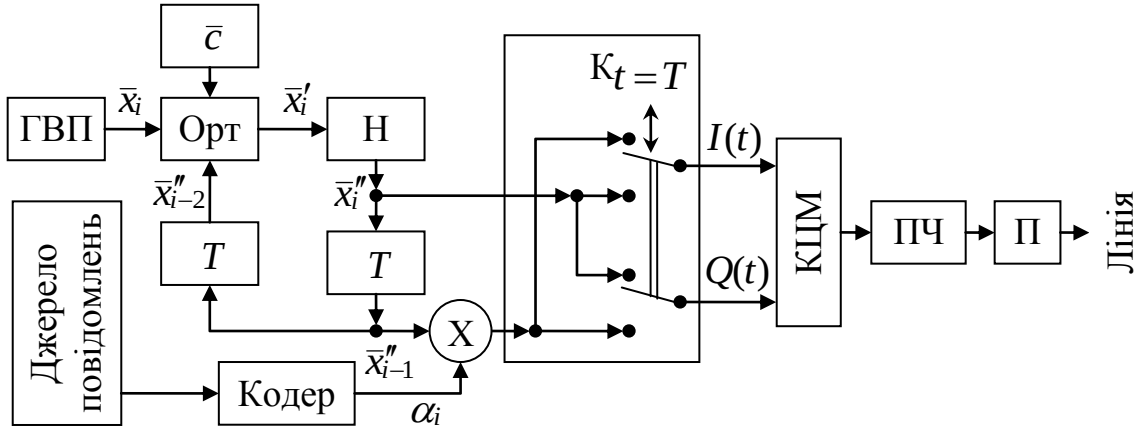


Рис. 1. Структурна схема передавача системи

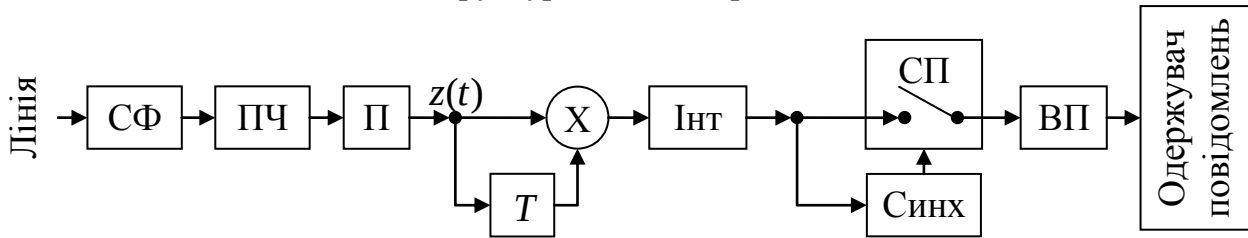


Рис. 2. Структурна схема приймача системи

Алгоритм роботи передавача протягом бітового інтервалу наступний. Генератор випадкової послідовності (ГВП) формує реалізацію номер i стохастичного вектора $\bar{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$. Ця реалізація надходить до блоку ортогоналізації (Орт), на інші входи якого надходить вектор $\bar{x}_{i-2}''$ (сформований на два цикли раніше) та вектор $\bar{c} = (1, 1, \dots, 1)$. Ортогоналізатор виконує перетворення (процедуру Грама-Шмідта)

$$\bar{x}_i' = \bar{x}_i - \frac{\langle \bar{x}_i, \bar{x}_{i-2}'' \rangle}{\langle \bar{x}_{i-2}'', \bar{x}_{i-2}'' \rangle} \bar{x}_{i-2}'' - \frac{\langle \bar{x}_i, \bar{c} \rangle}{\langle \bar{c}, \bar{c} \rangle} \bar{c}.$$

Результуючий вектор $\bar{x}_i'$ буде ортогональним до вектора $\bar{x}_{i-2}''$ і матиме нульове середнє значення.

Блок нормування (Н) виконує перетворення вектора за формулою

$$\bar{x}_i'' = \frac{1}{\sqrt{\langle \bar{x}_i', \bar{x}_i' \rangle}} \bar{x}_i'$$

та забезпечує фіксовану середню потужність вектора $\bar{x}_i''$.

Координати вектора $\bar{x}_i''$ (опорний сигнал) надходять до першого входу комутатора (К), а через лінію затримки на час T на другий вхід комутатора надходять координати вектора $\alpha_i \bar{x}_{i-1}''$ (інформаційний сигнал), сформованого на попередньому бітовому інтервалі та модульованого сигналом кодера ($\alpha_i = 1$, якщо поточний біт дорівнює 1, $\alpha_i = -1$, в іншому випадку).

Комутатор змінює свій стан у кінці кожного бітового інтервалу. В результаті сигнали, що потрапляють на вхід комутатора або потрапляють на паралельні виходи, або міняються місцями. В такий спосіб опорний та інформаційний сигнал, сформований на базі одного вектора потрапляють на один і той же вхід квадратурного цифрового модулятора (КЦМ). На виході маємо модульований сигнал проміжної частоти. Запишемо математичну модель цього сигналу, що спостерігається протягом трьох послідовних бітових інтервалів

$$s(t) = x_{i-2}(t) \sin 2\pi f_0 t + \alpha_{i-2} x_{i-3}(t) \cos 2\pi f_0 t, \quad t \in [(i-2)T, (i-1)T),$$

$$s(t) = \alpha_{i-1} x_{i-2}(t) \sin 2\pi f_0 t + x_{i-1}(t) \cos 2\pi f_0 t, \quad t \in [(i-1)T, iT),$$

$$s(t) = x_i(t) \sin 2\pi f_0 t + \alpha_i x_{i-1}(t) \cos 2\pi f_0 t, \quad t \in [iT, (i+1)T),$$

де $x_i(t)$ – результат цифро-аналогового перетворення вектора $\bar{x}_i''$.

Подальша обробка сигналу стандартна і включає в себе претворення частоти (ПЧ) підсилення (П) та подачу сигналу в лінію (або на вхід антени).

Прийом сигналу відбувається за допомогою автокореляційного фільтра до якого надходить сигнал $z(t)$ після смугового фільтра (СФ), перетворювача частоти (ПЧ) та підсилювача (П). Автокореляційний фільтр складається з лінії затримки, змішувача та інтегруючого пристрою (період інтегрування дорівнює бітовому інтервалу T). На виході фільтра маємо сигнал

$$r(t) = \int_{t-T}^t z(\tau) \cdot z(\tau - T) d\tau.$$

Пристрій тактової синхронізації (Синх) керує стробуючим пристроєм (СП), який в кінці кожного бітового інтервалу подає на вхід вирішуючого пристрою (ВП) значення функції $r(t)$. Знак цієї величини визначає рішення про прийом нуля чи одиниці.

Необхідно зазначити, що процедура інтегрування ефективно придушує складові подвійної частоти та складові, що утворюються в результаті множення опорних та інформаційних сигналів з різними номерами (в силу їх ортогональності). В такий спосіб внутрішні системні завади зводяться до мінімуму.

Описаний підхід дозволяє спростити структуру ортогоналізатора (зменшити кількість вхідних даних та процедуру перетворення) за рахунок розділення сигналів по квадратурних каналах та ефективно використати можливості сучасних квадратурних цифрових модуляторів.

Запропонований метод формування та обробки шумового сигналу дозволяє вдвічі підвищити швидкість передачі даних у системі з ФМШС при збереженні тривалості опорного сигналу.

Література

1. Didkowsky R.M. Information transmission methods with through the use of stochastic signals / R.M. Didkowsky // Telecommunication Sciences. – 2013. – Vol. 4, N. 2. – P. 5-18.
2. Ильченко М.Е. Вероятность ошибки автокорреляционного приемника манипулированных шумовых сигналов / М.Е. Ильченко, В.И. Калинин, Т.Н. Нарытник, Р.М. Дидковский // Цифрові технології. – 2013. – №14. – С. 5-16.

СХЕМА ЗГЛАДЖУВАННЯ ВХІДНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СЕРВЕР МОБІЛЬНОГО ОПЕРАТОРА

Глоба Л.С., Скулиш М.А., Реверчук А.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: mb_s@ukr.net

Scheme smoothing of the input stream to the server mobile operator

The proposed scheme smoothing the load based on an analysis of the life cycle of the request in the system and allowing efficient use of the resources of hardware servers of mobile operator

Роботу підсистем серверу оператора мобільного зв'язку можна представити як багаторівневу систему масового обслуговування, де керування потоком заявок здійснюється на двох рівнях.

Перший логічний рівень прикладних програм. Тут заявки, які надійшли у систему, розділяються за типом сервісу, який вони представляють, обслуговування черг ведеться відповідно до схеми обслуговування розробленої для відповідного типу сервісу. Процес керування включає в себе формування черг за типом сервісу, застосування методів групи WRAD, а також інших схем керування, які враховують специфіку обслуговування сервісів [вставить ссылку про патент]. Таким чином, система масового обслуговування першого рівня представляє собою заявки різних типів сервісів, які надходять на обслуговування до системи, будемо називати їх заявками першого рівня. Обслуговуючими пристроями у такій системі виступають ланцюги функціональних блоків, де здійснюється послідовне обслуговування заявок, кожний тип сервісу обслуговується у окремому ланцюзі.

Другий рівень – рівень технічної обробки. Схема обслуговування заявок за типом сервісу передбачає послідовне виконання операцій, для виконання яких потрібна задана кількість апаратних ресурсів, кожну операцію можна представити як заявку на обслуговування, будемо говорити про заявки другого рівня, де обслуговуючими пристроями виступають апаратні ресурси. Тут заявки другого рівня організовуються у черги до відповідних ресурсів. Політики використання ресурсів визначаються методами керування ресурсами обчислювальної системи. Архітектури розподілу ресурсів, організація обслуговування заявок другого рівня, суттєво впливають на швидкість обслуговування. Однак, така архітектура системи обробки заявок другого рівня є постійною, про її роботу можна судити по статистичним даним затримок в обслуговуванні заявок першого рівня.

Оскільки, вхідний потік заявок другого рівня однозначно визначається кількістю заявок першого рівня, що обслуговуються у системі. Тому система

керування вхідним потоком заявок першого рівня, яка побудована з урахуванням статистики завантаженості ресурсів системи другого рівня, дозволить зменшити втрати заявок через затримки пов'язані з нестачею ресурсів.

Архітектура дворівневої системи керування представлена на рис. 1.

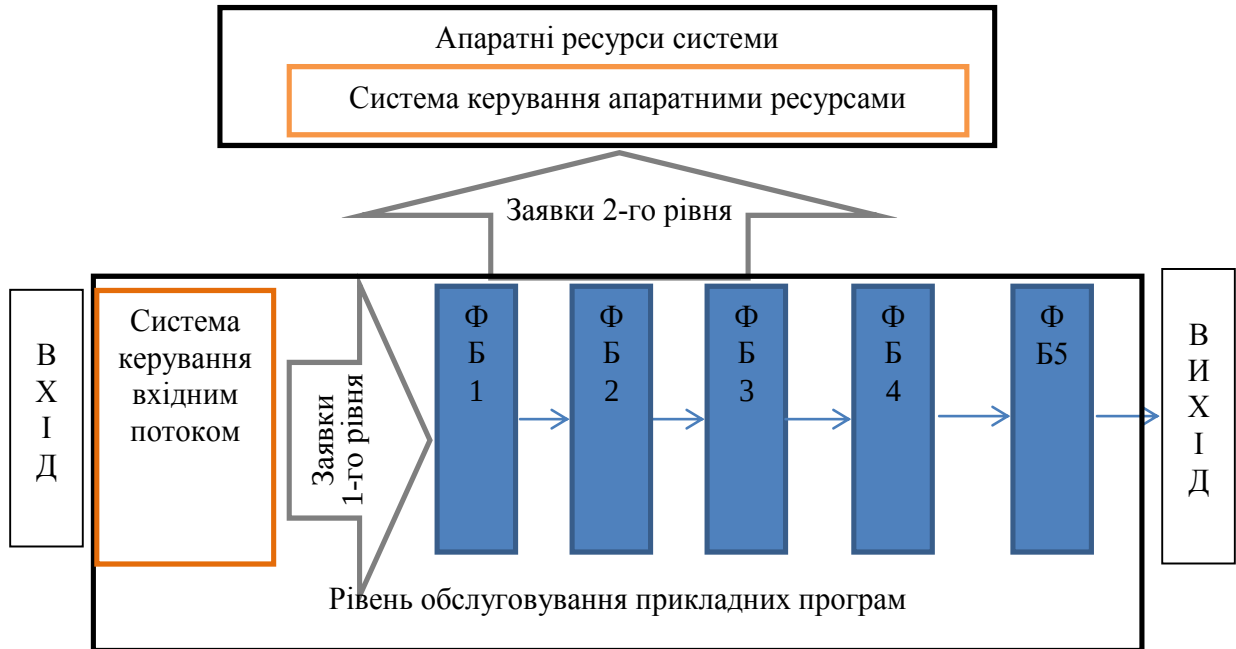


Рис. 1. Схема обслуговування заявок на сервері оператора мобільного зв'язку

Постає питання, яким чином організувати роботу системи керування вхідним потоком заявок, щоб потік заявок другого рівня був як найбільше рівномірним.

Обслуговування заявок першого рівня у функціональних блоках породжує потік заявок другого роду, для виконання яких використовуються задана кількість ресурсів серверу. Отже, якщо у деякому функціональному блоці обробляється одночасно велика кількість заявок першого роду, при цьому заявки другого роду породжені відповідним функціональним блоком потребують для свого виконання значної кількості ресурсів, тоді може постати проблема браку ресурсів серверу, що призведе до затримки в обслуговуванні заявок першого роду, и як наслідок перевищення допустимого часу обслуговування, втрати заявок, зниження якості обслуговування абонентів.

В [1] була запропонована стратегія керування вхідним потоком заявок, яка полягає в тому, щоб не допускати двох сплесків навантаження протягом часу обслуговування заявок у ресурсозатратних функціональних блоках. Запропонований метод передбачає відслідковування піків навантаження, та введення затримки для деякої частини заявок другого піку, що дозволяє уникнути перевантаження ресурсів серверу. Однак реалізація даної стратегії та запропонованого методу потребує постійного моніторингу роботи серверу, а на практиці з метою заощадження ресурсів система моніторингу не завжди активна через брак ресурсів, тому відслідковування моментів надходження

надлишкової кількості заявок не завжди можлива. Саме тому доцільно розробити *схему згладжування вхідного навантаження*.

Схема згладжування вхідного навантаження представляє собою набір значень максимально допустимої кількості заявок (послідовність $\{k_i\}$), що поступають на вхід системи за малий інтервал часу Δt_i у заданій послідовності. Кількість елементів послідовності n підбирається таким чином, щоб виконувалось рівняння

$$t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i,$$

де t – середній час перебування заявки першого рівня у системі.

Необхідно підібрати таку послідовність $\{k_i\}$, щоб виконувалось дві умови:

- [1] Заявки, які одночасно обслуговуються у системі повинні використовувати об'єм ресурсів V близький до загальної максимально можливої кількості ресурсу V_{max} .
- [2] Дисперсія елементів послідовності $\{k_i\}$ повинна бути мінімальною.

Тривалість перебування заявки першого рівня у функціональних блоках (ФБ) є випадковою величиною, що залежить від швидкості обробки породжуваних у даному ФБ заявок другого рівня. Спираючись на середньо статистичні значення отримані системою моніторингу, будемо говорити, що час перебування заявки у функціональному блоці є відомим (t_j , де j - номер ФБ). $t = \sum_{j=1}^m t_j$, де m – кількість функціональних блоків у системі.

Відома кількість ресурсу (v_j , де j – номер ФБ), яка необхідна для обслуговування заявок другого рівня породжуваних заданим ФБ.

Яким чином розраховувати об'єм ресурсу V , який використовується у поточний момент часу було показано в [2], основний принцип полягає в тому, що використовується зворотна система відліку часу. Прийемо за нульовий час закінчення обслуговування заявки, тобто $t^0 = t$, далі позначимо періоди часу коли заявки переходять між функціональними блоками: $t^1 = t^0 - t_1, \dots, t^j = t^{j-1} - t_j, \dots, t^m = t^{m-1} - t_m = 0$. Всі заявки, які надійшли протягом інтервалу $[t^1, t^0]$ в момент часу t^0 обслуговуються у першому функціональному блоці. Заявки, які надійшли до системи протягом інтервалу $[t^j, t^{j-1}]$ в момент часу t^0 , обслуговуються у j -му функціональному блоці.

Таким чином, об'єм ресурсу V^0 , що використовується у момент часу t^0 – це сума об'ємів ресурсу v_j^0 зайнятого заявками, які перебувають у j -му ФБ ($j = \overline{1, m}$) в момент часу t^0 .

$$V^0 = \sum_{j=1}^m v_j^0$$

Значення v_j^0 залежить від кількості заявок, які надійшли до системи протягом часу $[t^j, t^{j-1}]$. Оскільки застосовується *схема згладжування вхідного навантаження*, то максимально допустима кількість заявок які припадають на цей інтервал часу відома. v_j^0 – це добуток кількості заявок, що

у момент часу t^0 перебувають у j -му ФБ, на об'єм ресурсу, який потрібен для обслуговування заявок другого рівня породжених j -му ФБ.

Задля забезпечення ефективного згладжування необхідно, щоб умова 1 виконувалася не тільки для об'єму V^0 , але й для всіх V^i , ($i = \overline{1, n}$).

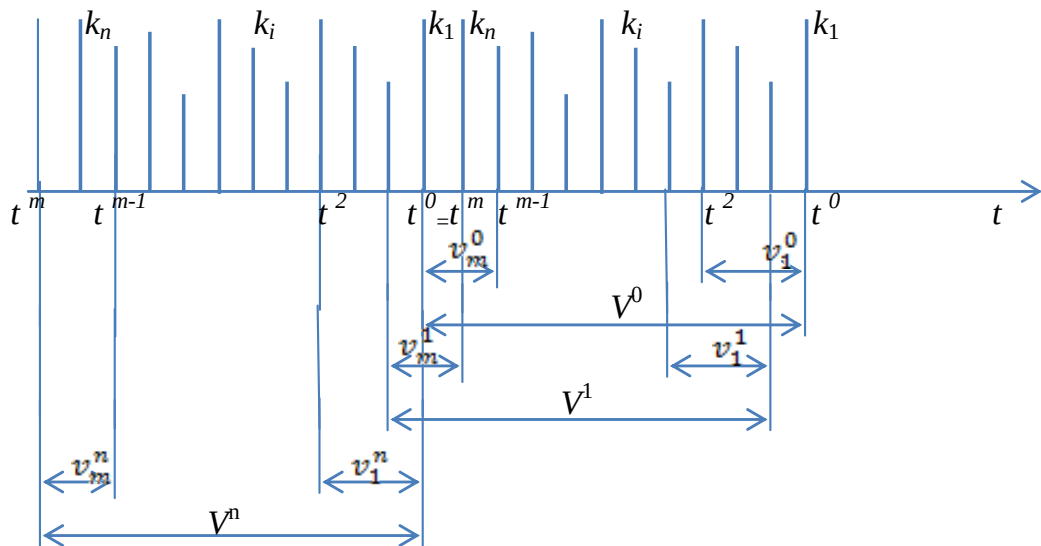


Рис. 2 Схема згладжування вхідного навантаження, з урахуванням об'єму ресурсу, що використовується

Вибір послідовності $\{k_i\}$ здійснюється за допомогою генетичного алгоритму, таким чином щоб задовольнялися умови 1 і 2.

Висновки. При використанні запропонованої схеми згладжування вхідного навантаження забезпечується максимально допустима однорідність потоку заявок другого рівня. Оскільки береться до уваги послідовність операцій, які виконуються з заявкою на сервері мобільного оператора, об'єму ресурсу, що потрібен для забезпечення цих операцій. Підбирається послідовність максимально допустимих значень кількості заявок, що надходять у систему за малий інтервал часу. Критеріями оцінки є наближеність загального об'єму, що використовується до максимально допустимого при цьому забезпечується мінімальне середньоквадратичне відхилення від середнього значення кількості заявок, що пропускаються у систему. Фактично приведено спосіб керування чергою заявок, які надходять на серверу оператора.

Література

1. Larysa Globa, Maria Skulish, Andrei Reverchuk. Server resources load monitoring serving different types of services// International Conference TCSET'2014 - February 2014.
2. Larysa Globa, Maria Skulish, Andrei Reverchuk. Manage of incoming application flow to prevent shortage of server resources // International Conference TCSET'2014 - February 2014.

ДИНАМІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОСЛУГ НА ОСНОВІ SOCCA В КОНВЕРГЕНТНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Климаш М.М., Бешлей М.І., Селюченко М.О.

Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки

та електронної техніки НУ «ЛП»

E-mail: mklimash@polynet.lviv.ua,

beshlebmi@gmail.com, egur2006@yandex.ru

Dynamic management of quality of service based on SOCCA in convergent telecommunication networks

In this paper the QoS dynamic management method in telecommunication networks is proposed. While cloud technologies are getting more utilized and spread every day the number of different types of services is also growing. Each different type of service generates specific kind of traffic, thus the variety of shapes of traffic can't be classified definitely. That is why the method of adaptive prioritization based on IPv6 and mechanism of service provisioning QoS evaluation are used to dynamically manage QoS level for each user in accordance with SLA.

На сьогоднішній день збільшення кількості послуг та користувачів у конвергентних мережах зумовлює постійне погіршення якості обслуговування. Особливо гостро ця проблема постає при реалізації концепції повсюдного комп'ютингу, відповідно до якої послуги для мобільних клієнтів мають надаватися в режимі реального часу з використовуючи високошвидкісних мереж мобільного зв'язку четвертого та п'ятого покоління.

З появою інформаційних систем на основі сервісно-орієнтованої архітектури та концепції cloud виникла велика кількість нових сервісів. Кожен сервіс генерує потоки даних з особливими параметрами, при цьому кожен сервіс має свої вимоги до якості обслуговування, які диктують мережі, яким чином обслуговувати потоки трафіку цього сервісу. У результаті виникає проблема класифікації трафіку в умовах, коли різноманітність сервісів постійно збільшується. А, отже, управління якістю обслуговування окремого класу трафіку в мережі не може забезпечити належного рівня обслуговування окремого абонента в концепції повсюдного комп'ютингу. Тому впровадження нових методів керування трафіком у телекомунікаційних мережах з метою забезпечення динамічного управління якістю потоків даних окремих користувачів для надання сервісно-орієнтованих інфокомунікаційних послуг на базі хмарних обчислень (SOCCA) є актуальною науковою задачею.

Вдосконалення SOCCA. Хмарні обчислення є невід'ємною складовою сервісно-орієнтованої архітектури. Це пов'язано з тим, що сервіси, які

зазвичай надаються великій кількості користувачів, потребують великого обсягу мережевих та апаратних ресурсів, забезпечити які можуть тільки центри обробки даних. Тому надання сервісів користувачам передбачає взаємодію цих двох архітектур. У результаті їхньої композиції утворилася нова архітектура сервісно-орієнтованих хмаркових обчислень – SOCCA [1].

SOCCA має інтегровані компоненти, які реалізують методи моніторингу та управління якістю сервісів всередині архітектури. Для цього використовуються методи композиції сервісів та динамічного балансування навантаження. Проте компоненти SOCCA не мають впливу на зовнішнє транспортне середовище, а тому не можуть керувати процесом передачі потоків в телекомунікаційних мережах. Як наслідок, якість обслуговування трафіку сервісів SOCCA в телекомунікаційних мережах не гарантується. Тому ми пропонуємо ввести в компоненти управління SOCCA додаткову функцію щодо забезпечення належного рівня якості обслуговування віртуального інформаційного каналу «користувач-сервіс» (Рис.1).

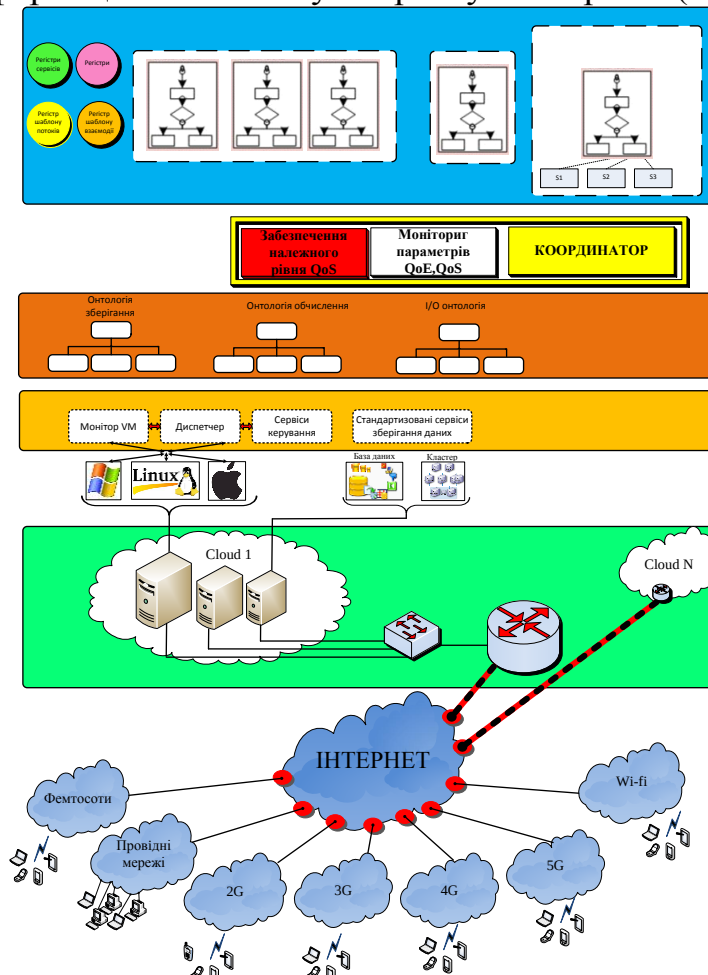


Рис. 1. Вдосконалена SOCCA (запропонована функція виділена червоним)

Запропонована функція забезпечуватиме моніторинг якості обслуговування потоку даних між парою «користувач-сервіс». Для цього вона буде визначати час повного проходження петлі двома контрольними запитами, які будуть надсилатися один за одним. Такий механізм дає змогу не тільки визначити не лише затримку передачі, але й різницю затримок передачі двох контрольних запитів, і таким чином обчислити джиттер.

Забезпечення гарантованої якості обслуговування потоків на основі методу адаптивної пріоритезації. Тривалість передачі повідомлень залежить від стану каналу зв'язку, а саме – від завантаження маршрутизаторів. Метод адаптивної пріоритезації дає змогу змінювати пріоритет потоків за допомогою особливостей протоколу IPv6. У цьому протоколі є можливість додавати мітки визначеної довжини, які будуть ідентифікувати конкретний потік. При надходженні пакету на маршрутизатор процедура обробки пакету та його подальша маршрутизація буде залежати від комбінації «адреса призначення – мітка». При цьому система міток може динамічно змінюватися та конфігуруватися на маршрутизаторах у процесі роботи керуючим рівнем телекомунікаційної мережі [2]. Умова, за якої необхідно застосовувати механізм адаптивної пріоритезації для забезпечення стабільного рівня якості обслуговування запитів, виражається формулою:

$$\sum_1^k \left(2 \cdot \left(\sum_{k=1}^M \tau_{ik} + \sum_{j=1}^N \sum_{m=0}^{i-1} \rho \frac{\rho^{\frac{H-0,5}{1-H}}}{\rho^{\frac{H}{1-H}}} \cdot U_{викор.(i-m)j} \cdot \frac{l_{сер.(i-m)j} \cdot 8}{C_j} \right) + \sum_1^n \left(\frac{1000}{X_n} \right) \right) > \overline{RTT}_{кр_i} \quad (1)$$

де M – загальне число каналів зв'язку між клієнтом і сервісом; τ_{ik} – величина часу затримки розповсюдження пакету сервісу i -го пріоритету по k -каналу зв'язку; N – загальне число комутаційних пристроїв (вузлів) розміщених між клієнтом і сервісом; C – пропускна здатність j -го каналу; $U_{викор.(i-m)j}$ – коефіцієнт використання каналу сервісом i -го пріоритету в j -му вузлі; $l_{сер.(i-m)j}$ – середня довжина пакету послуги i -го пріоритету в j -му вузлі; ρ – коефіцієнт завантаження пристрою, $RTT_{кр}$ – допустимий час затримки i -сервісу.

За моніторинг цієї умови та прийняття рішення про використання методу адаптивної пріоритезації конкретного потоку «користувач-сервіс» відповідає функція координатора SOCCA, запропонована у роботі.

Висновки. Проведено аналіз факторів погіршення якості сервісів у телекомунікаційних мережах в умовах розвитку інформаційних систем на основі SOCCA. З результатів аналізу очевидно, що сучасні методи керування якістю не можуть забезпечити належний рівень QoS окремому користувачу індивідуально. Тому нами запропоновано метод адаптивної пріоритезації та механізм контролю за якістю обслуговування сервісів на основі використання функціонального компонента координатора SOCCA для динамічного управління параметрами QoS потоків даних у віртуальних інформаційних каналах «користувач-сервіс».

Література

1. Wei-Tek Tsai, Xin Sun, Janaka Balasooriya, “Service-Oriented Cloud Computing Architecture”, - Information Technology: New Generations (ITNG), 2010 Seventh International Conference on 12-14 April, 2010, Las Vegas, NV. - p. 684 – 689.
2. Mykhailo Klymash, Mykola Beshley, Orest Lavriv. Model of network resources management on the basis of services priorities association. Proceedings of international conference CADSM'2013. Polyana-Svalyava. – 2013. p. 172-173.

**Задача оптимального розміщення сенсорів в області моніторингу.
ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СЕНСОРНОЇ ТЕХНІКИ**

Лисенко О.І.¹, Нікулін О.Ф.², Чумаченко С.М.², Валуйський С.В.^{1,2}

¹*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»*

²*Український науково-дослідний інститут цивільного захисту*

E-mail: samubf@gmail.com

**Technologies for environmental monitoring
using intellectual sensor techniques**

The article discusses new technologies for environmental monitoring and risk assessment in the area of surveillance of potentially dangerous objects using the intellectual sensor techniques. We also consider the problem of optimal placement of sensors in the surveillance zone.

Як показують події останніх років практично вся територія України є зоною певного ризику з точки зору виникнення надзвичайних ситуацій природного (інтенсивні снігопади, повені та зсуви в Закарпатті, Волині, степові і лісові пожежі на півдні України та в Криму) та техногенного (аварії газо- та нафтотранспортних мереж, події в акваторії Чорного та Азовського морів, Керченської протоки тощо) походження. Отже актуальним питанням є розробка нових інформаційно-телекомунікаційних технологій, що дозволять дистанційно та оперативно здійснювати екологічний моніторинг заданого регіону та оцінювати ризик виникнення надзвичайної ситуації. Це можливо за рахунок розробки нової інтелектуальної сенсорної техніки та методів організації безпроводових сенсорних мереж (БСМ) для збору і передачі інформації в аналітичні центри ДСНС України для подальшої обробки і прийняття рішень. Колективом авторів у попередніх роботах було започатковано методологію створення сенсорної телекомунікаційної системи оперативного моніторингу в зоні надзвичайних ситуацій із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1-3]. У рамках подальшого розвитку методології розроблено нові технології екологічного моніторингу та оцінки ризиків в зоні спостереження атомних електростанцій та морських акваторій із використанням інтелектуальної сенсорної техніки. Дана стаття розглядає одну з технологій, а також задачу оптимального розміщення сенсорів в зоні спостереження.

Технологія екологічного моніторингу та оцінки ризиків в зоні спостереження потенційно-небезпечних об'єктів. Технологія екологічного моніторингу та оцінки ризиків у зоні спостереження потенційно-небезпечних об'єктів із застосуванням інтелектуальної сенсорної техніки (рис.1) являє собою сукупність технічних рішень побудови безпроводових сенсорних мереж (наприклад, стандарту ZigBee) з використанням моніторингово-

сигнальних датчиків, безпілотних літальних апаратів і геоінформаційних технологій.

Технологічний продукт дозволяє вирішувати такі важливі проблеми, як дистанційний 3D моніторинг зони спостереження, оцінка ризиків впливу потенційно-небезпечних об'єктів на здоров'я людей, які проживають у зоні спостереження, забезпечення інформаційно-телекомунікаційних послуг в районах із зруйнованою або відсутньою інфраструктурою.

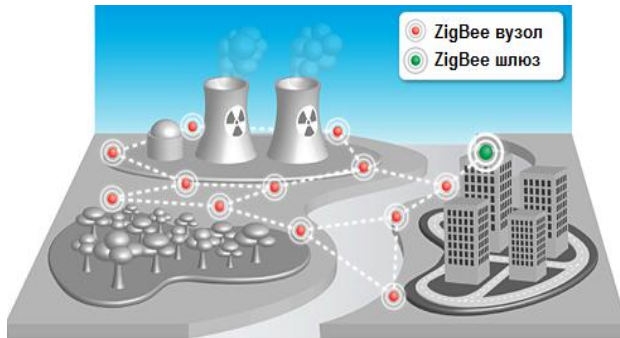


Рис.1. Розміщення сенсорної техніки в зоні спостереження АЕС



Рис.2. Комплектація сенсорного пристрою

Ідея технологічного продукту полягає в інтеграції сучасної інтелектуальної сенсорної техніки (датчики моніторингу радіації, хімічних забруднень і параметрів навколишнього середовища, безпілотні літальні апарати), з сучасними інформаційно-телекомунікаційними технологіями (безпроводові сенсорні мережі, геоінформаційні системи та ін.). Моніторингові датчики повітряного, наземного і водного базування через мережу радіозв'язку забезпечують оперативний дистанційний моніторинг зони спостереження потенційно-небезпечних об'єктів, а геоінформаційні технології забезпечують візуалізацію і 3D географічну прив'язку отриманої інформації до конкретного потенційно-небезпечному об'єкту.

Типовий сенсорний пристрій може містити такі елементи (рис.2): обчислювальна платформа (наприклад, Arduino, Waspote, Raspberry Pi тощо), платформа датчика радіації з трубкою Гейгера, радіо модуль ZigBee, GPS модуль, GPRS модуль, літієва акумуляторна батарея. Пристрій працює циклічно: більшу частину часу він «спить», щоб економити заряд батареї, а через певні проміжки прокидається і протягом 1 хвилини зчитує імпульси, що генеруються трубкою Гейгера. Потім порівнює отриманні значення із заданими порогоми безпеки. Якщо значення не перевищують поріг, вони передаються за допомогою радіо інтерфейсу ZigBee через мережу ретрансляторів до шлюзу і зберігаються в базі даних в Інтернеті. Якщо значення перевищують визначений поріг безпеки, то як і через мережу ZigBee вони також передається безпосередньо до служби безпеки за допомогою SMS повідомлення, використовуючи GPRS інтерфейс, або надсилаються в Інтернет через TCP/IP сокет. Окрім значення, отриманого з лічильника Гейгера, пристрій додає також інформацію про GPS координати (широта, довгота, висота), щоб визначити точне місце розташування джерела випромінювання та забезпечити 3D візуалізацію в ГІС.

Задача оптимального розміщення сенсорів в області моніторингу. Однією з головних задач при організації безпроводової сенсорної мережі для дистанційного збору інформації є задача пошуку оптимальної топології мережі, яка декомпонується на дві часткові задачі – пошук оптимального розміщення сенсорів для повного покриття області моніторингу та пошук оптимального розміщення множини ретрансляторів для організації зв'язаної мережі із заданими характеристиками передачі інформації (пропускна здатність, затримка тощо). В роботі [3] розглядалася задача синтезу оптимальної топології ретрансляторів за критерієм максимуму пропускної здатності, в даній роботі розглянемо задачу оптимального розміщення сенсорів в області моніторингу.

Зона моніторингу сенсора (дальність детектування) зазвичай представляється у вигляді кола радіусу r з центром в місці розташування сенсора. Тоді задачу можна сформулювати наступним чином: необхідно розмістити мінімальну кількість сенсорів, що забезпечують моніторинг (покриття) всієї області потенційно-небезпечного об'єкту. Зазвичай зона моніторингу має довільну форму, яку можна легко апроксимувати багатозв'язним ортогональним багатокутником.

Задача покриття багатокутника легко зводиться до більш простої проблеми покриття прямокутної області з перешкодами (ПП) (рис.3). Вихідний багатокутник позначимо через P , обмежену прямокутником область – A . Доповнення AP будемо трактувати як безліч фіктивних перешкод. Далі будемо працювати з ПП. Задані і фіктивні перешкоди на малюнку заштриховані.

На площині введемо систему координат (OX , OY) таким чином, щоб осі координат збігалися з нижньої і лівої сторонами покривається прямокутної області A . Вихідна інформація задачі може бути представлена наступним набором даних: $\{W, L, Z, r\}$, де W і L – ширина і довжина прямокутника, що покривається; Z – перешкоди, що задані множиною прямокутників $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$, де m – кількість прямокутників перешкод. Сторони прямокутників з Z паралельні осям координат. $Z_i = \{z_x^i, z_v^i, z_l^i, z_w^i\}$ – прямокутник, що моделює перешкоду, де $i = \overline{1, m}$, (z_x^i, z_v^i) – координати нижнього лівого кута прямокутника Z_i ; (z_l^i, z_w^i) – довжина і ширина прямокутника Z_i . Багатокутник $A \setminus Z$ потрібно покрити мінімальною кількістю N рівних кіл радіусу r .

Розв'язок задачі можуть бути представлені у вигляді набору даних: $R = \{N, X, Y\}$, де N – кількість кіл, що покривають, у розв'язку; $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_N\}$ – вектори координат центрів кіл. Розв'язок R є допустимим покриттям, якщо виконуються наступні умови Ω :

- 1) Кола знаходяться усередині прямокутника A :

$$x_i \geq 0; y_i \geq 0; x_i \leq L; y_i \leq W \quad \forall i = \overline{1, N}.$$
- 2) Центри кіл не лежать всередині перешкод:
 виконується хоча б одна з нерівностей: $(x_i - z_x^i)(x_i - z_x^i - z_l^i) \geq 0$ або $(y_i - z_v^i)(y_i - z_v^i - z_w^i) \geq 0 \quad \forall i = \overline{1, m}, j = \overline{1, N}.$
- 3) Покрита вся область $A \setminus Z$: якщо (p_x, p_y) – довільна точка на області

ΔZ , то $\exists j: (p_x - x_i)^2 + (p_y - y_i)^2 \leq r^2$.

Допустимий розв'язок R є оптимальним, якщо число N кіл покриття мінімальне, тобто $R_{opt} = \arg \min_{x,y \in \Omega} N$.

Приклад покриття наведено на рис. 4. Перешкоди на рисунку зображені темним кольором.

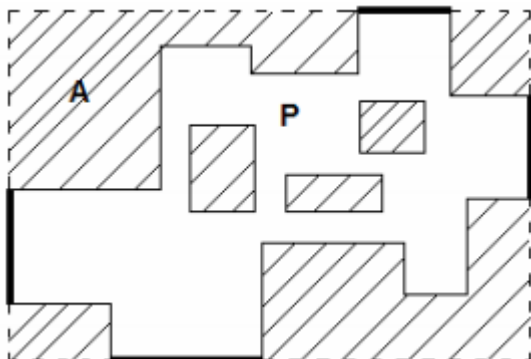


Рис.3. Зона моніторингу у вигляді багатокутника

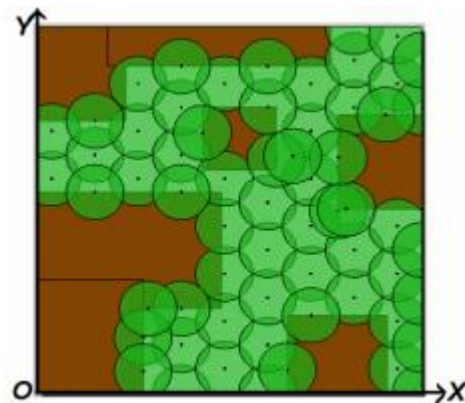


Рис.4. Покриття багатокутника кругами

Розв'язком подібних задач займалися такі вчені, як Л.Ф. Тот, С.Н. Астраков, Э.А. Мухачева, В.Ю. Кузнецов та ін. Узагальнюючи їх досвід можна виділити наступні основні евристичні підходи: блочна евристика покриття, гексагональна евристика покриття, псевдо гексагональна евристика покриття, еволюційна мета евристика та ін. Результати експериментів показали, що всі запропоновані алгоритми можуть застосовуватися при вирішенні задачі оптимального розміщення сенсорів в області моніторингу, вибір конкретного алгоритму диктується конкретними вимогами до задачі. Отримане рішення R_{opt} є вихідними даними для алгоритмів розміщення ретрансляторів [3].

Література

1. Lysenko O.I., Valuiskyi S.V. Capacity increasing of sensor telecommunication networks / O.I. Lysenko, S.V. Valuiskyi // Telecommunication Sciences. – 2012. – vol. 3. – № 1. – P. 5–11.
2. Лисенко О.І. Сенсорна телекомунікаційна система оперативного моніторингу в зоні надзвичайних ситуацій техногенного характеру / О.І.Лисенко, С.М. Чумаченко, П.І. Кірчу, С.В. Валуйський // Проблеми телекомунікацій : 7-а Міжнар. наук.-техн. конф., 16-19 квіт. 2013р. : матеріали конф. – К., 2013. – С. 37–39.
3. Лысенко А.И., Валуйский С.В., Романюк А.В. Синтез рациональной топологии сенсорной радиосети // Матеріали 22-ї міжнародної Кримської конференції (КрыМиКо '2013) «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» . – 2013. – Т.1. – с. 269 – 270.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ ПУТЁМ СУБПИКСЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Попов М.А.¹, Станкевич С.А.¹, Лубский Н.С.¹, Шкляр С.В.¹,
Подорван В.Н.¹, Добровольская К.В.², Тягур В.М.²**

¹ - *Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины*
E-mail: st@casre.kiev.ua

² - *Казённое предприятие специального приборостроения “Арсенал” ГКА*
Украины
E-mail: tyagurvm@ukr.net

Spatial resolution enhancement by subpixel image processing

Hardware and software solutions for electro-optic imaging superresolution using subpixel image acquisition and processing are described. Interlaced image restoration provides the actual spatial resolution enhancement up to dummy one at an average.

Обеспечиваемое пространственное разрешение является наиболее важной характеристикой изображений и определяет их возможности при решении различных практических задач. Основным инструментом получения изображений в современных условиях выступают многоэлементные (линейковые или матричные) фотоприёмные устройства (ФПУ). При заданном поле обзора оптико-электронной съёмочной аппаратуры достижение более высокого пространственного разрешения требует увеличения количества фотоприёмных элементов (фотодетекторов) ФПУ. Это приводит к существенному утяжелению съёмочной аппаратуры и стремительно прогрессирующему росту её стоимости. К тому же возможности увеличения количества фотодетекторов многоэлементного ФПУ жёстко привязаны к достигнутому уровню микроминиатюризации полупроводникового производства.

Для преодоления этих ограничений может использоваться субпиксельная регистрация изображений – последовательное получение изображений одной и той же сцены, смещённых одно относительно другого на дробную часть геометрического размера пиксела (рис. 1). Для вычисления значений изображения в дискретных частях пиксела (субпикселах) применяется специальная обработка последовательности исходных изображений. Субпиксельная регистрация изображений значительно смягчает требования к количеству фотодетекторов многоэлементного ФПУ за счёт увеличения времени регистрации и определённого усложнения конструкции съёмочной аппаратуры. В качестве критического показателя процесса выступает время формирования кадра изображения, ограниченное, с одной стороны, требованием неразрывности получаемых изображений, а с другой стороны – предельной частотой экспонирования и считывания кадров ФПУ.

Процедура повышения пространственного разрешения изображений включает следующие этапы: оценка субпиксельного смещения исходных изображений низкого разрешения; объединение изображений низкого разрешения в общее пересемплированное изображение; восстановление результирующего изображения

повышенного разрешения путём специальной обработки пересемплированного изображения.

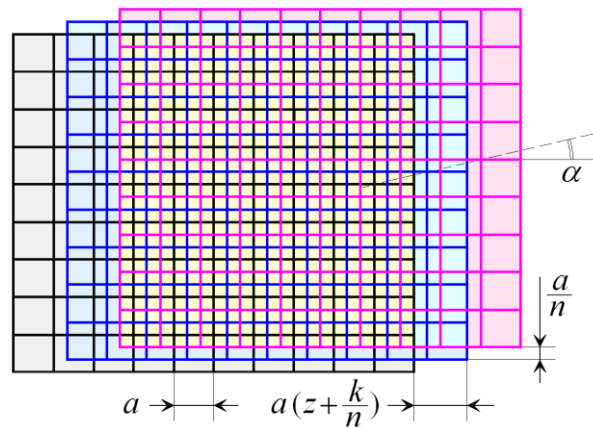


Рис. 1 Субпиксельная регистрация изображений

В общем случае для n субпиксельно взаимосмещённых кадров коэффициент смещения составляет $a(z + \frac{k}{n})$ пикселей, где $z \geq 0$ – целое число, количество “пропущенных” строк, $0 < k < n$ – целое число, количество кадров вдоль одной оси. Для формирования равномерной общей субпиксельной сетки при чётном n значение k должно быть нечётным. Угол смещения изображения повышенного разрешения относительно осей ФПУ будет $\alpha = \arctg \frac{1}{(zn+k)}$ [1].

Для восстановления изображения повышенного разрешения из набора субпиксельно смещённых кадров применена гауссовская регуляризация с обработкой в скользящем окне. Для оценки автоковариационной матрицы целевого изображения используется пересемплированное изображение, а для оценки автоковариационной матрицы ошибок – специально сформированное шумовое изображение. Для обеспечения точного восстановления также учитываются точные значения субпиксельных сдвигов по осям между входными изображениями.

Значения субпикселей восстанавливаются применением регуляризированного обращённого оператора B в окне:

$$x = B(y - \mu_y) + \mu_x, \quad (1)$$

где x – восстановленное изображение повышенного разрешения (вектор, состоящий из интенсивностей всех пикселей в окне); y – пересемплированное изображение, развёрнутое в общий вектор пикселей исходных изображений низкого разрешения в окне; μ_x , μ_y – средние уровни интенсивностей соответствующих изображений.

Матрица регуляризированного обращённого оператора вычисляется по формуле

$$B = \Sigma_x A^T (A \Sigma_x A^T + \Sigma_e)^{-1}, \quad (2)$$

где Σ_x – автоковариационная функция стационарного случайного поля, которым описывается изображение x ; Σ_e – автоковариационная функция стационарного случайного поля, которым описываются погрешности наблюдения (шумы) изображения низкого разрешения; A – матрица линейного оператора, преобразующего изображение повышенного разрешения x в исходные изображения низкого разрешения; $Ax = y + e$, e – вектор шумов.

Описанный алгоритм субпиксельной обработки изображений реализован в Научном центре аэрокосмических исследований Земли НАН Украины в форме

специального программного обеспечения с многооконным графическим интерфейсом (рис. 2). В качестве входных данных вводятся числовые значения интенсивностей изображений низкого разрешения и шума. Результат обработки – восстановленное изображение повышенного разрешения – выводится и хранится в четырехбайтовом бинарном формате с плавающей запятой [2].

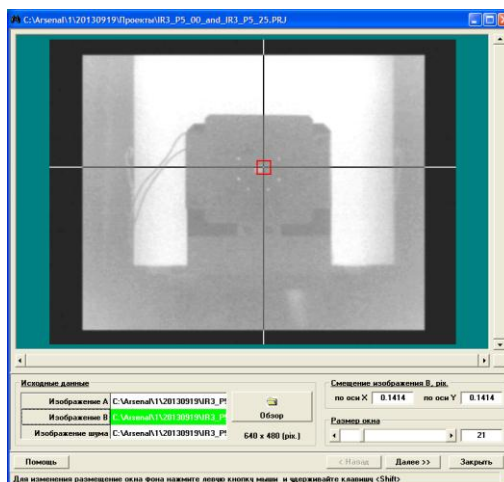


Рис.2. Интерфейс программного обеспечения субпиксельной обработки изображений

Для моделирования субпиксельной регистрации инфракрасных (ИК) изображений специалистами КП СПС “Арсенал” создан специализированный измерительный стенд (рис. 3), позволяющий при помощи микролометрического ФПУ с размером фотодетектора 25 мкм формировать серии тестовых ИК изображений, субпиксельно смещённых друг относительно друга с точностью 1 мкм [3].



Рис. 3 – Специализированный измерительный стенд

(1 – устройство формирования ИК изображений, 2 – зеркальный коллиматор, 3 – ИК объектив, 4 – блок ФПУ, 5 – электронный блок субпиксельной регистрации изображений, 6 – персональный компьютер, 7 – монитор, 8 – регулирующий столик прецизионных субпиксельных смещений по осям)

Наличие измерительного стенда позволило выполнить экспериментальное оценивание повышения фактического пространственного разрешения за счёт субпиксельной обработки с использованием описанного программного обеспечения. С учётом стохастического характера воспроизведения ИК

изображений, а также шумов приёмного оптико-электронного тракта для оценки пространственного разрешения d тестовых цифровых изображений применён известный метод статистического обнаружения детерминированного сигнала на фоне аддитивной гауссовской помехи [4]:

$$d \cong \frac{2a\sigma_{\theta}}{\Delta\bar{x}} \Phi^{-1}(1-\varepsilon_{\text{ш}}) , \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{ш}}$ – среднеквадратическое отклонение сигнала в изображении шпалы мира, $\Delta\bar{x}$ – разница средних радиометрических сигналов в изображениях шпал и промежутков мира, $\varepsilon_{\text{ш}}$ – допустимая вероятность ошибки обнаружения.

Статистическая оценка пространственного разрешения выполнялась для нескольких десятков наборов субпиксельно смещённых тестовых ИК изображений, полученных на измерительном стенде при разных значениях субпиксельного смещения и разных температурных контрастах мир. Определенно в среднем двукратное повышение фактического пространственного разрешения восстановленных изображений, что практически соответствует формальному повышению в результате пересемплирования.

Предложенные аппаратные и программные решения субпиксельной регистрации и обработки цифровых изображений для повышения их пространственного разрешения могут быть востребованы при разработке оптико-электронной съёмочной аппаратуры различного назначения.

Литература

1. Stankevich S.A. Satellite imagery resolution enhancement using subpixel frames acquisition / S.A. Stankevich, S.V. Shklyar, V.M. Tyagur // Journal of Information, Control and Management Systems.– 2013.– Vol. 11.– No. 2.– P. 135-144.
2. Станкевич С.А. Інструментарій оцінювання еквівалентної просторової розрізненості багато- та гіперспектральних цифрових аерокосмічних знімків / С.А. Станкевич, О.В. Шолонік // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації.– Вип. 3(10).– Київ: ДНДІА, 2007.– С. 165-171.
3. Попов М.О. Мікроболометрична матрична камера дальнього інфрачервоного діапазону для космічної зйомки / М.О. Попов, М.І. Лихоліт, С.А. Станкевич, В.М. Тягур, О.В. Титаренко // Тези доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”.– Київ: НТУУ “КПІ”, 2012.– С. 68-69.
4. Станкевич С.А. Імовірісно-частотна оцінка еквівалентної просторової розрізненості багатоспектральних аерокосмічних знімків / С.А. Станкевич // Космічна наука і технологія.– 2006.– Т. 12.– № 2/3.– С. 79-82.

Благодарности

Данное исследование стало возможным благодаря поддержке Национальной академии наук Украины (постановление президиума НАН Украины № 133, проект № 10) и Государственного космического агентства Украины (контракт № 1/НПТК-5-7513).

УПРАВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИМИ ИМПУЛЬСАМИ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРОВ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МИКРОРЕЗОНАТОРАХ

Трубин А.А.

Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»

E-mail: atrubin@ukrpost.net

Direction of Optical Pulses with the help of Filters on Dielectric Micro-resonators

Ability of manipulation of the pulses with various carrier frequencies, time consecution and chirps are showed. Separation of the indistinguishable pulses by means of their transformation in to observable on amplitudes or in the time as a consequence of their scattering on the dielectric micro-resonator's filters were determined. It's showed a possibility of compression of the chirped pulses.

В настоящее время для управления формой, пространственными и временными координатами оптических импульсов применяется разнообразные оптические элементы: дифракционные решетки, призмы, дисперсные среды, неоднородные волноводы [1]. Фильтры на диэлектрических микрорезонаторах также можно использовать для изменения формы оптических импульсов [2, 3]. Целью настоящего сообщения является анализ возможности управления различными параметрами оптических импульсов при их рассеянии на системах полосовых и режекторных фильтров, выполненных на основе диэлектрических микрорезонаторов с колебаниями шепчущей галереи. В отличие от традиционных элементов, подобные фильтры хорошо вписываются в известные технологии производства интегральных оптических схем.

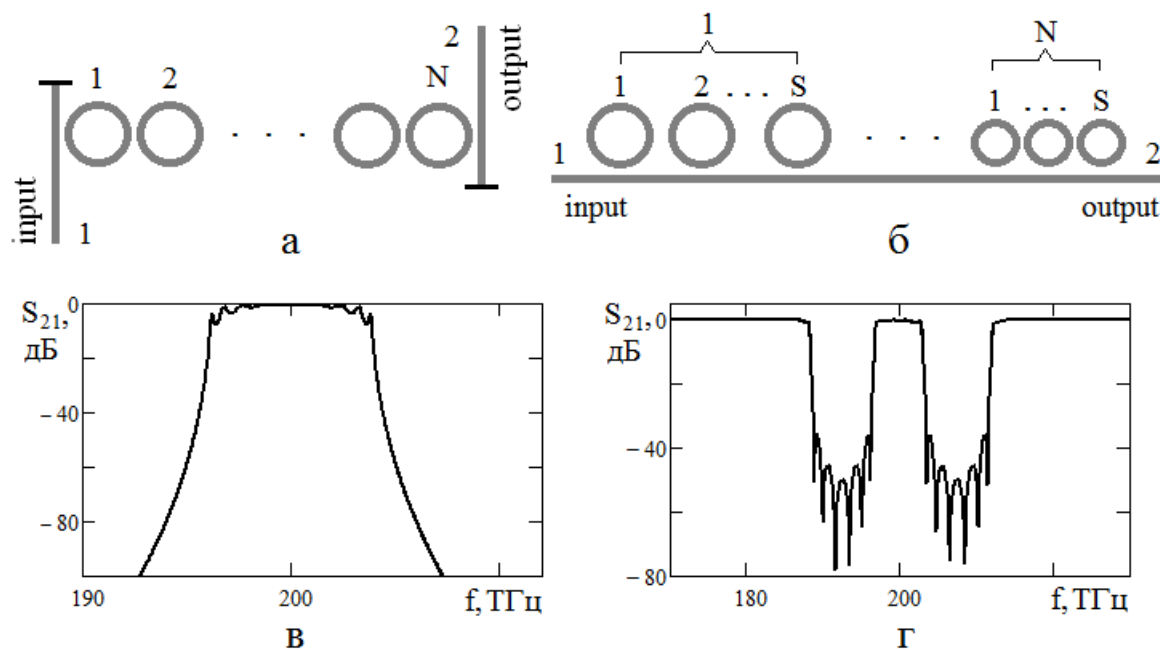


Рис. 1 А - полосовой фильтр на диэлектрических микрорезонаторах с колебаниями шепчущей галереи. Б - режекторные фильтры на микрорезонаторах, последовательно установленные в оптической линии. Частотные зависимости

модулей матрицы передачи полосового фильтра (в); двух режекторных фильтров (г), выполненных на 10 микрорезонаторах.

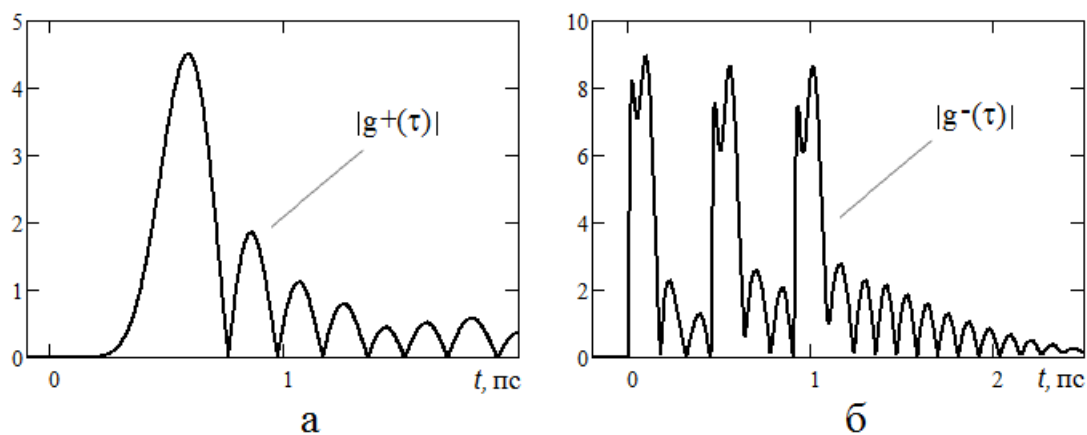


Рис. 2 Модуль временной функции Грина для проходящих волн полосового оптического фильтра (а); отраженных в направлении источника волн от трех режекторных фильтров (б).

Исследованы частотные характеристики S -матрицы нескольких оптических режекторных фильтров (рис. 1, б, г), последовательно размещенных в линии передачи.

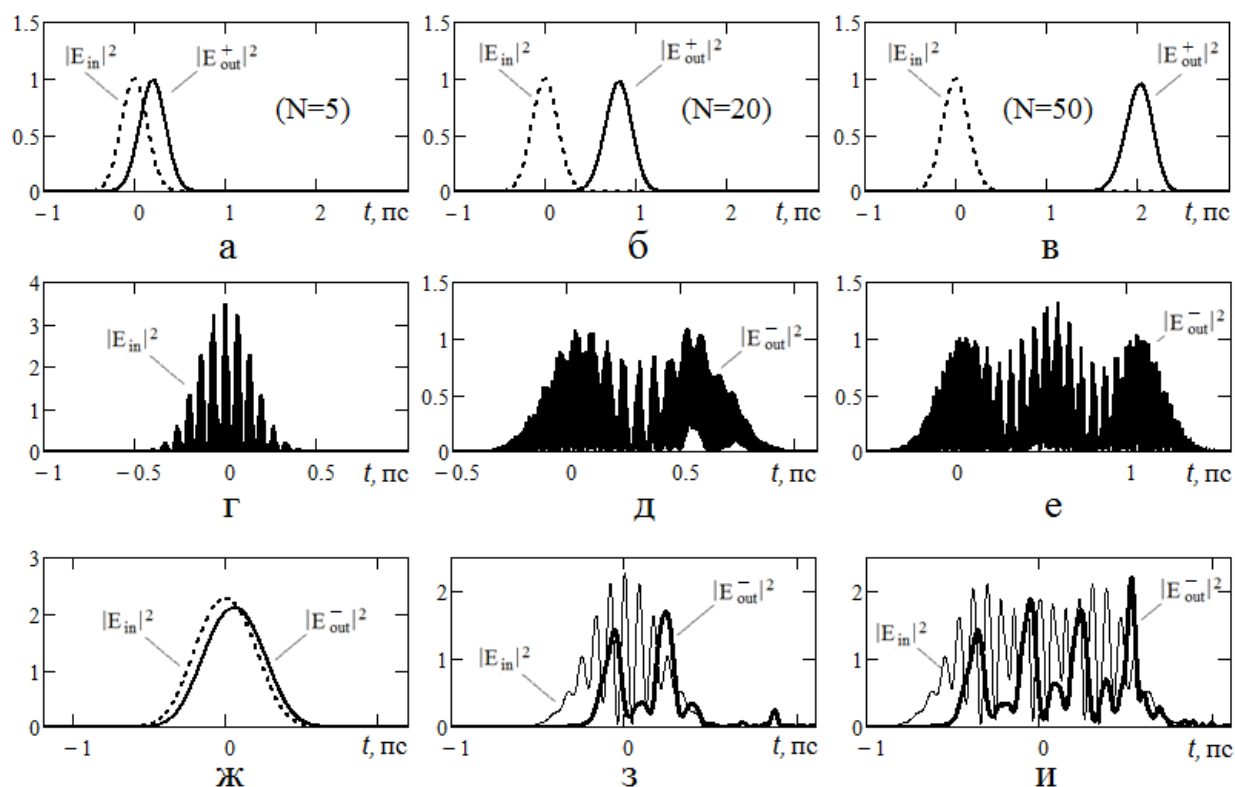


Рис. 3 Огибающие гауссовского импульса ($\sigma=0,2$), прошедшего полосовой фильтр, выполненный на 5 (а); 20 (б); 50 (в) микрорезонаторах. Результат рассеяния на двух режекторных фильтрах двух гауссовских импульсов (д), первоначально совпадающих во времени (г). Результат рассеяния 3 совпадающих по времени гауссовских импульсов с разными несущими на 3 режекторных фильтрах (е). Результат рассеяния двух гауссовских импульсов на паре режекторных

фильтров (ж). Результат рассеяния двух (з); четырех (и) chirпированных гаусовских импульсов на двух режекторных фильтрах.

Найдены и изучены свойства временных функций Грина для полосовых режекторных фильтров (рис. 2).

Рассмотрены условия формирования сверхкоротких оптических импульсов; исследованы формы их огибающих; решена задача управления пространственно-временными координатами, определены условия разделения неразличимых импульсов.

Исследована задержка импульсов в полосовых фильтрах с различным числом резонаторов (рис. 1, а, в; рис. 2, а - в).

Рассмотрена задача рассеяния оптических импульсов на нескольких режекторных фильтрах, располагаемых последовательно в интегральной оптической линии передачи (рис. 1, б, г). Здесь $E_{in}(t)$ огибающая электрического поля падающего импульса, а $E_{out}^+(t)$ и $E_{out}^-(t)$ - огибающие рассеянных импульсов в направлении нагрузки и источника излучения, соответственно.

Решена задача разделения неразличимых оптических импульсов. Показано, что неразличимые оптические импульсы можно разделять во времени, рассеивая их на структурах оптимально настроенных режекторных фильтров.

На рис. 3, г приведен пример интерференции двух неразличимых импульсов с разными несущими. Показано, что рассеяние такого импульса на пространственно разнесенных режекторных фильтрах может приводить к их временному разделению (рис. 3, д). Установлено, что аналогичным способом можно разделить и большее число импульсов. На рис. 3, е приведен результат разделения трех неразличимых импульсов с помощью рассеяния на трех режекторных фильтрах, последовательно расположенных в линии.

Установлено, что chirпированные оптические импульсы могут быть разделены при одновременном уменьшении их длительности. Для сравнения на рис. 3, ж приведены огибающие не chirпированных гаусовских импульсов, отраженных от двух режекторных фильтров. Показано, что отражение неразличимых chirпированных импульсов от нескольких специальным образом подобранных режекторных фильтров приводит к их отчетливому отделению друг от друга (рис. 3, з, и).

Проведенное моделирование показало, что системы, состоящие из полосовых и режекторных фильтров на микрорезонаторах обладают рядом полезных свойств, которые в будущем можно использовать для обработки сигналов, применяемых в оптических системах связи. Несомненно, что последующая оптимизация параметров этих фильтров приведет к дальнейшему расширению их возможностей по управлению оптическими сигналами при создании полностью оптических интегральных устройств.

Литература

1. Weiner A. M. Femtosecond Optical Pulse Shaping and Processing // Prog. Quant. Electr. – 1995 – pp. 161–237.
2. Власенко А.А., Трубин А.А. Анализ изменения формы импульсов при их передаче через полосовые фильтры оптических систем связи. Электроника и связь. 2012, №2(67), с. 51 - 56.
3. Trubin A. A. Scattering of infrared optical pulses on the band-stop filters on ring dielectric micro-resonators. Electronics and Communications. 2013, №1(72), pp. 26 - 31.

УРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА – ОСНОВА МЕТОДА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РАДИОКАНАЛА БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА К МОБИЛЬНЫМ АБОНЕНТАМ НА АВТОБАНЕ

Волков С.Э., Дитяшев В.А., Сундучков К.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: k.sunduchkov@gmail.com

Equalization of power balance of radio channel of off-wire access to the mobile subscribers

The flow diagram (architecture) of distributing network is developed in the millimetric range of lengths of waves. Equalization of power balance of radio channel is shown out for such network, which is basis of method of calculation of parameters of radio channel.

Введение. Авторами в 2008 году в работе [1] предложены концептуальные подходы к построению интерактивной гетерогенной телекоммуникационной системы (ИТГС) с беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне, предоставляющей мультимедийные услуги 4G мобильным абонентам, движущимся со скоростью до 200 км/час по автомобильной трассе.

Мобильный терминал (МТ) абонента содержит два комплекта оборудования. Один для приема мультимедийных услуг по высокоскоростному каналу в миллиметровом диапазоне частот с одной либо с несколькими антеннами. Второй комплект оборудования предназначен для организации запросного канала и выполнения ряда интерактивных функций.

В ближайшем будущем необходимо будет обеспечить доставку сигналов услуг 4G мобильным терминалам, движущимся со скоростью 300 км/ч по трассе автобана, причем общее количество мобильных терминалов на трассе может оказаться несколько тысяч, а пропускная способность для каждого из них должна быть равна 3-12 Мб/с.

В ближайшем будущем необходимо будет обеспечить доставку сигналов услуг 4G мобильным терминалам, движущимся со скоростью 300 км/ч по трассе автобана, причем общее количество мобильных терминалов на трассе может оказаться несколько тысяч.

Для передачи совокупного сигнала с рабочей полосой частот равной 4 ГГц применяется двухлучевая волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС), по которой распространяются два синхронизированных по частоте луча, разница частот которых находится в миллиметровом диапазоне. Один луч модулирован сигналами услуг, второй представляет собой опорный гетеродинный сигнал для получения в фотоприёмнике БС радиосигнала с несущей частотой в миллиметровом диапазоне. Такая двухлучевая волоконно-оптическая распределительная сеть позволяет исключить из состава БС достаточно дорогой гетеродинный генератор.

Таким образом, распределительная сеть с полосой рабочих частот более 4 ГГц состоит из двух участков:

- участок двухлучевой волоконно-оптической линии;
- участок беспроводного доступа к мобильным терминалам на автобане.

На рис.1 представлены – коммутационный центр, участок двухлучевой

волоконно- оптической распределительной сети, базовые станции, участок беспроводного доступа к мобильным терминалам на автобане, трасса с мобильными терминалами.

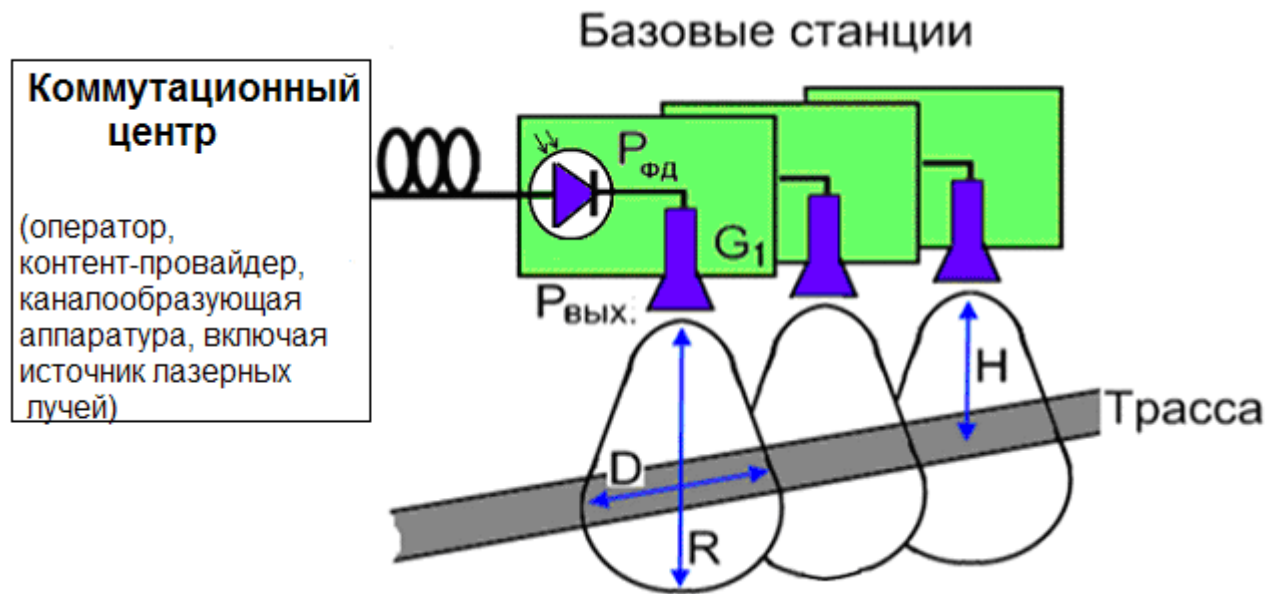


Рис.1. $P_{ФД}$, $P_{вых}$ - мощность на выходе фотодиода и антенны БС соответственно

Предлагается удешевить БС за счёт перераспределения выполняемых функций БС с коммутационным центром. Если в БС оставить всего две функции: выделение и излучение радиосигнала миллиметрового диапазона, то в составе её останется фотодиод и излучающая двухрупорная антенна миллиметрового диапазона. Это снижает стоимость БС, по сравнению с традиционной, на 2-3 порядка.

Из обзора литературы следует, что лучшим результатом в мобильной связи (КНР, технология «TD-LTE») является емкость сети до 200 абонентов, движущихся со скоростью 350 км/час, скорость передачи данных равная 100 кБ/с для каждого абонента[2]. Основным недостатком таких сетей является традиционное техническое решение установления связи абонентов с базовой станцией с помощью процедуры хэндовера.

Основная часть. Для расчета параметров радиоканала участка беспроводного доступа авторами предложено уравнение энергетического баланса радиоканала [3]:

$$\left(\frac{P_{\Sigma нас.}^{ФД}}{2}\right) \cdot K^{ПР.ФД} \cdot K^{A1} \cdot K^D \cdot K_{осн} \cdot K_{Доп} \cdot K^{A2} = 2 \cdot A \cdot k \cdot T_{ш.вх}^{\Sigma л.тр.} \cdot \Delta f_{ш} \quad (1)$$

Элементы уравнения отражают специфику радиоканала, где: $P_{\Sigma нас.}^{ФД}$ - мощность насыщения фотодиода; $K^{ПР.ФД}$ - коэффициент преобразования на фотодиоде двух оптических лучей в сигнал радиочастоты в миллиметровом диапазоне; K^{A1} и K^{A2} - коэффициенты усиления антенны базовой станции (БС) и мобильного терминала на частоте миллиметрового диапазона; K^D - коэффициент деления мощности сигнала в каналы двухрупорной антенны; $K_{осн}$ и $K_{Доп}$ - коэффициент передачи сигнала на трассе; A - требуемое отношение $P_{с}/P_{ш}$ на входе приемника-декодера; k - постоянная Больцмана; $T_{ш.вх}^{\Sigma л.тр.}$ - суммарная эквивалентная шумовая температура в

плоскости стыковки выхода антенны A_2 и входа линейного тракта; $\Delta f_{ш}$ - полоса частот шума, ограниченная фильтром в аналоговой части приемника-декодера перед АЦП.

Первый член уравнения содержит в знаменателе коэффициент 2, т.к. на входе ФД два луча лазера, а сигнал содержится только в одном. Второй луч представляет собой гетеродинный сигнал для преобразования в ФД.

Первый сомножитель в правой части уравнения отражает тот факт, что антенна МТ на трассе автобана находится в точке половинной мощности сигнала на диаграмме направленности антенны БС.

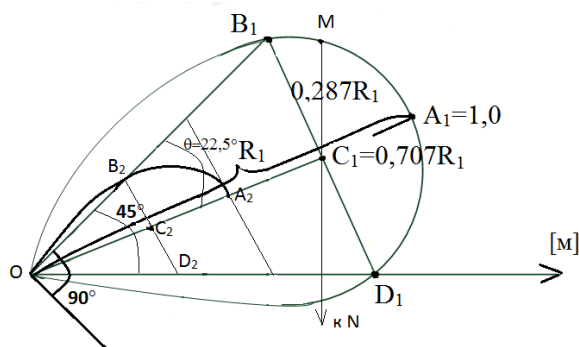


Рисунок 1. Диаграмма направленности двухрупорной антенны БС (90° - угол раскрытия двухрупорной антенны; OA_1 – ось диаграммы направленности однорупорной антенны), ось трассы автобана покрываемой одной двухрупорной антенной обозначена MN.

Определим величину R_1 из выражения (1) при следующих значениях коэффициентов:

$f=30\text{ ГГц}$; $P_{\Sigma\text{нас}}^{\text{ФД}}=130\cdot 10^{-3}[\text{Вт}]$; $K^{\text{ПР.ФД}}=10^{-1}$; $K^{A1}=60[\text{раз}]$; $K^{A2}=60[\text{раз}]$; $K^D=5\cdot 10^{-1}$; $K_{\text{доп}|500\text{м}}=0,84[\text{раз}]$ - коэффициент передачи радиоканала длиной 500м; отношение $P_c/P_{ш}=A=10$; $T_{ш.вх}^{\Sigma\text{л.мр.}}=500[\text{к}]$; $\Delta f_{ш}=300\cdot 10^6[\text{Гц}]$; $R_1=378,8[\text{м}]$; $B_1D_1=0,5856\cdot R_1=227[\text{м}]$; $MN=0,9\cdot 2\cdot B_1D_1=408,6[\text{м}]$.

Проследим зависимость R_1 от отношения $P_c/P_{ш}$ ($P_c/P_{ш}=A$) в аналоговой части приемника-декодера мобильного терминала перед АЦП и от полосы шума $\Delta f_{ш}$ в этой же точке приемника МТ. В таблице 1 приведены расчетные данные величины R_1 в метрах при изменении A и $\Delta f_{ш}$ в соответствии с выражением (2).

Таблица 1. Зависимость R_1 [м] от A и $\Delta f_{ш}$

$f=30\text{ ГГц}$	$A=10[\text{раз}]$ (10дБ)	$A=40[\text{раз}]$ (16дБ)	$A=80[\text{раз}]$ (19дБ)
$\Delta f_{ш}=300\text{ МГц}$	387,81 [м]	194,22 [м]	137,07[м]
$\Delta f_{ш}=200\text{ МГц}$	479,97 [м]	237,44 [м]	167,87 [м]
$\Delta f_{ш}=100\text{ МГц}$	671,75 [м]	335,83 [м]	237,49 [м]

На рисунке 2 приведены кривые зависимости покрытия автобана одной БС работающей в диапазоне частот 30ГГц от величины требуемого отношения мощности (A) для обеспечения гарантированной вероятности битовой ошибки приемником-декодером МТ и от величины полосы частот шумов $\Delta f_{ш}$ в аналоговой части приемника-декодера МТ перед АЦП.

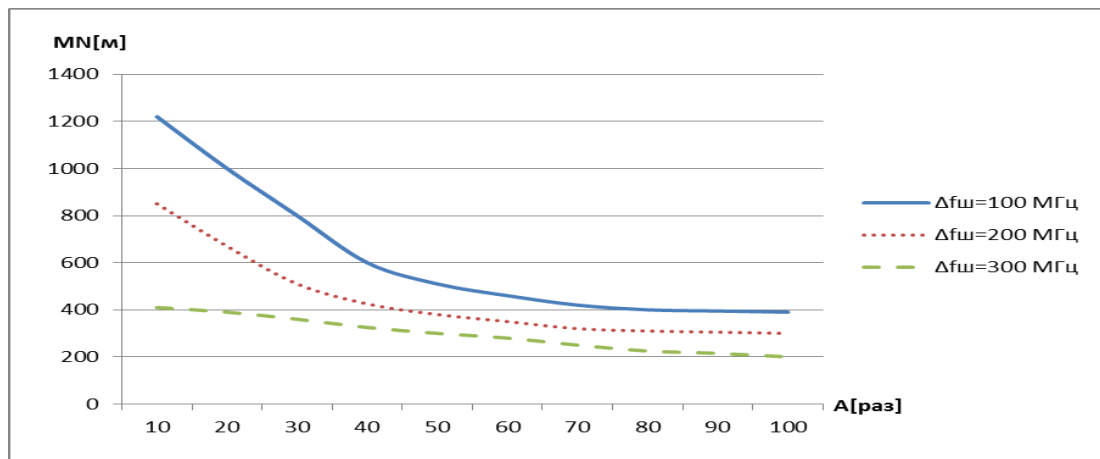


Рис.2. Зависимость величины покрытия трассы автобана (MN в метрах) одной базовой станцией от требуемого отношения $P/P_{ш}=A$, при котором приемник – декодер гарантирует приведенную в паспорте приемника $P_{в.б.о.}$ - вероятность битовой ошибки

Выводы. Предложено уравнение энергетического баланса радиоканала беспроводного доступа к мобильным абонентам. Приведены примеры расчета параметров радиоканала с помощью указанного выше уравнения энергетического баланса радиоканала таких как R_1 - максимальное расстояние от БС на котором выполняется уравнение энергетического баланса и MN [м] – величина покрытия трассы автобана одной БС.

Литература

1. М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, С.Э. Волков, И.К. Сундучков, М.А. Кузява, А.К. Сундучков. Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система 4G с беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентам // “Зв’язок”, №7-8, 2008, стр. 28-32.
2. <http://www.telecoms.com/54943/> China Mobile brings TD-LTE to high-speed trains.
3. Сундучков К.С., Голик А.Л., Волков С.Э., Ящук А.С., Сундучков И.К. «Метод расчета параметров радиоканала беспроводного доступа к мобильным терминалам в миллиметровом диапазоне»// ж. «Известия ВУЗов. Радиоэлектроника», 2014г., №4, том 56.

ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Дудченко А.В.

Алкатель-Лусент Украина

E-mail: olena.lobunets@alcatel-lucent.com

Облачные вычисления - это модель обеспечения повсеместного и удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам - как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами и/или обращениями к провайдеру.

Облачные вычисления обычно ассоциируются с серверами, базами данных. Недавно облачные вычисления проникли в оборудование коммутации и маршрутизации. И, наконец, они стали доступны как элементы сетей беспроводной связи. Для операторов это означает новые возможности гибкого наращивания мощности системы, более эффективного использования имеющихся ресурсов и снижения операционных расходов.

В докладе рассматриваются несколько практических реализаций принципа облачных вычислений на примере оборудования для организации сетей беспроводной связи.

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОТОВЫХ СЕТЕЙ
БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
АДАПТИВНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ**

Авдеенко Г.Л., Коломыцев М.А., Мазуренко А.В., Якорнов Е.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: djang02006@ukr.net

**Wireless mobile network performance improving with
distributed adaptive antenna arrays usage**

Simulation results of wireless mobile network planning in ICS Telecom software with distributed adaptive antennas are presented. It is shown what improvement in downlink channel capacity approximately 23% with distributed antennas but without adaptive processing, and 37% - 51% with distributed adaptive antennas. This results can be useful for wireless mobile systems providers for future planning of theirs mobile networks improvement.

В докладе [1] был сформулирован ряд исследовательских задач по изучению возможностей применения распределенных антенных систем (РАС) в сотовых беспроводных сетях мобильной связи (СБСМС) для достижения высокоскоростной передачи данных одновременно большому количеству абонентов. Решение указанных задач основано на необходимости синтеза алгоритмов адаптивной обработки радиосигналов при совокупном использовании Smart-антенн на базовых станциях и РАС, формирующих необходимую зону обслуживания базовой станции, что в итоге позволит повысить производительность работы беспроводных сетей при ограниченном радиочастотном ресурсе (РЧР) и в условиях наличия многолучевости.

В обзорной части работы [2] авторами было показано, что для улучшения пространственно-временной обработки сигналов (ПВОС), являющейся по сути совокупностью способов пространственной (антенной) и временной (внутриприёмной) обработки сигналов и направленных на повышение производительности СБСМС в условиях наличия некоррелированных во времени многолучевых компонент сигнала как в прямом так и в обратном каналах связи, существуют технические решения по объединению Smart-антенны и специальных устройств внутриприёмной обработки (например, Rake-приемников в стандарте WCDMA) в одну комплексную систему обработки.

При этом Smart-антенной как элементом, отвечающим за пространственную обработку, осуществляется формирование лучей характеристики направленности (ХН) в угловых направлениях

некоррелированных многолучевых компонент полезного сигнала, а приёмником - выравнивание их временных задержек друг относительно друга с последующим линейным суммированием, позволяющим получить дополнительный энергетический выигрыш (обычно не более 3-6 дБ) в отношении сигнал/(помеха+шум) на входе демодулятора. Указанный выигрыш позволяет при фиксированной мощности излучения передатчика базовой станции (БС) СБСМС и фиксированном количестве абонентов в соте либо увеличить площадь покрытия этой соты либо увеличить производительность отдельных каналов передачи информации при неизменной площади зоны покрытия. Показано также, что практическая реализация этого подхода в первую очередь нуждается в решении задачи повышения точности оценки угловых направлений и времени поступления некоррелированных во времени многолучевых компонент полезного сигнала с дальнейшей их ПВОС в БС или увеличении уровня корреляции между ними для обеспечения максимизации ОСПШ в демодуляторах приемников БС и мобильной станции (МС). Кроме того, увеличение количества абонентов сети в условиях ограниченности РЧР и многолучевого распространения радиоволн приводит к появлению внутрисистемных помех.

Отсюда актуальным, в первую очередь, становится решение задачи повышения степени пространственно-временного разделения каналов передачи информации между отдельными абонентами СБСМС с целью увеличения как общей производительности СБСМС, так и ее отдельных каналов передачи информации к каждому пользователю.

Сегодня, по мнению авторов, перспективным направлением решения указанной выше задачи может быть использование в СБСМС методов ПВОС как между отдельными радиомодулями (ОРМ) РАС так и в антеннах ОРМ, когда в их качестве их антенн используются Smart-антенны. Структурная и алгоритмическая база данного подхода, во-первых, может позволить уменьшить путь распространения сигнала непосредственно между абонентом и РАС СБСМС, что снизит количество многолучевых компонент, принимаемых ОРМ, а во-вторых, распределить РЧР во времени так, чтобы он не накладывался в разных каналах передачи данных СБСМС. Поэтому для расширения скоростных возможностей указанных систем необходима или направленная передача сигнала между БС и МС путем внедрения Smart-антенн с управлением лучами в элементах РАС, или переход к микро- и пикосотовым структурам РАС с дальнейшей совместной ПВОС от ее антенных элементов.

Проведенное в рамках работы [2] в программной среде планирования радиосетей ICS Telecom имитационное моделирование сотовой сети связи стандарта UMTS, развёрнутой на территории г. Борисполь и состоящей из семи сот с РАС в составе 49 ОРМ показывает, что использование РАС в СБСМС однозначно улучшает основные информационные показатели эффективности сети (рис. 1.а - распределение количества абонентов по скоростям UMTS для СБСМС без РАС, а на рис.1.б - с РАС), а именно:

- производительность, которая возрастает по сравнению с СБСМС без

РАС на 10,2 %;

- среднюю скорость передачи информации на 1-го абонента соты от БС до МС на 23,5%;
- среднюю спектральную эффективность абонентского радиоканала – на 24 %.

При использовании в качестве антенных элементов РАС Smart-антенн этот выигрыш в производительности UMTS для СБСМС в зависимости от вида ХН Smart-антенн возрастает соответственно на 37% для первой ХН (рис. 2.а) и 51% (рис.2,б) – для второй ХН.

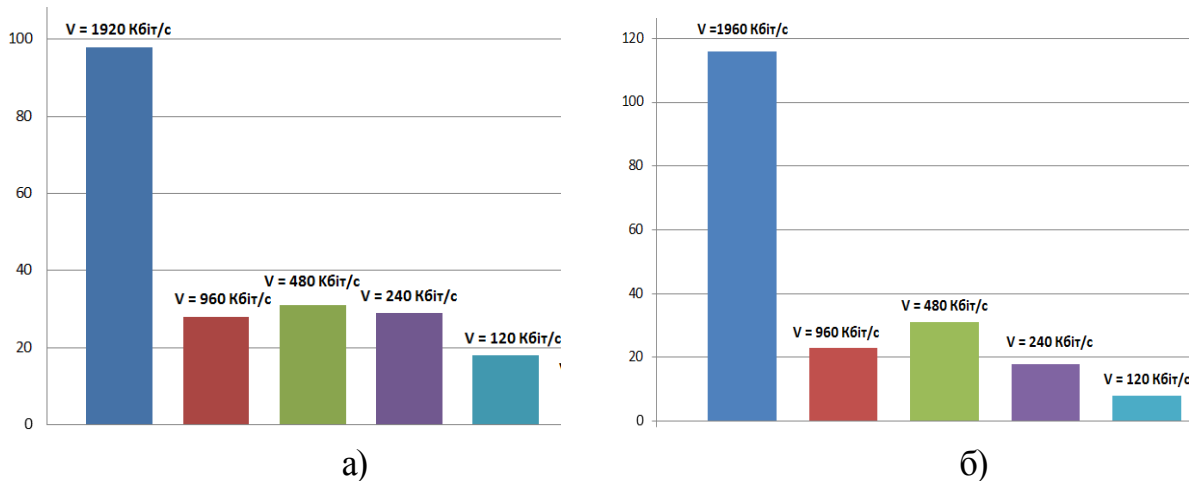


Рис. 1

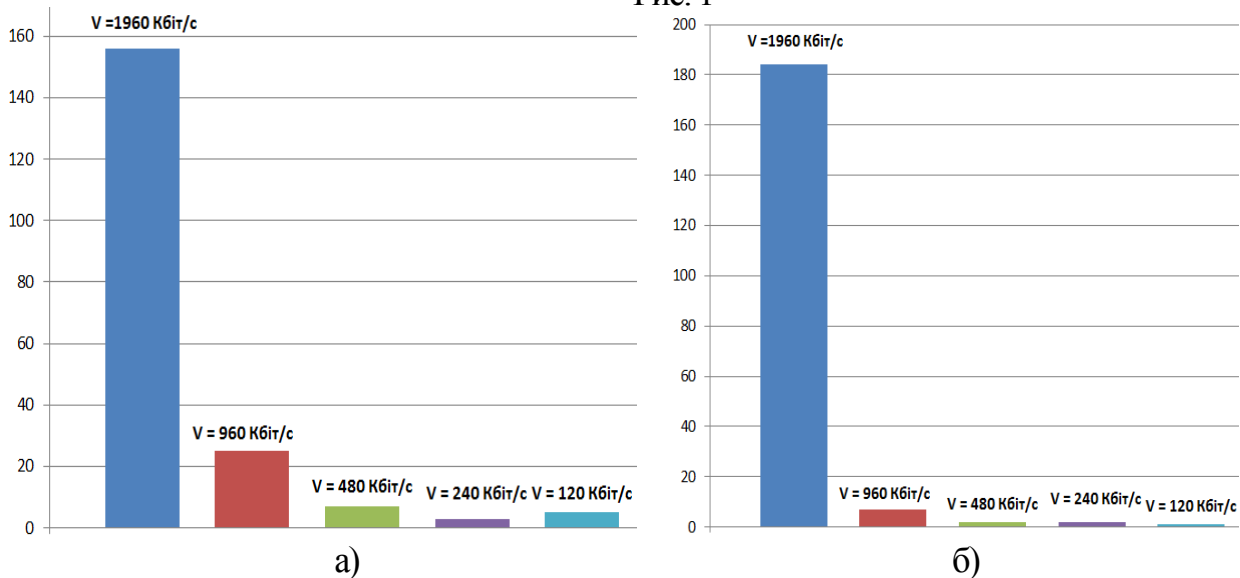


Рис. 2

Література

1. Avdeyenko G.L., Kolomitsev M.O., Lipchevskaya I.L., Mazurenko O.V., Yakornov Ye.A. Priority tasks for efficiency increase of operation of the wireless communication networks with distributed adaptive antenna systems 2011 21nd Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo'2011). Sevastopol, 2011, vol.1, pp. 417-418.
2. Підвищення ефективності функціонування бездротової мережі зв'язку шляхом використання просторово-часової обробки радіосигналів в розподілених антенних системах. Звіт про НДР (заклучний) /НТУУ «КПІ»; керівник Є. А. Якорнов, № ДР 01.11.U001270, Київ, 2012. 310 с.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБІВ ПЕРЕДАЧІ ТЕЛЕВІЗІЙНОЇ ПРОГРАМИ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ IPTV

Авдєєнко Г.Л, Адамович О.М.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: oleg_adamovych@ukr.net

Comparative characteristic methods of transmitting television images using IPTV technology

In this thesis describes two methods of transmitting television images using IPTV technology using IP Streamer and using OMICOM S2.

Сьогодні передача телевізійних програм за технологією IPTV являється, мабуть, найбільш затребуваною послугою, що надається операторами телевізійного мовлення. На відміну від традиційних видів цифрового телебачення (эфірного, кабельного і супутникового) IPTV - це повністю інтерактивний сервіс, що функціонує в рамках мультисервісних мереж [1].

Виходячи з цього, актуальною постає задача ознайомлення студентів Інституту телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ» із практичними аспектами роботи технології IPTV. На даний час існує багато способів організації IPTV мовлення, проте з усього різноманіття цих способів для подальшого розгляду оберемо наступні два: метод, що базується на використанні спеціалізованого обладнання IP Streamer, який найбільше підходить для великих провайдерів програмних послуг та метод, що базується на використанні ресиверів супутникового телебачення (OMICOM S2) на базі ПЕОМ, який підходить для малих провайдерів програмних послуг.

Організація трансляції ТВ програми за технологією IPTV з використанням обладнання IP Streamer. Стрімери – це пристрої, які призначені для кодування відео і аудіо даних в режимі реального часу в форматі MPEG-2 і передачі по мережах IP, трансляції по мережах IP каналів ефірного і супутникового телебачення. Вони використовуються для організації малих систем IPTV, передачі аналогового відеосигналу через Інтернет, трансляції відео і аудіо сигналу з аналогових відеокамер в існуючі мережі IPTV, додавання нових каналів в мережі IPTV.

Типові технічні характеристики стрімера [2]:

Вхід: композитний (RCA), S-Video, ВЧ-входи аналогового ТВ в форматах PAL/SECAM/NTSC;

Вихід: відео: MPEG-2, в форматах 4:3 и 16:9;

Аудіо: MPEG-1 Layer-II, 32/44.1 / 48kHz;

Транспорт: Ethernet LAN, WAN, Wireless Networks;

Протоколи: RAW/UDP, RTP/UDP;

Розширення: NTSC: до 720x480 (30 кадрів/сек), PAL: до 720x576

(25кадрів/сек);

Швидкість передачі: Відео: до 15 Мбіт/с, аудіо – до 448 кбіт/с.

Одним з найбільш відомих виробників стрімерів є німецька компанія WISI. В 2009 році компанія WISI почала серійний випуск IP-стрімера WISI Streamline OSxx, який являється головним елементом при вирішенні задачі організації IP-мовлення і реалізує концепцію «все в одній коробці». Він представляє собою компактний блок, який містить всі компоненти, необхідні оператору як для трансляції в мережі SPTS-потоків, необхідних для IPTV-трансляції, так і для формування багатопрограмних MPTS-потоків для передачі їх на віддалену головну станцію. На рис. 1 показана структурна схема стрімера. В нього входять всі функціональні вузли, необхідні для прийому, дескремблювання, фільтрації і передачі в IP-мережу сформованих потоків.

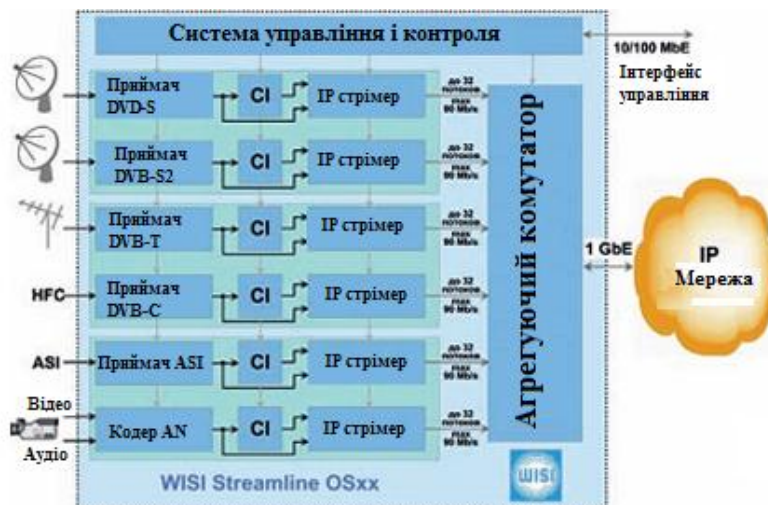


Рис.1. Структурна схема стрімера WISI Streamline OSxx

При використанні стрімера WISI Streamline OSxx у оператора відпадає необхідність у пошуку і займатися стикуванням різних пристроїв, за нього дану роботу виконує виробник стрімера. Оператору достатньо тільки підключити до нього вхідні кабелі, задати набір необхідних SPTS- і MPTS-потоків, підключити вихід стрімера до своєї мережі, і можна починати трансляцію.

Стрімер має шість вхідних портів. За замовленням оператора в них може бути встановлено до шести різних вхідних модулів, що дозволять приймати сигнали практично довільного цифрового формату: DVB-S, DVB-S2, DVB-C, DVB-T, DVB-ASI. Також в набір входить кодер AV=>MPEG-2. Після вхідних у пристрій встановлюється до шести професіональних модулів Common Interface (CI). Вони, на відміну від бітових, дозволяють здійснювати багатопрограмне декодування групового цифрового телевізійного сигналу. Після модулів CI декодований транспортний потік поступає на модулі стрімерів. Кожний із шести стрімерів може сформувати до 32 SPTS/MPTS-потоків з сумарною швидкістю до 90 Мбіт/с. Кожний потік має свій власний IP-адрес (мультикаст або юнікаст) та ін. Таким чином, один стрімер OSxx може забезпечити в мережі одночасну трансляцію до 192 ТВ- і/або радіопрограм. Формування цих програм із вихідного транспортного потоку здійснює оператор за допомогою системи управління і контролю.

Сигнали від шести стрімерів потім об'єднуються агрегуючим комутатором в єдиний потік і поступають на один GbE-інтерфейс, який виконаний у вигляді SFP-порту. Оператор, використовуючи відповідний SFP-модуль, може легко підключити стрімер практично до довільної мережі передачі даних. Крім спрощення роботи, економії місця і енергії, рішення від WISI дозволяє значно знизити затрати оператора на обладнання. Адже вартість стрімера від WISI значно нижча вартості комплекту обладнання, яке складається із окремих блоків.

Для підключення до системи управління і контролю у пристрою є окремий 10/100 MbE-порт. Розділення портів дозволяє відділити мережу трансляції IPTV від мережі управління, що забезпечує необхідний рівень безпеки системи. Керування пристроєм здійснюється по web-інтерфейсу з використанням довільного браузера (IE, Mozilla Firefox и т.д.). Керування може здійснюватися із будь якої точки мережі, до якої підключений керуючий порт пристрою, для цього достатньо тільки знати поточний IP-адрес пристрою. Цей адрес, а також інші налаштування, оператор може легко змінити в розділі меню конфігурування пристрою. При трансляції IPTV-програм автоматично створюються необхідні таблиці PAT, PMT, SDT. Крім того, в режимі мультикастинга OSxx автоматично генерує SAP/SDP-повідомлення, які містять інформацію про транслюючи програми, що значно спрощує доступ глядачів до перегляду програм.

Організація трансляції ТВ програми за технологією IPTV з використанням OMICOM S2. Для організації трансляції ТВ програми за технологією IPTV в локальну комп'ютерну мережу з використанням супутникової карти OMICOM S2 необхідно задіяти: супутникову антену із конвертором, ПЕОМ, супутникову карту; програмне забезпечення для керування супутниковою картою; програмне забезпечення для перекодування ТВ програми та її перетворення в IP трафік (наприклад, VLC Player). При цьому супутникова карта виконує демодуляцію та декодування радіосигналу стандарту DVB-S/S2 до рівня транспортного потоку з можливістю аналізу його структури та подальшого вибору тієї ТВ програми, що далі буде транслюватися по мережі.

На відміну від застосування стрімеру при організації IPTV за допомогою супутникової карти OMICOM S2 можна виділити наступні переваги та недоліки:

- Переваги: загальна вартість обладнання ПЕОМ+супутникова карта в декілька разів менша за вартість стрімеру;

- Недоліки: формування IPTV трафіку потребує використання значних ресурсів процесорної системи ПЕОМ, що в деяких випадках може призвести до неможливості використання інших програмних засобів для вирішення інших завдань; мала кількість ТВ програм, що транслюються IP мережею.

Виходячи із наявності необхідного обладнання саме трансляція ТВ програми за технологією IPTV з використанням OMICOM S2 була реалізована в навчальному процесі ІТС.

Література

1. <http://www.ukrreferat.com/index.php?referat=73772&pg=0>
2. <http://www.telesputnik.ru/archive/167/article/88.html>

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ WI-FI ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЯМОГО И ЗАПРОСНОГО КАНАЛА В СОСТАВЕ ЭКСПРЕССА

Каламбет Е.Ю., Сундучков К.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: lena.kalambet@gmail.com

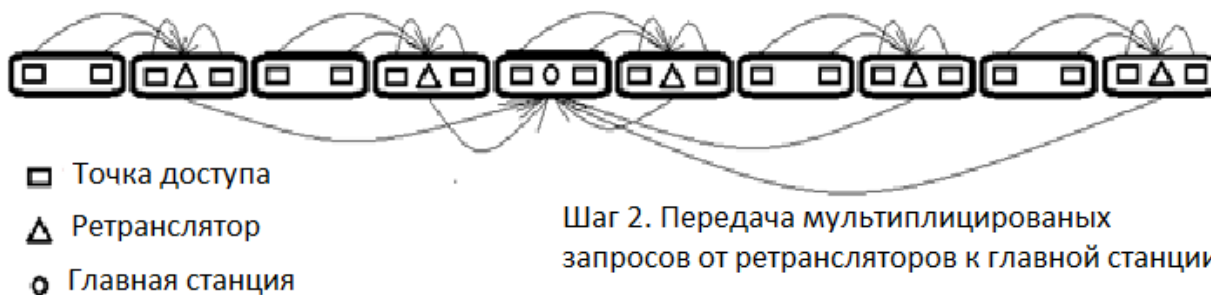
Estimation of possibility of the use technologies of wi-fi for organization of direct and query channel in composition express

Raising of task : to describe the theoretical model of providing service to connection 4g in an express long 10 carriages there are 10 subscribers in each of that.

Постановка задачи: описать теоретическую модель предоставления услуги связи 4G в экспрессе длиной 10 вагонов в каждом из которых находится 10 абонентов.

Представим модель поезда.

Шаг 1. Передача запросов от точек доступа к ретрансляторам



Шаг 2. Передача мультиплицированных запросов от ретрансляторов к главной станции

Рис.1. Схема передачи сигнала для состава из 10-ти вагонов

На каждом вагоне размещены две точки доступа. Трафик запросного канала каждых двух вагонов поступает на ретрансляторы (размещены на 2, 4, 6, 8, 10 вагоне), которые в свою очередь передают все запросы абонентов к главной станции (5-й вагон) с помощью технологии WIFI. Главная станция обеспечивает их передачу на БС с помощью технологий WIMAX или LTE.

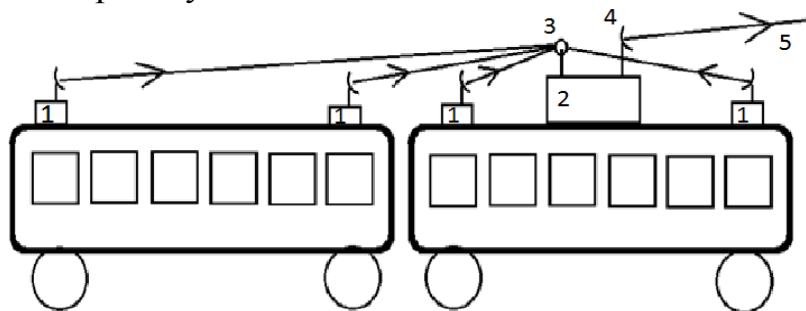


Рис.2 Более подробная схема передачи сигнала для двух вагонов отдельно

На данном рисунке: 1 – точка доступа, 2 – ретранслятор, 3 – приемник ретранслятора, 4 – передатчик ретранслятора, 5 – к главной станции

Технология Wi-Fi использует 14 подчастот от 2,412 ГГц до 2,484 ГГц. Разобьем диапазон на 14 временных интервалов. Один частотно-временной интервал используем для реализации запросного канала. Рассчитаем скорость необходимую для запросного канала.

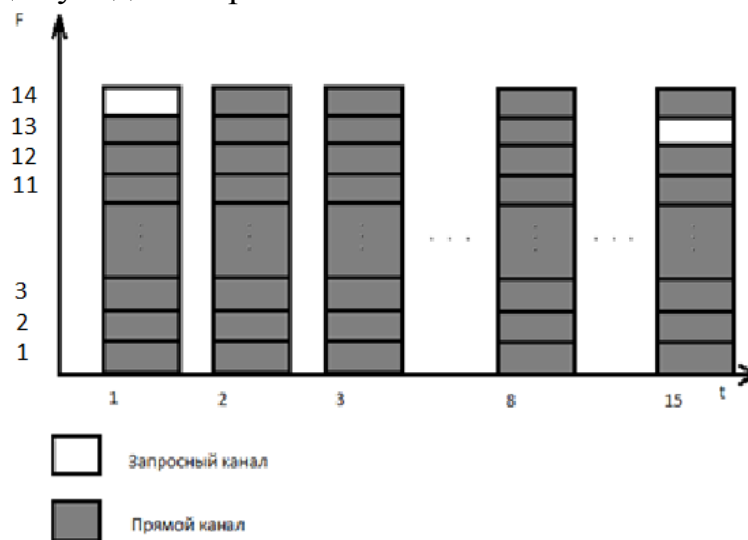


Рис. 3. Схема разделения частотно-временного диапазона для прямого и запросного канала

Как указано на рисунке частотно-временных интервалов 196 шт. (14 подчастот*14 временных интервалов). 195 частотно-временных интервалов выделяется для прямого канала и 1 интервал для запросного. Максимальная скорость передачи при использовании стандарта IEEE 802.11ac равна 3 Гбит/с в идеальных условиях. Реально 1,2 Гбит/с. Вычислив, скорость передачи через 1 частотно-временной диапазон получаем 6,1 Мбит/с для всего экспресса.

$$\frac{1,2 \text{ Гбит/с}}{196} = 6,1 \text{ Мбит/с}$$

Максимальная длина каждого запроса 100 символов. После кодирования символов(буквы, цифры, знаки пунктуации и т. д.), каждый символ будет занимать 6 бит. То есть каждый запрос будет занимать 600 бит. На весь экспресс – 60 Кбит – максимальная общая длина запросов, если они одновременно поступят от каждого пользователя услуги. Поделив общую длину запросов от всех абонентов на скорость передачи через запросный канал, получим длину одного временного диапазона – 10 мс.

$$\frac{60 \text{ Кбит}}{6,1 \text{ Мбит/с}} \approx 10 \text{ мс}$$

Это время является приемлемым так как в таком случае запросы пользователей передаются каждые 14 временных диапазонов, то есть 140 мс. Поделив длину каждого запроса – 600 бит – на 10 мс – длину одного временного оцета получим необходимую скорость для запросного канала от 1-го абонента – 60 кбит/с.

$$\frac{600 \text{ бит}}{10 \text{ мс}} = 60 \text{ Кбит/с}$$

Нагрузка на каждую точку доступа 300 кбит/с (5 абонентов по 60 кбит/с)

Так как на каждом вагоне 2 точки доступа, каждая точка доступа должна передавать половину трафика со всего вагона. В вагоне 10 абонентов, каждому из которых предоставляется скорость 60 Кбит/с.

Средняя пропускная способность каждого ретранслятора равна 1,2 Мбит/с. На каждом вагоне 2 точки доступа. Ретрансляторы расположены на каждом втором вагоне. На каждый ретранслятор приходится 4 точки доступа.

Рассмотрим возможность использования технологии Wi-Fi для прямого канала.

В стандарте Wi-Fi используется один и тот же канал связи с частотным разделением, которое имеет следующий вид:

Канал	1	2	3	4	5	6	7
Центральная частота	2,412	2,417	2,422	2,427	2,432	2,437	2,442
Канал	8	9	10	11	12	13	14
Центральная частота	2,447	2,452	2,457	2,462	2,467	2,472	2,484

Самая простая для реализации модель основана полностью на временном разделении. Для запросного канала выделяется полностью 1 временной слот из 14 под запросный канал. Такая схема является нерациональной со стороны ресурсов. Также можно использовать только частотное разделение, выделяя определенную частоту из 14 подчастот для запросного канала. В данном случае можно избежать разрыва во времени при прямом канале, но ресурсы используются нерационально. Самая рациональная схема представлена на рис. 3. Каждые 14 временных отсчетов выделяется 1 частотно-временной промежуток для реализации запросного канала. Услуга 4G предусматривает передачу прямого канала на скорости не менее 12 Мбит/с каждому абоненту. Наиболее нагруженный отрезок сети – от главной станции к ретрансляторам – 240 Мбит/с (20 абонентов*12Мбит/с). Стандарт Wi-Fi IEEE 802.11n может обеспечить скорость в 240 Мбит/с, но для этого нужны идеальные условия передачи. Новейшая разработка стандарт IEEE 802.11ac, основанный на технологии MIMO на 8 входящих и исходящих антенн, может обеспечить скорость передачи информации до 3 Гбит/с, то есть увеличить количество абонентов в каждом вагоне до 20 или 30 человек.

Вывод. Согласно приведенным в работе данным технологию Wi-Fi можно использовать для реализации прямого и запросного канала в экспрессе для обеспечения абонентов услугой поколения 4G(скорость передачи от 12 Мбит/с для каждого абонента).

Литература

1. Ильченко М.Е., Сундучков К.С., Волков С.Э., Ящук А.С. - Новые технические решения проблемы повышения скорости движения мобильных терминалов на автобане при приёме сигналов услуг 4G.
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11.

OPTIONS OF FREQUENCY RESOURCE REFORMING FOR UKRAINIAN LTE NETWORK

A. Bezhin, E. Novoselov, L. Raifov, S. Syomin, A. Slobodeniuk, A. Savochkin

Sevastopol National Technical University

E-mail: bezya3232@mail.ru, alexandrslobodeniuk@gmail.com

In the project possible refarming of radio frequency resource in Ukraine was analyzed with goal to implement LTE network.

The LTE standard covers more than 35 different frequency bands from 600 MHz to 3,5 GHz, which allows to cope with the shortage of frequency bands in different countries.

The correct choice of the frequency band for the development of LTE is an important and difficult task. In low frequencies it is difficult to find band with sufficient width. High frequencies require more BSs.

With spectrum refarming of their own frequencies, any mobile network operator can obtain smaller frequency band for LTE, than in the case of co-refarming. Therefore we can determine five options of LTE development for Ukrainian mobile operators:

- spectrum resource refarming, made by GSM operator;
- spectrum refarming and frequency sharing, made by two major GSM operators;
- spectrum refarming and frequency sharing, made by three or more GSM operators;
- use of CDMA frequency;
- use of other frequency resources.

At the first stage of the research analysis of the existing allocation of frequency resources was performed. "Register of issued licenses for the use of radio frequency resource" [1] on the site "National Commission by the State regulation in the sphere of communication and information" was used. As a result, frequency bands were received for every mobile network operator in CDMA 800, GSM 900 and GSM 1800 for each region of Ukraine.

Part of GSM band is possible to use for the development of LTE technology, the quality of voice services will not be worse — new technical solutions will maintain network capacity.

Theoretically, all frequencies owned by mobile network operator in 900 MHz and 1800 MHz bands can be used. But because it is necessary to support the work of GSM-network, fragmented parts of the spectrum width of 5 ... 10 MHz frequencies will not provide proper network capacity and to fully disclose all the technological advantages LTE [2].

A good option is to combine the implementation of LTE and network sharing for mobile network operators. This allows creating a consortium with equity participation and creating a LTE network based on the existing infrastructure. This option is economically feasible. The most effective means of reducing capital and operating costs is a business model "Network sharing".

There are several scenarios to build collaborative networks involving various degree of "collectivization". We select the most appropriate scenarios of common networks [3]:

1. Multiple core networks sharing common radio access;
2. Geographically split networks sharing;
3. Common networks sharing;
4. Common spectrum networks sharing;
5. Multiple radio access networks hearing common core network.

In the case of network sharing refarming depends not on technology's capacities, but on the organizational and economic — from the position of the regulator in relation to the technologically neutral spectrum usage.

Scenario has a significant drawback — BS of each operator working on exclusive. This resource may not be enough to provide service to all customers.

However, the main problem of network sharing is unbalanced network load by different operators. Depending on the details of tariff plans and the number of, load of the operators will be different. To provide a guaranteed rate unified organizational measures and tariffs are needed.

In that strategy it is possible to use frequency bands that coincide with the 3 and 8 frequency bands 900 and 1800 MHz.

When using frequencies of operators it is important to form a continuous frequency plot for LTE. Below is an example of refarming for 1800 MHz with different GSM operators.

As a result in Ukraine will appear single LTE network for all mobile network operators. That would significantly save operating costs and increase profitability.

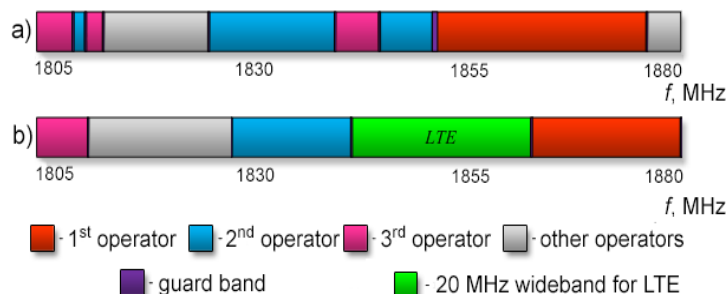


Fig. 1. Frequency distribution charts for 1805...1880 MHz,
a) for GSM; b) after refarming

For implementation of LTE network, refarming with participation of all mobile network operators ("MTS Ukraine", "Kyivstar", "Astelit") is required. That will help to get continuous frequency bands in each region of Ukraine. Then in free frequencies (not licensed by mobile network operators) wide continuous bands must be used.

At the moment, without making changes to existing licenses, we can achieve implementation of LTE network in 14 (52%) regions of Ukraine. 10 MHz band is provided in the regions of 5 (18,5%), 20 MHz is provided in the regions 6 (22,2%), and 30 MHz — in 3 regions (11,2%).

Final frequency redistribution shown in Figure 2.

LTE network, based in band GSM, allow to introduce LTE in more regions, but it require full spectrum refarming and changes in existing license.

Network with 5+5 MHz width can be implemented for 55,5% of Ukrainian regions, width 10+10 MHz width — for 15,3% of Ukrainian regions, with 20+20 MHz width — for 7,5 % of Ukrainian regions.

In existing GSM networks guard band with 600 MHz width (channel 3 GSM 200 kHz) are used. It makes sense to reduce the width of guard bands to 0,2 MHz, or completely eliminate them. Existing equipment allows to work on adjacent channels without interference.

For example, in the case of three GSM operators width of the guard band, and thus it is possible to use 1,8 MHz wider band for LTE.

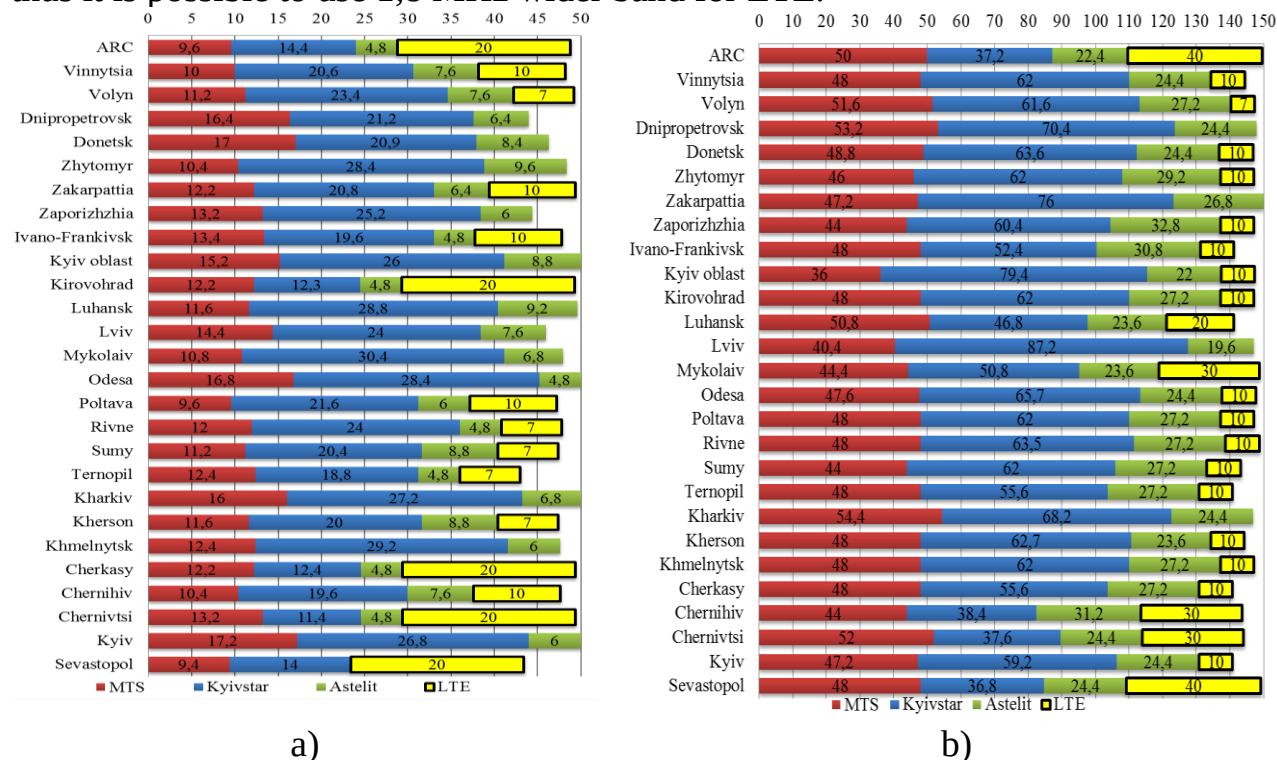


Fig. 2. Example of LTE network implementation in GSM 900 (a) and GSM 1800 (b) without changes in existing licenses

The most acceptable option is the introduction of LTE in the GSM 1800 with a redistribution of the existing frequency resource. Use a width of GSM 1800 band will solve compatibility problems with the user devices and will allow operators to deploy networks in almost all regions of Ukraine.

References

1. Register of issued licenses for the use of radio frequency resource [Website] / NCCIR. — http://www.nkrz.gov.ua/img/zstored/File/2013_04/ReestrLicenzRCHR_21012014.pdf. — 20.02.2014.
2. Co-development and use of LTE network by Ukrainian mobile network operators (in Crimea) / Competition project. SevNTU team: Lysenko A., Poludonov D, Chizhevsky B., Faronova N., Gnatko D., 2012. — 38 c.
3. GSM 900 and GSM 1800 can't be used for LTE [Website] / Broadband.org.ua. — <http://www.broadband.org.ua/tehnologii-bystrogo-interneta/1852-chastoty-gsm-900-i-gsm-1800-nevozmozhno-ispolzovat-pod-lte>. — 15.04.2013.

ОЦЕНКА ТРАФИКА ПРЯМОГО КАНАЛА НА ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТАНЦИИ СОСТАВА ПОЕЗДА, КОТОРЫЙ ДВИГАЕТСЯ СО СКОРОСТЬЮ 300 КМ/ЧАС

Безлюдов Д.Е., Сундучков К.С.

*Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
E-mail: daniilbezludnov@gmail.com, k.sunduchkov@gmail.com*

Traffic estimates direct channel to the central s tation of the trains, which move with the speed of 300 km / h

In this paper, there is brief analysis of methods of receives signals and transmits to users, which moves in train with the speed of 300 km/h.

Проблема обеспечения связи абонентам, движущимся с высокой скоростью, становится всё более явной, особенно с появлением высокоскоростных поездов. Современный уровень техники позволяет обеспечить скорость доступа к сети, абонентам экспресса ж.д. поезда на уровне 150 кбит/сек [1]. Данная скорость, на современном уровне, является очень маленьким значением и не может удовлетворить потребности человечества в скорости доступа к сети интернет.

Рассмотрим поезд, движущийся со скоростью 250-300 км/час, в котором 10 вагонов по 20 человек в каждом (200 человек в общем). Требуется обеспечить каждому абоненту скорость доступа в интернет, не ниже 12 Мбит/сек. В качестве передающей системы прямого канала используется ИГТС [2]. Исходя из данной системы, на выходе приёмника мы имеем набор принятых OFDM символов на частоте менее 1 ГГц, которые пропустили через АЦП. Из данного сигнала требуется выделить услуги и раздать их (услуги) абонентам поезда.

Выделение услуг из принятого сигнала. При формировании сигнала на передающей стороне некоторые услуги были разбиты на несколько цифровых потоков, что б получить требуемую скорость, при заданных требованиях по качеству. Данное требование основано на том, что защитный интервал, при передаче данных, должен быть больше длительности импульса. Так как длительность импульса очень маленькая (равна 1 мкс [2]), то было принято решение расширить импульс, до 14 мкс, а что бы сохранить скорость передачи – подать 14 поднесущих OFDM символа одной услугой (1 бит - 1-й канал, 2-й – 2-й канал и тд.). Данную особенность требуется учитывать при выделении услуг из принятого сигнала.

Для раздачи услуг по поезду требуется сначала получить услуги из принятого сигнала. Для этого после АЦП требуется установить блок прямого преобразования Фурье. На выходе данного блока образуется набор частот, которые соответствуют поднесущим OFDM символа. Далее данные частоты должны быть детектированы демодуляторами. На выходе демодуляторов получим цифровые последовательности. Исходя из того, что несколько

цифровых последовательностей (в нашем случае 14) принадлежат к 1-й услуге, то требуется поставить мультиплексор, что б получить готовую услугу для дальнейшей передачи абоненту. Далее услуги требуется сгруппировать по вагонам. Для этого требуется провести мультиплексирования тех услуг, которые предназначены для группы вагонов. Данные группы далее можно передавать абонентам.

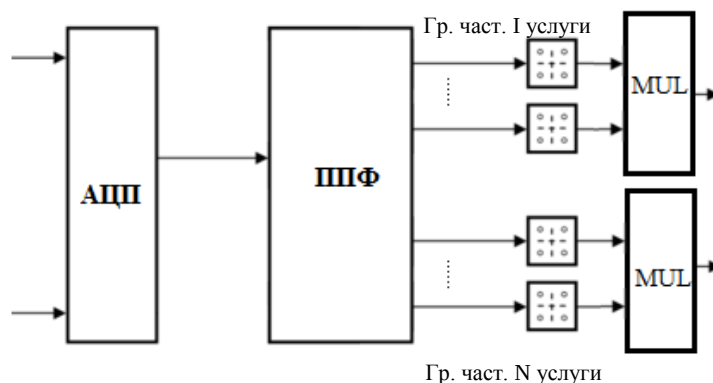


Рис. 1. Схема приёмника сигнала

Раздача услуг по поезду. Далее требуется данные услуги каким-то образом передать абонентам. Так как абоненты разнесены по вагонам и данные вагоны обязаны иметь возможность рассоединятся, то использование проводного решения не представляется возможным.

Предполагается использование беспроводных технологий WiFi и/или LTE. Данные технологии выбраны из-за того, что они позволяют обеспечить высокую пропускную способность.

Каждый вагон, учитывая то, что каждый абонент требует 12 Мбит/с и в вагоне 20 человек, требует пропускную способность $12 \text{ Мбит/с} * 20 \text{ аб.} = 240 \text{ Мбит/с}$. Данную скорость способна обеспечить система IEEE 802.11n (WiFi). Следовательно, внутри вагона для беспроводного доступа абонентам будет использоваться система WiFi. Технологию LTE использовать не рационально, так как размеры оборудования, и его цена больше чем оборудования WiFi, учитывая, что WiFi покрывает наши требования.

Так как предельная скорость технологии WiFi 802.11n при использовании роутера с 4-мя антеннами равна 600 Мбит/с то данная технология позволит обеспечить беспроводным доступом 2 вагона поезда. Учитывая, что вагонов 10 то общая пропускная способность всего поезда равна $240 \text{ Мбит/с} * 10 \text{ аб.} = 2,4 \text{ Гбит/с}$. Исходя из данной требуемой пропускной способности, использовать последовательную передачу от вагона к вагону не представляет возможности.

Из данного расчёта следует то, что требуется установить больше чем 1 роутер на некоторые вагоны, что б иметь возможность как раздавать услуги по вагону, так и принимать сигнал с центральной станции (ЦС).

ЦС расположена на вагоне под номером 5 (обозначена большим столбиком на рисунке 2). Промежуточные роутеры можно устанавливать в практически любой комбинации, главное, чтобы выполнялось правило - на

каждые 2 вагона требуется 1 WiFi роутер. Также примем во внимания следующие особенности:

1. Расстояние между центральной станцией и роутерами должно быть минимальным, для уменьшения затухания ЭМП;
2. Устанавливать роутеры на вагонах с номера 1 и 10 не рационально (исходя из пункта 1);
3. Установить роутер на 5-й вагон, для организации связи с ЦС по кабелю;

Выберем номера вагонов, на которые будут установлены роутеры следующими: 2,4,5,7,9.

Так как при приёме с центральной станции группы сигналов для 2-х вагонов с общей пропускной способностью $240\text{Мбит/с} * 2\text{ваг.} = 480\text{Мбит/с}$ пропускная способность превышает половину максимальной пропускной способности WiFi роутера, то роутер на вагоне не сможет передать половину сигнала, которая предназначалась соседнему вагону, так как его канал будет занят. Для решения данной проблемы вместе с 4-х антенным WiFi роутером предлагается установить ещё 1 роутер (достаточно 2-х антенн), который бы передавал часть услуг на соседний вагон. Назовём систему из приёмного 4-х антенного и передающего 2-х антенного роутеров промежуточной станцией (ПС обозначена длинным столбиком на вагонах с номерами 2,4,5,7,9 на рисунке 2). Промежуточная станция соединяется с роутером, который раздаёт услуги внутри данного вагона по кабелю (линия обозначена пунктиром на рисунке 2), а к соседнему вагону по WiFi каналу (точечная линия между вагонами на рисунке 2). На рисунке WiFi роутеры, которые непосредственно раздают услуги абонентам, обозначены короткими палочками на каждом вагоне.

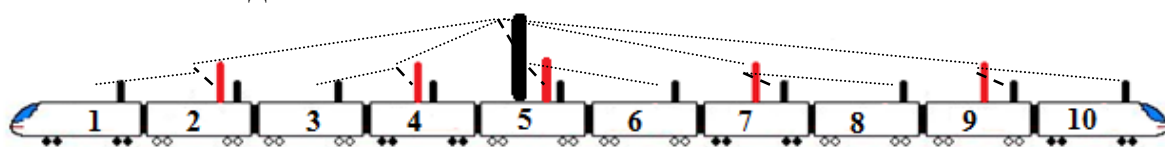


Рисунок 2. Расположение роутеров на поезде

Выводы. Приём OFDM сигнала является простым процессом, который не доставляет никаких сложностей и реализуется на давно созданных устройствах. Раздача «распакованных» из OFDM символов услуг абонентам гораздо более сложная задача. Была предложена схема расположения роутеров, используя технологию WiFi. В теории данное решение выглядит довольно эффективно. На практике же возможны довольно большие проблемы, связаны с ослаблением и многолучёвостью из-за того, что поезд состоит из металла, который, как известно, хорошо отражает ЭМВ. Данную ситуацию можно будет улучшить, используя более новые роутеры с технологией IEEE 802.11ac.

Литература

1. <http://www.telecoms.com/54943/china-mobile-brings-td-lte-to-high-speed-trains>.
2. М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, С.Э. Волков, И.К. Сундучков, М.А. Кузява, А.К. Сундучков. Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система 4G с беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентам // “Зв’язок”, №7-8, 2008, стр. 28-32.
3. http://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ LTE ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЕКСПРЕСІ

Ліщенко В.Д., Сундучков К.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: vitata18@gmail.com

Assessment of LTE technology for use in the express

The analysis of existing solutions. A variant of the organization Uplink channel (from subscribers to the BS) in the express that moves with a speed of 200-300 km / h with the help of technology LTE.

З появою iPhone і нетбуків потреби в передачі даних в мобільних мережах зв'язку сильно зросли. Ці пристрої наглядно доводять, що наразі дуже збільшується кількість користувачів Інтернету, які обирають портативні сервіси.

На сьогоднішній день актуальним являється вирішення проблеми високошвидкісного мобільного зв'язку на автобанах, в поїздах, тобто при високій швидкості руху (200-350 км/год) мобільного терміналу. На даний момент на системах 3G (LTE, UMTS) в Німеччині на автобанах при русі МТ до 200 км/год швидкість передачі від БС до МТ становить від 14 до 150 Мбіт/с [1-3]. Максимальна кількість абонентів – 200 на одну соту, кожен з яких має швидкість прийому 100Кбіт/с. У грудні 2012 року в пресі з'явилася інформація про надання послуг 4G в поїздах, що розвивають швидкість до 350 км / год на ділянці траси довжиною 60 км використовуючи технологію TD-LTE. Дані мережі забезпечують доставку на один мобільний термінал однієї послуги 3G і не є задовільними для сьогоднішніх потреб.

У статті [4,5] запропоновані концептуальні підходи до побудови інтерактивної гетерогенної телекомунікаційної системи з бездротовим доступом в міліметровому діапазоні, що надає мультимедійні послуги 4G мобільним абонентам, що рухаються зі швидкістю до 200 км/год по автомобільній трасі. В одній з пропозицій йдеться про те, що потрібно рознести прямий канал і канал запиту за діапазонами частот, де канал запиту виконати в сантиметровому діапазоні довжин хвиль, використовуючи, наприклад стандарт LTE. Це рішення пояснюється тим, що прямий і зворотній трафіки відрізняються по об'єму, що зумовлено потребами надання мультимедійних широкосмугових послуг, такі як IPTV, HD-video, онлайн-ігри, та інше. Потреба в міліметровому діапазоні обумовлена широкою смугою робочих частот, яка потрібна для передачі трафіка сукупності сигналів мультимедійних послуг в прямому каналі.

Огляд можливостей технології LTE. Проект LTE (Long Term Evolution – «Довгострокова еволюція») розроблявся, як технологія високошвидкісної передачі даних з ціллю значного збільшення продуктивності мереж

мобільного зв'язку і забезпечення повноцінної «смартфонізації» мобільної мультимедійної сфери. Але все ж залишається питання: чи здатен цей розрекламований стандарт задовольнити вимоги теперішніх користувачів. На сьогоднішній день існує декілька специфікацій LTE різних релізів з різними заявленими швидкостями [6,7] передачі даних:

1. LTE Release 8 (150 Мбіт/с в DL, 50 Мбіт/с в UL)
2. LTE Advanced (326 Мбіт/с в DL, 75 Мбіт/с в UL – при використанні технології MIMO 4x4)

Практично середня швидкість передачі менше, ніж теоретична. В залежності від використовуваної ширини смуги (5,10,20 МГц) і від конфігурації MIMO (наприклад 1x2) досягають таких швидкостей у каналі запиту 18, 36, 75 Мбіт/с. Для оцінки трафіку будемо використовувати тестові дані: 36 Мбіт/с в каналі запиту.

Розрахунок каналу запиту. Отже, повернемося до оцінки трафіку гетерогенної телекомунікаційної системи. Уявимо собі експрес, який рухається зі швидкістю 200-300 км/год. В експресі 10 вагонів, допустимо, у кожному вагоні по 10 абонентів. Сумарна кількість абонентів в експресі дорівнює 100 абонентів. В середині вагонів зв'язок забезпечується за допомогою стандарту WiFi. Якщо ми плануємо передавати послуги 4G, тобто пропускна спроможність каналу для передачі сигналу однієї послуги 6-12 Мбіт/с. Ні одна специфікація стандарту LTE не здатна забезпечити такої швидкості передачі даних.

Для того, щоб оцінити трафік каналу запиту, проаналізуємо запит звичайного користувача такий, як «дивитись фільм онлайн». В середньому довжина запиту становить 20-25 символів (буква, цифра, пробіл). З розрахунку на різні запити, краще взяти максимальну довжину запиту з запасом – 100 символів (наприклад, у різних браузерах установлені різні обмеження від 80 до 400 символів для введення в пошуковому рядку). Беручи до уваги різноманітність символів після кодування кожен символ матиме 6 біт. Отже, максимальна довжина запиту одного користувача становитиме 600 біт, а від всіх ста користувачів експресу 60 Кбіт. Поділимо максимальну довжину сумарних запитів на швидкість, яку можливо досягнути в каналі запиту – 18 Мбіт/с, отримаємо часовий інтервал – 3,33 мс. Поділивши максимальну довжину запиту від одного користувача 600 біт на отриманий часовий інтервал, отримаємо необхідну швидкість для каналу запиту на одного користувача – 180 Мбіт/с. В кожному вагоні розміщені точки доступу. Трафік зворотного каналу кожних двох вагонів поступає на ретранслятори, які в свою чергу передають цей трафік до головної станції. Головна станція забезпечує передачу цих запитів на базову станцію за допомогою технології LTE.

Процес обробки користувацьких даних для передачі в каналі «вверх» схожий з каналом «вниз». Він включає каналне кодування, скремблювання, і формування модуляційних символів [8,9]. При організації висхідного каналу в специфікаціях LTE береться до уваги те, що в якості відправника вступає абонентський термінал і допустима потужність випромінювання повинна

бути менше, тому OFDM використовувати недоцільно через високе співвідношення максимальної і середньої потужності сигналу. Особливістю лінії «вверх» мережі являється використання технології множинного доступу SC-FDMA (Single Carrier – Frequency Division Multiple Access) з однією несучою. Основна конфігурація лінії «вверх» при використанні MIMO 2x2 припускає використання двох передаючих антен на мобільному терміналі та 2 прийомних антен на базовій станції. Також при плануванні висхідного каналу повинен передбачатись спосіб демодуляції сигналу на прийомній стороні – на базовій станції, тобто потрібно передавати заранню відомі базовій станції послідовності інформаційних символів для забезпечення умов когерентного прийому сигналів та демодулюючих пілот-сигналів. Отже, повертаючись до нашого експресу, планування організації висхідного каналу повинно включати всі згадані особливості. Головна станція повинна бути прийомо – передаючим пристроєм, в якому прийом працює на WiFi, а передача – LTE. Для цього можна використовувати декілька пристроїв з такими можливостями – дещо модифіковані інтернет-центри. Це пристрої, які слугують для підключення до мережі LTE і одночасно можуть роздавати інтернет по WIFI. В такому пристрої блок WiFi може функціонувати в діапазоні частот 2,4 ГГц, а LTE в діапазонах Band 7 (2,5 – 2,69 ГГц), а потужність випромінювання сягає 23-25дБм.

Висновки. Отже, підсумовуючи всю вище згадану інформацію, можна говорити про те, що для надання послуг 4G в експресі, що рухається зі швидкістю 200-350 км/год, в прямому каналі не можна використовувати стандарт LTE. Але ця технологія з легкістю може задовольнити вимоги до трафіку у висхідному каналі.

Література

1. http://en.wikipedia.org/wiki/In-car_Internet .
2. <https://www.press.bmwgroup.com/> BMW Car Hotspot LTE. BMW Group sets new standards in “auto”-mobile internet technology.
3. <http://www.telecoms.com/54943/china-mobile-brings-td-lte-to-high-speed-trains/>
4. М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, Б.Н. Шелковников, А.С. Ящук и др. Проблемы построения мультисервисной распределительной сети доступа к мобильному терминалу абонента, движущегося с высокой скоростью // Электроника и связь, №2 (61), 2011, с. 163-169.
5. К.С. Сундучков, С.Э. Волков, И.К. Сундучков, М.А. Кузьева, А.С. Ящук. Метод расчета параметров радиоканала беспроводного доступа к мобильным терминалам в миллиметровом диапазоне. // “Известия ВУЗов. Радиоэлектроника”, Том 56, №4, 2014.
6. <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>.
7. <http://www.nokiasiemensnetworks.com/press/press-releases/passengers-stay-online-while-on-track-with-thalys> .
8. <http://anisimoff.org/lte/>
9. <http://cmpo.vlu.ru/edu/2013/A7.pdf>.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ LTE ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЕКСПРЕСІ

Ліщенко В.Д., Сундучков К.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: vitata18@gmail.com

Assessment of LTE technology for use in the express

The analysis of existing solutions. A variant of the organization Uplink channel (from subscribers to the BS) in the express that moves with a speed of 200-300 km / h with the help of technology LTE.

З появою iPhone і нетбуків потреби в передачі даних в мобільних мережах зв'язку сильно зросли. Ці пристрої наглядно доводять, що наразі дуже збільшується кількість користувачів Інтернету, які обирають портативні сервіси.

На сьогоднішній день актуальним являється вирішення проблеми високошвидкісного мобільного зв'язку на автобанах, в поїздах, тобто при високій швидкості руху (200-350 км/год) мобільного терміналу. На даний момент на системах 3G (LTE, UMTS) в Німеччині на автобанах при русі МТ до 200 км/год швидкість передачі від БС до МТ становить від 14 до 150 Мбіт/с [1-3]. Максимальна кількість абонентів – 200 на одну соту, кожен з яких має швидкість прийому 100Кбіт/с. У грудні 2012 року в пресі з'явилася інформація про надання послуг 4G в поїздах, що розвивають швидкість до 350 км / год на ділянці траси довжиною 60 км використовуючи технологію TD-LTE. Дані мережі забезпечують доставку на один мобільний термінал однієї послуги 3G і не є задовільними для сьогоднішніх потреб.

У статті [4,5] запропоновані концептуальні підходи до побудови інтерактивної гетерогенної телекомунікаційної системи з бездротовим доступом в міліметровому діапазоні, що надає мультимедійні послуги 4G мобільним абонентам, що рухаються зі швидкістю до 200 км/год по автомобільній трасі. В одній з пропозицій йдеться про те, що потрібно рознести прямий канал і канал запиту за діапазонами частот, де канал запиту виконати в сантиметровому діапазоні довжин хвиль, використовуючи, наприклад стандарт LTE. Це рішення пояснюється тим, що прямий і зворотній трафіки відрізняються по об'єму, що зумовлено потребами надання мультимедійних широкосмугових послуг, такі як IPTV, HD-video, онлайн-ігри, та інше. Потреба в міліметровому діапазоні обумовлена широкою смугою робочих частот, яка потрібна для передачі трафіка сукупності сигналів мультимедійних послуг в прямому каналі.

Огляд можливостей технології LTE. Проект LTE (Long Term Evolution – «Довгострокова еволюція») розроблявся, як технологія високошвидкісної передачі даних з ціллю значного збільшення продуктивності мереж

мобільного зв'язку і забезпечення повноцінної «смартфонізації» мобільної мультимедійної сфери. Але все ж залишається питання: чи здатен цей розрекламований стандарт задовольнити вимоги теперішніх користувачів. На сьогоднішній день існує декілька специфікацій LTE різних релізів з різними заявленими швидкостями [6,7] передачі даних:

3. LTE Release 8 (150 Мбіт/с в DL, 50 Мбіт/с в UL)
4. LTE Advanced (326 Мбіт/с в DL, 75 Мбіт/с в UL – при використанні технології MIMO 4x4)

Практично середня швидкість передачі менше, ніж теоретична. В залежності від використовуваної ширини смуги (5,10,20 МГц) і від конфігурації MIMO (наприклад 1x2) досягають таких швидкостей у каналі запиту 18, 36, 75 Мбіт/с. Для оцінки трафіку будемо використовувати тестові дані: 36 Мбіт/с в каналі запиту.

Розрахунок каналу запиту. Отже, повернемося до оцінки трафіку гетерогенної телекомунікаційної системи. Уявимо собі експрес, який рухається зі швидкістю 200-300 км/год. В експресі 10 вагонів, допустимо, у кожному вагоні по 10 абонентів. Сумарна кількість абонентів в експресі дорівнює 100 абонентів. Всередині вагонів зв'язок забезпечується за допомогою стандарту WiFi. Якщо ми плануємо передавати послуги 4G, тобто пропускна спроможність каналу для передачі сигналу однієї послуги 6-12 Мбіт/с. Ні одна специфікація стандарту LTE не здатна забезпечити такої швидкості передачі даних.

Для того, щоб оцінити трафік каналу запиту, проаналізуємо запит звичайного користувача такий, як «дивитись фільм онлайн». В середньому довжина запиту становить 20-25 символів (буква, цифра, пробіл). З розрахунку на різні запити, краще взяти максимальну довжину запиту з запасом – 100 символів (наприклад, у різних браузерях установлені різні обмеження від 80 до 400 символів для введення в пошуковому рядку). Беручи до уваги різноманітність символів після кодування кожен символ матиме 6 біт. Отже, максимальна довжина запиту одного користувача становитиме 600 біт, а від всіх ста користувачів експресу 60 Кбіт. Поділимо максимальну довжину сумарних запитів на швидкість, яку можливо досягнути в каналі запиту – 18 Мбіт/с, отримаємо часовий інтервал – 3,33 мс. Поділивши максимальну довжину запиту від одного користувача 600 біт на отриманий часовий інтервал, отримаємо необхідну швидкість для каналу запиту на одного користувача – 180 Мбіт/с. В кожному вагоні розміщені точки доступу. Трафік зворотного каналу кожних двох вагонів поступає на ретранслятори, які в свою чергу передають цей трафік до головної станції. Головна станція забезпечує передачу цих запитів на базову станцію за допомогою технології LTE.

Процес обробки користувацьких даних для передачі в каналі «вверх» схожий з каналом «вниз». Він включає каналне кодування, скремблювання, і формування модуляційних символів [8,9]. При організації висхідного каналу в специфікаціях LTE береться до уваги те, що в якості відправника вступає абонентський термінал і допустима потужність випромінювання повинна

бути менше, тому OFDM використовувати недоцільно через високе співвідношення максимальної і середньої потужності сигналу. Особливістю лінії «вверх» мережі являється використання технології множинного доступу SC-FDMA (Single Carrier – Frequency Division Multiple Access) з однією несучою. Основна конфігурація лінії «вверх» при використанні MIMO 2x2 припускає використання двох передаючих антен на мобільному терміналі та 2 прийомних антен на базовій станції. Також при плануванні висхідного каналу повинен передбачатись спосіб демодуляції сигналу на прийомній стороні – на базовій станції, тобто потрібно передавати заранню відомі базовій станції послідовності інформаційних символів для забезпечення умов когерентного прийому сигналів та демодулюючих пілот-сигналів. Отже, повертаючись до нашого експресу, планування організації висхідного каналу повинно включати всі згадані особливості. Головна станція повинна бути прийомо – передаючим пристроєм, в якому прийом працює на WiFi, а передача – LTE. Для цього можна використовувати декілька пристроїв з такими можливостями – дещо модифіковані інтернет-центри. Це пристрої, які слугують для підключення до мережі LTE і одночасно можуть роздавати інтернет по WIFI. В такому пристрої блок WiFi може функціонувати в діапазоні частот 2,4 ГГц, а LTE в діапазонах Band 7 (2,5 – 2,69 ГГц), а потужність випромінювання сягає 23-25дБм.

Висновки. Отже, підсумовуючи всю вище згадану інформацію, можна говорити про те, що для надання послуг 4G в експресі, що рухається зі швидкістю 200-350 км/год, в прямому каналі не можна використовувати стандарт LTE. Але ця технологія з легкістю може задовольнити вимоги до трафіку у висхідному каналі.

Література

- http://en.wikipedia.org/wiki/In-car_Internet .
- <https://www.press.bmwgroup.com/> BMW Car Hotspot LTE. BMW Group sets new standards in “auto”-mobile internet technology.
- <http://www.telecoms.com/54943/china-mobile-brings-td-lte-to-high-speed-trains/>
- М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, Б.Н. Шелковников, А.С. Ящук и др. Проблемы построения мультисервисной распределительной сети доступа к мобильному терминалу абонента, движущегося с высокой скоростью // Электроника и связь, №2 (61), 2011, с. 163-169.
- К.С. Сундучков, С.Э. Волков, И.К. Сундучков, М.А. Кузьева, А.С. Ящук. Метод расчета параметров радиоканала беспроводного доступа к мобильным терминалам в миллиметровом диапазоне. // “Известия ВУЗов. Радиоэлектроника”, Том 56, №4, 2014.
- <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>.
- <http://www.nokiasiemensnetworks.com/press/press-releases/passengers-stay-online-while-on-track-with-thalys> .
- <http://anisimoff.org/lte/>
- <http://cmpo.vlu.ru/edu/2013/A7.pdf>.

БАГАТОКАНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ «МВОК» МОДУЛЯЦІЇ**Касьяненко Д.Г., Ковальчук К.П., Мазуренко О.В.***Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»**E-mail: mazurenko.alexander@gmail.com***Multichannel usage of MBOK modulation**

The principle of Multichannel usage of M-ary Bi-Orthogonal Keying, its encoder scheme and basic performance values are presented in this paper. Performance values for introduced technique are accompanied with such values for another multichannel method of DS-CDMA for comparison reason. All theoretical issues are accompanied with simulation results in MatLAB software packages.

В системах безпроводового зв'язку з кодовим розділенням сигналів (CDMA) cdma2000 чи WCDMA [1] каналоутворення на фізичному рівні відбувається шляхом прямого розширення спектру (DSSS) за допомогою наборів ортогональних розширюючих послідовностей (ОРП). Особливість даного методу полягає в тому, що кожний інформаційний символ представляється однією ОРП з набору. Максимальна кількість ОРП, які передаються одночасно, визначається коефіцієнтом розширення спектру чи кількістю символів в ОРП. Даний метод дозволяє боротися з багатопроменевістю та забезпечує стійкість системи проти завад. Але відповідно до природи DSSS при збільшенні коефіцієнта розширення спектру зменшується швидкість передачі в одному каналі таких систем. Також, збільшення кількості активних каналів призводить до зменшення отриманого виграшу в завадозахищеності в кількість разів, що рівна кількості працюючих каналів.

З іншого боку існує М-арне бі-ортогональне кодування (M-ary bi-orthogonal keying – МВОК/МБОК) [2]. Цей метод не використовує технологію DSSS. Ця технологія використовує повні ансамблі ОРП, як Уолша чи інші, в яких кількість ортогональних послідовностей рівна 2^n , $n \in \mathbb{N}$, де кожній послідовності (бінарному відображенню її індексу порядку в ансамблі) відповідає своє інформаційне повідомлення з n біт. Отже, сигнальний алфавіт МБОК утворюється сукупністю індексів ОРП в ансамблі. Таким чином, швидкість передачі в каналів МБОК є вищою ніж при DSSS, але МБОК не є багатоканальною технологією.

Проблема низької швидкості передачі даних в каналі DSSS була вирішена використанням ортогональних каналоутворюючих кодів зі змінним коефіцієнтом розширення спектру OVFSF. Але при її використанні спостерігається зменшення завадостійкості каналу при зменшенні коефіцієнта розширення, також виникає необхідність повторної оцінки каналу та переналаштування приймача при зміні коефіцієнта розширення спектру.

Кращим методом передачі даних з точки зору спектральної ефективності, що немає недоліків OVSF може бути багатоканальне використання МБОК (БМБОК) для систем CDMA. Обґрунтування даної ідеї є основою даної роботи. Дослідження продуктивності БМБОК проведено у порівнянні з DS-CDMA, оскільки прототипи даних технологій біли визначені фірмою Harrison як конкурентні при створенні стандарту 802.11b [3].

Для організації БМБОК необхідно, щоб передані ОРП містили інформацію про номер каналу чи порядок зчитування повідомлень, якщо один абонент використовуватиме для передачі декілька логічних каналів. Для цього в переданому повідомленні, що виражається індексом ОРП необхідно пожертвувати $k < n$ бітами, при цьому кількість каналів БМБОК рівна 2^k .

Отже, у БМБОК старші біти двійкового представлення індексу ОРП в ансамблі відповідають за номер каналу з кодовим розділенням, а молодші за безпосередньо передану інформацію по каналу з відповідним номером. Наприклад, якщо БМБОК використовує ансамбль з 1024 ОРП для організації 16 каналів, то з 11 наявних біт для передачі (10 ($2^{10}=1024$) біт на індекс послідовності + 1 біт полярності) перші 4 ($2^4=16$) біт відповідають за номер каналу наступні 7 біт (1 полярності + 6 індексу) виділяються для безпосередньої передачі інформації. Отже, 1024 послідовності з наявного ансамблю розбиваються на 16 рівномірних блоків по 64 послідовності, що слідує один за одним. Передача інформації по k -ому каналу забезпечується передачею однієї з 64-ох послідовностей з k -ого блоку послідовностей.

Структурна схема квадратурного БМБОК кодера відображена на рис.1.

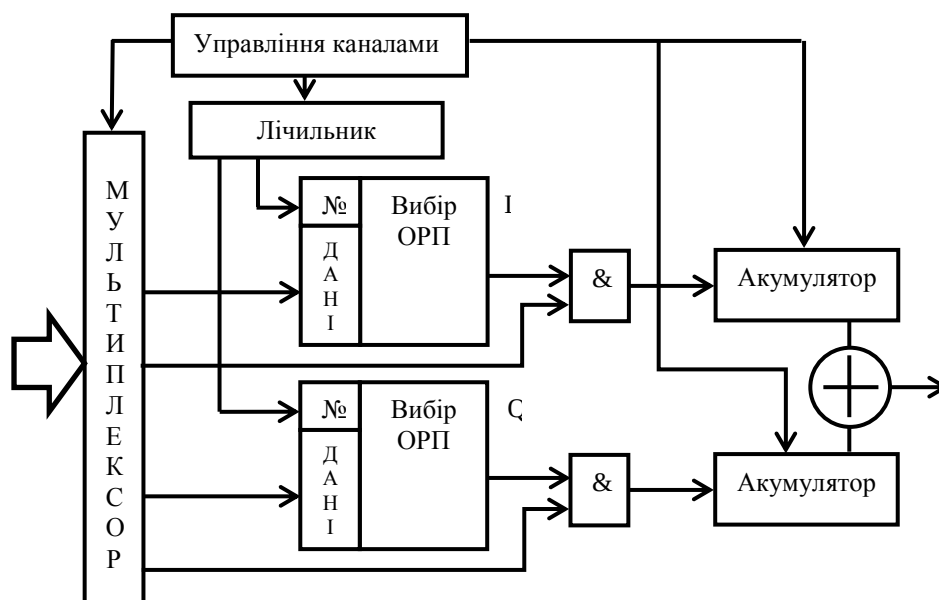


Рис. 1. Квадратурний БМБОК кодер

Для модуляції БМБОК використовує АФМ-3/9 модуляцію, що є аналогом ФМ-2/4 з відмінністю у тому, що містить позиції нульових амплітуд на синфазній та квадратурній осях модуляційного сузір'я. Хоча при передачі відповідної ОРП використовується ФМ-2/4, але нульові позиції, які виділяються при зворотному швидкому перетворенні Уолша (ЗШПУ), також

несуть інформацію про те, що «невірні» ОРП не передаються. Варто відмітити, що перед процесом цифрової демодуляції відбувається ЗШПУ, яке і виділяє індекс переданого повідомлення.

Оскільки у CDMA систем максимальна спектральна ефективність при ФМ-2 рівна 1 біт/с/Гц, а при використанні не повного набору каналів вона буде меншою, то надалі такий показник будемо називати використаною спектральною ефективністю. Залежність використаної спектральної ефективності для БМБОК та DS-CDMA відображено на рис.2. Залежність рівня бітової помилки (РБП) від відношення сигнал/шум (ВСШ) у одному каналі з АБГШ 64 каналної CDMA системи з БМБОК та DS-CDMA каналними кодерами відображена на рис.3. Показники відображені на рис.2, 3 отримані в результаті симуляції моделі передачі з БМБОК та DS-CDMA в каналі з АБГШ з використанням програмного пакету МАТЛАБ.

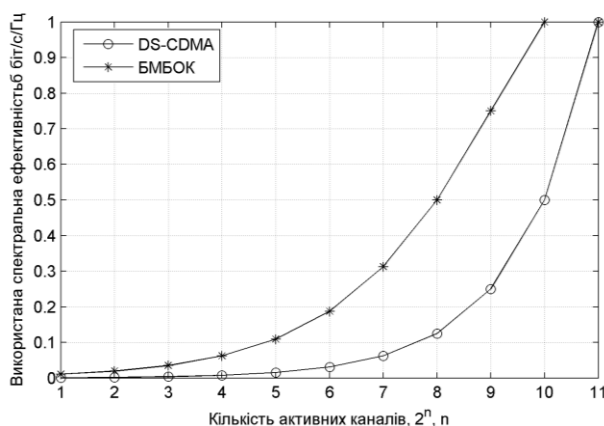


Рис. 2. Спектральна ефективність

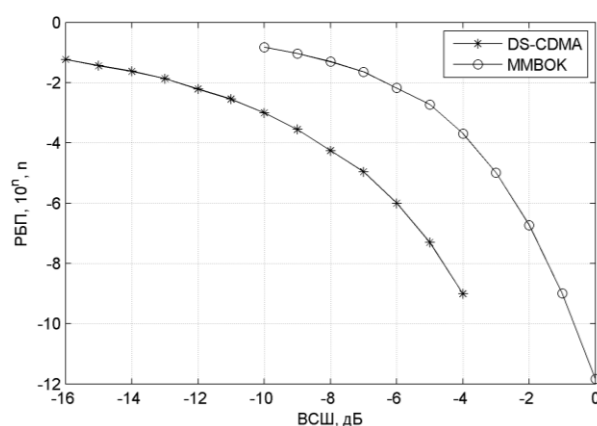


Рис. 3. Рівень бітової помилки

Як видно з рис.2, 3. БМБОК виграє у DS-CDMA у спектральній ефективності при однаковій кількості активних каналів завжди, проте програє у енергетичній ефективності у 2 рази при використанні «однакової» модуляції ФМ2-АФМ3. Отже, система БМБОК з кількістю активних каналів в 2 рази меншою ніж DS-CDMA (для вирівнювання енергетичної ефективності) буде завжди ефективнішою за загальною швидкістю передачі в системі CDMA.

Висновки. У роботі представлений новий метод багатоканального М-арного бі-ортогонального кодування, принципова схема його квадратурного кодера та принцип його роботи. Моделювання роботи даного методу показало, що його спектральна ефективність у порівнянні з DS-CDMA завжди більша, а енергетична програє в 2 рази при будь-якій кількості активних каналів.

Література

1. Гепко И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития.- К.: «ЕКМО», 2009. - 672с.
2. D.J. Richard van Nee. Patent No.: US 7,583,582 B2. M-ary orthogonal keying system. Date of Patent : Jul. 10, 2006.
3. [http://www.ieee802.org/11/Documents/DocumentArchives/1998_docs/Feb98/80462B%20Briefing %20Harris.pdf](http://www.ieee802.org/11/Documents/DocumentArchives/1998_docs/Feb98/80462B%20Briefing%20Harris.pdf).

МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО РЕСУРСА В НИСХОДЯЩЕМ КАНАЛЕ СВЯЗИ ТЕХНОЛОГИИ LTE

Гаркуша С.В., Аль-Дулайми А.М.Х., Ал-Джанаби Х.Д.К.

*Полтавский университет экономики и торговли, Одесская национальная
академия связи им. А.С. Попова*

*E-mail: sv.garkusha@mail.ru, aymenaldulaimi@yahoo.com,
danyal_for_ever@mail.com*

Planning model time-frequency resources in a downlink of LTE

A comparative analysis of the proposed model of distribution time-frequency resource of LTE technology with the existing methods in terms of the overall performance of the downlink, the degree of balancing capacity, as well as the probability of user stations isolation the desired baud rate.

В технологии LTE (Long-Term Evolution), разработанной 3GPP (3rd Generation Partnership Project), одним из эффективных путей повышения производительности и улучшения основных показателей качества обслуживания (Quality of Service, QoS) является усовершенствование сетевых протоколов и механизмов, отвечающих за планирование доступных сетевых ресурсов. К подобного рода ресурсам, прежде всего, относятся временной ресурс – OFDM-символы и частотный ресурс – частотные поднесущие [1, 2].

Проанализированы методы распределения частотного и временного ресурсов, использующие алгоритм Round Robin Scheduler, Max C/I Ratio и Proportional Fair Scheduling. Проведенный анализ показал, что использование указанных методов направлено на применение для интерактивного "best effort" класса данных. Использование указанного класса обслуживания (Class of Service, CoS) обеспечивает доставку данных пользовательским станциям (User Equipment, UE) по мере возможностей без гарантий скорости передачи данных. Повышение качества обслуживания при планировании частотно-временного ресурса каждой UE должно быть направлено на обеспечение гарантированной скорости передачи с возможностью доступа к дополнительной (не гарантируемой) полосе пропускания.

В связи с этим в [1, 2] предложена математическая модель планирования частотно-временного ресурса в нисходящем канале связи технологии LTE, сформулированная как задача распределения блоков планирования (Scheduling Block, SB), для обеспечения гарантированной скорости передачи UE.

Математическая модель. Предложенная математическая модель направлена на применение в беспроводных сетях технологии LTE, использующих временное и частотное разделение каналов. В ходе решения задачи распределения блоков планирования в рамках предложенной модели необходимо выполнить ряд важных условий-ограничений: условие

закрепления каждого SB нисходящего канала связи на протяжении передачи каждого подкадра не более чем за одной UE; условие выделения UE блоков планирования только нисходящего канала; условие закрепления за каждой UE количества SB, обеспечивающего необходимую скорость передачи в нисходящем канале связи при используемой схеме модуляции и кодирования (Modulation and Coding Scheme, MCS); условие объединения SB в группы ресурсных блоков (resource block groups, RBG), удовлетворяющих ширине используемого частотного канала. Задача распределения SB решается с использованием критерия оптимальности, направленного на максимизацию общей производительности нисходящего канала связи.

В качестве примера получено решение сформулированной в работе оптимизационной задачи с использованием системы MatLab R2012b. При этом в была задействована программа minlpAssign пакета оптимизации TOMLAB. Как показали результаты моделирования общая производительность нисходящего канала связи при использовании известных методов на протяжении всего интервала измерения не изменялась и составила для метода Round Robin – 0,9622 Мбит/с, метода Proportional Fair – 1,2377 Мбит/с, а для метода Max C/I Ratio – 1,4192 Мбит/с. Общая производительность нисходящего канала связи при использовании предложенной модели на участке $R_{trb}^n = 0 \div 0,15$ Мбит/с имела максимальное значение, соответствующее методу Max C/I Ratio и составляла 1,4192 Мбит/с. На интервале $R_{trb}^n = 0,15 \div 0,26$ Мбит/с общая производительность уменьшилась на 3 % до значения 1,3641 Мбит/с.

На рис. 1 приведены результаты моделирования отображающие динамику изменения степени балансировки пропускной способности нисходящего канала между UE, которая определялась в соответствии с выражением

$$F^i = 1 - (\max_n R_n^i - \min_n R_n^i) / \sum_{n=1}^N R_n^i,$$

где R_n^i – скорость передачи n -й UE на i -м интервале измерения, $n = \overline{1, N}$, N – количество UE.

Как показали результаты моделирования (рис. 1) степень балансировки пропускной способности нисходящего канала при использовании известных методов на протяжении всего интервала измерения не изменялась и составила для метода Round Robin – 0,9421, для метода Proportional Fair – 0,9163, а для метода Max C/I Ratio – 0,8214. Степень балансировки пропускной способности нисходящего канала связи при использовании предложенной модели на участке $R_{trb}^n = 0 \div 0,15$ Мбит/с имела минимальное значение, соответствующее методу Max C/I Ratio и составляла 0,8214, а на интервале $R_{trb}^n = 0,15 \div 0,26$ Мбит/с увеличилась до значения 0,9859.

На рис. 2 приведены результаты расчета вероятности выполнения требований по скорости передачи, выделяемой всем UE, которая на i -м интервале измерения определялась из выражения

$$P^i = \sum_{n=1}^N Q_n^i / N,$$

где $\sum_{n=1}^N Q_n^i$ – количество UE, которым выделена требуемая скорость передачи

на i -м интервале измерения, т.е. $Q_n^i = \begin{cases} 0, & \text{если } R_n^i < R_{\text{треб}}^i; \\ 1, & \text{если } R_n^i \geq R_{\text{треб}}^i. \end{cases}$

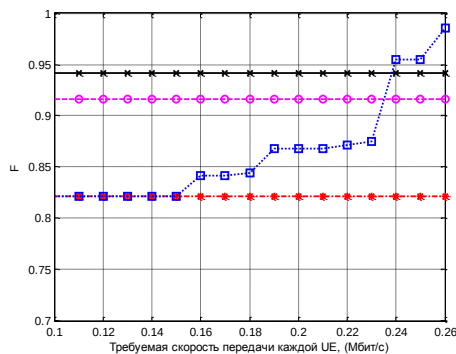


Рис. 1. Степень балансировки пропускной способности нисходящего канала связи, где —*— соответствует методу Round Robin, —*— методу Max C/I Ratio, —○— методу Proportional Fair, —□— предлагаемой модели

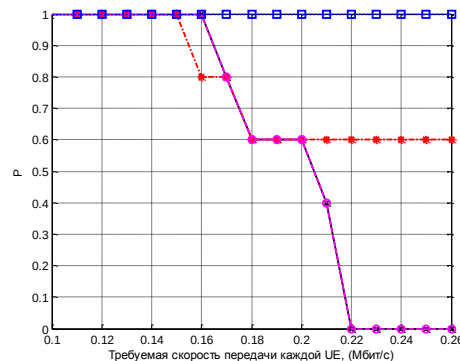


Рис. 2. Вероятность выделения UE требуемой скорости передачи, где —*— соответствует методу Round Robin, —*— методу Max C/I Ratio, —○— методу Proportional Fair, —□— предлагаемой модели

Как показали результаты моделирования выполнение требований по скорости передачи известными методами обеспечивается только при невысоких значениях $R_{\text{треб}}^n = 0 \div 0,15$ Мбит/с. Использование предложенной модели обеспечивает выделение требуемой скорости передачи UE на всем интервале измерения $R_{\text{треб}}^n = 0 - 0,26$ Мбит/с.

Выводы. Сравнительный анализ показал, что в условиях высоких требований к скорости передачи пользовательских станций использование предложенной модели, по сравнению с известными методами, позволяет на 5-20 % повысить степень балансировки пропускной способности нисходящего канала связи (рис. 1), а также на 40-100 % повысить вероятность выделения пользовательским станциям требуемой скорости передачи (рис. 2). При этом производительность нисходящего канала связи, в условиях высоких требований к скорости передачи, на 3 % меньше производительности получаемой с использованием метода Max C/I Ratio и на 10-42 % больше производительности с использованием методов Round Robin и Proportional Fair.

Литература

1. Гаркуша С.В., Василенко Ю.А. Модель планирования частотно-временного ресурса в нисходящем канале связи технологии LTE // Научно-технический Вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – Вып. 3(85). – С. 92-98.
2. Гаркуша С.В. Модель распределения блоков планирования в нисходящем канале связи технологии LTE // Грузинский электронный научный журнал: Компьютерные науки и телекоммуникации. – 2013. – Вып. 3(39). – С. 76-94.

ТЕХНОЛОГІЯ WIMAX ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗВОРОТНЬОГО КАНАЛУ В МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ АБОНЕНТІВ, ЩО РУХАЮТЬСЯ В ЗАЛІЗНИЧОМУ ЕКСПРЕСІ

Гончарова С.В., Сундучков К.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: goncharovasabina@gmail.com

Using WIMAX technology for interrogation channels in a mobile network for subscribers moving into a high expression

In this paper the possibility of using technology WIMAX 2.0 for organization of interrogation channel in mobile communication networks for customers who are moving in the rail express at a speed of 200-350 km/h.

На сьогоднішній день досягнення в мобільного зв'язку не задовольняють потребам суспільства у наданні сучасних телекомунікаційних послуг в будь-якому місці в будь-який момент часу. У найближчому майбутньому необхідно буде забезпечити доставку сигналів послуг 4G мобільним терміналам, що рухаються зі швидкістю 300 км/год. Сьогодні автори наукових робіт пропонують нові технічні рішення проблеми підвищення швидкості руху мобільних терміналів в залізничних експресах при прийомі сигналів послуг 4G. Одним з яких є: рознести прямий і зворотній канали за діапазонами частот. Прямий високошвидкісний канал передачі даних організувати в міліметровому діапазоні довжин хвиль, а зворотній канал виконати в сантиметровому діапазоні довжин хвиль[1,2]. У даній роботі розглянута можливість використання технології WIMAX 2.0 для організації зворотнього каналу в мережі мобільного зв'язку із 100 абонентів, що рухаються зі швидкістю 300 — 350 км/год.

Основні характеристики технології WiMAX 2.0. WiMAX — це система далекої дії, що покриває кілометри простору, яка зазвичай використовує ліцензовані спектри частот (хоча можливо і використання не ліцензованих частот) для надання з'єднання із Інтернетом типу точка-точка провайдером кінцевому користувачеві. Різні стандарти сімейства 802.16 забезпечують різні види доступу, від мобільного (схожий з передачею даних із мобільних телефонів) до фіксованого (альтернатива провідникового доступу, при якому бездротове обладнання користувача прив'язане до розташування). Нас цікавлять мобільні стандарти WIMAX: Mobile WiMAX Release 1.0 (802.16e), Mobile WiMAX Release 2.0 (802.16m). Стандарт 802.16e орієнтований на роботу з користувачами, що пересуваються зі швидкістю до 120 км/год, а 802.16m — 350 км/год. З чого видно, що нам підходить тільки WiMAX 2.0[3].

Технологія WIMAX 2.0 має набагато кращі характеристики, ніж технології ранніх релізів. У системах WiMAX 2.0, основаних на новому

стандарті IEEE 802.16m, об'єднуються нові й уже існуючі методики для підвищення швидкості та надійності передачі великих об'ємів мультимедійних даних у мобільних мережах: ефективна підтримка кількох одночасно працюючих користувачів у мережі технологією OFDMA, висока пропускна здатність, якість обслуговування, масштабованість, покращення каналу управління та бюджету каналу. Висока пропускна здатність: використання системи MIMO 4x4, кодування та модуляції дозволяє технології Mobile WiMAX підтримувати високу швидкість та надійність передачі даних. Підвищення якості сервісу досягається за рахунок високої пропускної здатності та гнучкої диспетчеризації. Масштабованість: незважаючи на глобалізацію економіки, регулювання ресурсів діапазону частот у світі часто виявляється «не синхронізованим», а методики мобільного WiMAX розроблені таким чином, щоб вони могли функціонувати в діапазоні від 1.25 до 20 МГц. Покращення каналу управління та бюджету каналу досягається за рахунок використання різних схем передачі й більш надійного формату кадрів[4]. Стандарт 802.16m також включає покращений сервіс визначення місця розташування по базовим станціям, розширені можливості розсилки широкомовних повідомлень, більш суворі заходи безпеки. Всі ці нововведення дають можливість підвищити швидкість передачі даних. На одній смузі 20 МГц тепер можуть одночасно підтримуватися до 80 VoIP з'єднань[5].

В жовтні 2010 року інститут інженерів електроніки та електротехніки (IEEE) затвердив стандарт IEEE 802.16m, відомий як WirelessMAN-Advanced і WiMAX-2. Він дозволить підвищити пропускну здатність бездротових мереж в кілька разів. Так, стаціонарне обладнання в мережах нового покоління в теорії може приймати дані на швидкості до 1 Гбіт/с, а мобільні гаджети та портативні комп'ютери - до 100 Мбіт/с. При цьому зберігається зворотня сумісність з існуючим устаткуванням WiMAX ранніх релізів[3].

Розрахунок зворотнього каналу. Розглянемо експрес, що складається з 10 вагонів, в кожному з яких знаходиться 10 абонентів. Зворотній трафік, з кожного вагону передається, за допомогою Wi-Fi, на головну станцію центрального вагону. А далі передача повинна здійснюватись на базову станцію за допомогою WiMAX 2.0. Оскільки канал запиту в нашому випадку буде являти собою досить просту систему, метою якої є передача коротких повідомлень користувача про заявлену послугу, то надто великої швидкості він, відповідно, не потребує. Для передачі коротких команд абонентів мережі достатньо 100 кбіт/с[6]. Розрахуємо яку швидкість WiMAX 2.0 може надати кожному абоненту для зворотнього каналу. У зворотньому каналі, середня довжина запиту складає від 10-100 символів. Існує обмеження на кількість символів в адресному рядку браузерів. Максимальна кількість символів в кожному браузері істотно відрізняється. Наприклад: Microsoft Internet Explorer - 2.048 символів, Firefox - більше 100 символів, Safari - більше 80 символів, Opera - більше 190 символів, Mozilla Firefox - більше 65 символів не відображається в адресному рядку[7]. Для розрахунку,

прийемо максимальну довжину кожного запиту 100 символів. Враховуючи різноманітність символів, після кодування, кожен символ буде займати 6 біт, тобто максимальна довжина запиту становитиме 600 біт. Для 100 абонентів експреса сумарна максимальна довжина одночасних запитів становитиме 60 Кбіт. Так як на практична швидкість для мобільних терміналах не досягає теоретичної, для розрахунку будемо використовувати швидкість 15 Мбіт/с. Поділивши максимальну сумарну довжину запитів з експреса на швидкість, отримаємо довжину одного часового діапазону - 4 мс. Поділивши максимальну довжину запиту від одного користувача на довжину часового діапазону, отримаємо необхідну швидкість для зворотнього каналу від кожного абонента - 150 кбіт/с.

Висновок. Отже, технологію WiMAX 2.0 може забезпечити швидкість зворотнього каналу від одного абоненту - 150 кбіт/с, що повністю відповідає зазначеним вимогам до швидкості зворотнього каналу - 100 кбіт/с З вище приведеної інформації та розрахунку можна зробити висновок про те, що технологію WiMAX 2.0 підходить для організації зворотнього каналу в мережі мобільного зв'язку із 100 абонентів, що рухаються в залізничному експресі зі швидкістю 300 —350 км/год.

Література

- М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, С.Э. Волков, И.К. Сундучков, М.А. Кузява, А.К. Сундучков. Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система 4G с беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентам // “Зв’язок”, №7-8, 2008, стр. 28-32.
- М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, Б.Н. Шелковников, А.С. Ящук и др. Проблемы построения мультисервисной распределительной сети доступа к мобильному терминалу абонента, движущегося с высокой скоростью // Электроника и связь, №2 (61), 2011, с. 163-169.
- WiMAX [Electronic resource]/Интернет-ресурс. – Режим доступа: <http://uk.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
- Дрововозов В.І., Бригинець О.М., Толстікова О.В., Гребініченко К.С. - Застосування технології Mobile WiMAX 2.0 для підвищення швидкості та надійності передачі даних в мережах зв'язку // ИУС и КМ 2011, секція №7, стр. 107-111.
- Mobile WiMAX [Electronic resource]/Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL:http://www.celnet.ru/WIMAX.php](http://www.celnet.ru/WIMAX.php)
- Каламбет О.Ю., Сундучков К.С. Використання технології WI-FI для організації в експрес-потязі каналу запиту в мережі мобільного зв'язку // VII-й науково-практичний семінар „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”, 24 жовтня 2013 року, стр. 123-124
- Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL:https://www.megaindex.org/maximalnoe-kolichestvo-simvolov-v-url](http://www.megaindex.org/maximalnoe-kolichestvo-simvolov-v-url)

СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ АРХІТЕКТУР ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ НАДАНІ СУЧАСНИХ ПОСЛУГ

Дробик О.В., Ковальчук Ю.П., Копійка О.В.

Державний університет телекомунікацій, Україна

E-mail: o_drobik@ukr.net

The researches which are directed on the structural synthesis of architectures of four basic networks: transport, IR-networks, mobile and fixed communication networks are presented.

Основною тенденцією розвитку телекомунікаційної інфраструктури останнього часу є конвергенція мереж, послуг, служб, телекомунікаційного та термінального обладнання.

При цьому, змінюється основна сутність телекомунікаційних послуг. Послуги з інфраструктурних проектів переходять в розряд контент («хмарових») послуг, а успіх при наданні телекомунікаційних послуг починають досягати не оператори, а провайдери.

В найближче десятиліття глибокий вплив на бізнес будуть мати «хмарові» технології. Сьогодні ними користуються 46 відсотків опитаних компаній, а ті підприємства, які ще це не зробили, планують перейти від традиційних центрів обробки даних до хмарним обчислень протягом найближчих п'яти років. До 2020 року інформаційно - технологічні обчислення майже повністю перейдуть в хмару, а кордон між корпоративними та персональними обчисленнями виявиться сильно розмитим.

Ці тенденції докорінно змінюють і принципи організації телекомунікаційних мереж, як основи надання всіх видів телекомунікаційних послуг.

В нашому дослідженні ми виділяємо чотири мережі (транспортну, ІР-мережу, мережі мобільного та фіксованого зв'язку). Для уніфікації архітектур для кожної мережі виділяємо вісім комплексів мережних ресурсів (рівнів): мережа клієнта; доступ; агрегація; край; ядро; обробка даних; обробка сигналізації; управління мережними ресурсами. Можливості платформи сучасних мережних ресурсів однозначно визначають спроможність створення мережних послуг. Платформа мережних ресурсів взаємодіє з платформою мережних послуг виключно через рівень обробки сигналізації.

Рівень мережа клієнта виконує наступні задачі:

- Уведення-виведення інформації;
- Обробка даних;
- Підключення клієнтських терміналів;
- Транспортування трафіку від клієнтських терміналів до рівня доступу.

Рівень доступу виконує наступні задачі:

- Підключення клієнтських мереж (у виродженому випадку – клієнтського терміналу);

- Транспортування трафіку від мереж клієнтів до рівня агрегації.

Рівень агрегації виконує наступні задачі:

- Підключення вузлів доступу (оптичного, xDSL, безпроводового);

- Транспортування трафіку від вузлів доступу до рівня краю.

Рівень край виконує наступні задачі:

- Підключення вузлів агрегації;

- Пропуск (із застосуванням політик) даних та сигналізації в мережу (RCEF, C-BGF);

- Перекодування даних на переходах в інші мережі (T-MGF);

- Транспортування трафіку від вузлів агрегації до рівня ядра чи в інші мережі.

Рівень ядро виконує наступні задачі:

- Підключення крайових маршрутизаторів (абонентського доступу, обробки даних, обробки сигналізації, з'єднань з операторами);

- Транспортування трафіку між крайовими маршрутизаторами.

Рівень обробка даних виконує наступні задачі:

- Обробка клієнтських даних (MRFP).

Рівень обробка сигналізації виконує наступні задачі:

- Управління клієнтськими запитами на обмін даними (AGCF, P-CSCF, A-RACF, SPDF);

- Управління запитами на обробку клієнтських даних (MRFC);

- Управління запитами на обмін даними з іншими мережами (BGCF, MGCF, SGF);

- Забезпечення обробки в т.ч. маршрутизація усіх запитів (I/S-CSCF).

Рівень управління мережними ресурсами виконує задачу взаємодії з OSS.

Платформа мережних послуг складається з шести комплексів (рівнів): абстракція мережних ресурсів; внутрішні інтерфейси мережних послуг; логіка мережних послуг; зовнішні інтерфейси мережних послуг; загальні функції мережних послуг; управління мережними послугами.

Рівень абстракції мережних ресурсів містить в собі мережні адаптери (мережні активатори низького рівня, що забезпечують доступ до відповідних мережних елементів та мережним можливостям). Рівень абстракції мережних ресурсів являє собою прошарок абстракції мережі. Оперує сутністю «технологічна операція».

Рівень внутрішніх інтерфейсів мережних послуг абстрагує для рівня, що лежить вище, сервісні можливості мережі. Оперує сутністю «компонента мережної послуги». Прикладом інтерфейсів цього рівня є набір OSA/Parlay API.

Рівень логіки мережних послуг абстрагує для рівня, що лежить вище, засіб реалізації послуг в серверах застосувань. На цьому рівні, по суті, з'являється закінчена мережна послуга, яка сама по собі має пожовчу цінність або може бути включена у склад іншої послуги. Мережна послуга може входити в склад продуктів компанії або бути виставлена назовні та включена до складу продуктів третіх компаній. Оперує сутністю «мережна послуга».

Рівень зовнішніх інтерфейсів мережних послуг забезпечує доступ до сервісів третіх сторін. Прикладом інтерфейсу цього рівня є набір Parlay-X API.

Рівень загальних функцій мережних послуг містить компоненти, що необхідні для реалізації всіх послуг, їх компонентів та інтерфейсів. На цьому рівні описуються необхідні передумови для нормального функціонування сервісу. Рівень загальних функцій мережних послуг включає до себе функціональність SDF Infrastructure Support Service (TM Forum). Рівень забезпечує функціональність: Управління сесіями; Управління ідентифікацією; Управління профілем; Управління ресурсами; Каталог послуг; Середовище виконання.

Рівень управління мережними послугами забезпечує підтримку життєвого циклу мережних послуг. Рівень управління мережними послугами включає до себе функціональність SDF Management Support Service (TM Forum).

Платформа мережних послуг взаємодіє з платформою мережних ресурсів виключно через рівень абстракції мережних ресурсів.

В межах забезпечення процесів надання комунікаційних послуг сервісна платформа взаємодіє з платформою підтримки операційних процесів через рівні управління мережними послугами та логіки мережних послуг. По цим інтерфейсам сервісна платформа віддає дані про об'єми споживання послуг, та також приймає команди на активацію/деактивацію сервісів на мережі (при цьому обробкою замовлення на продукт, його декомпозицією на послуги, управлінням послідовністю операцій активації сервісів на мережі займається платформа підтримки операційних процесів).

Можливості платформи мережних послуг визначають, які саме послуги можуть бути реалізовані для споживачів. Такий підхід забезпечує можливості для формування нової архітектури телекомунікаційних систем та надання послуг за рахунок використання хмарних технологій.

Висновок. Структурний синтез архітектур чотирьох основних телекомунікаційних мереж та аналіз існуючих та перспективних телекомунікаційних послуг дає змогу зробити наступні висновки:

1. Сучасні сесійні протоколи забезпечують надання всього спектру мультимедійних послуг.
2. Найбільш перспективними та ефективними для сучасних послуг є «Хмарові» технології.
3. Для забезпечення надання сучасних та перспективних телекомунікаційних послуг достатньо бути провайдером послуг, який використовує телекомунікаційні інфраструктури операторів для транспорту інформації.

Література

1. Еталонні архітектури MSA. – К.: Майкрософт Україна; К.: Видавнича група BHN, 2005. – 352 с.
2. O.Kopeika, I.Tarasenko, A.Kisselevskiy, A.Karichenskiy, T.Valiulin Softline applies TMF standards as a guide when building Resource Inventory solution for nation-wide carrier Ukraine Telecom// TM Forum Case Study Handbook, Volume 3, May 2007 – S. 27.

АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ СЕТЕЙ MANET, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ КОМБИНИРОВАННУЮ МЕТРИКУ ВЫБОРА КОНТРОЛЛЕРА

Згурский А.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: oleksii.zghurskyi@gmail.com

An analysis of hierarchical selforganizing protocols for MANET with weighted metric for controller selection

The paper presents formal definition of weighted clustering problem and gives analysis of several protocols that solve this problem using different approaches.

Сети MANET (Mobile Ad Hoc Networks) – это сети подвижных радиоустройств, связь между которыми организовывается без дополнительной инфраструктуры. Эти сети имеют ряд особенностей: 1) узлы сети равноправны; 2) связность между узлами динамически изменяется; 3) каждый узел выполняет функции маршрутизации и ретрансляции данных; 4) ресурсы узлов ограничены.

Сети MANET находят практическое применение в распределенных системах управления, сенсорных сетях, сетях устройств, сетях передачи данных и др.

Поскольку сети мобильные сети ad hoc по определению не имеют фиксированной инфраструктуры, то для них особо острыми являются задачи организации логической топологии и поддержки связности. Эти проблемы мотивирует поиск протоколов иерархической самоорганизации.

Кластеризация – это один из способов иерархической самоорганизации сетей MANET. Она заключается в декомпозиции всего множества узлов на отдельные группы (кластеры). В каждой группе выбирается контроллер, которому делегируется задача маршрутизации пакетов между кластерами и управление связью внутри кластера.

Описанный способ передачи данных обеспечивает связность сети и позволяет эффективно использовать ресурсы узлов – в частности, снижается необходимая излучаемая мощность и увеличивается время разряда батарей. Также в иерархической сети можно повысить эффективность маршрутизации, например, за счет применения проактивных протоколов внутри кластеров и реактивных – между кластерами. Кроме того в такой сети легко реализовать иерархические системы адресации.

Определение задачи протокола иерархической самоорганизации

Сеть ad hoc моделируется как ненаправленный граф $G=(V,E)$, где V – множество узлов сети, E – множество линий в сети. Соответственно $|V|$ –

общее количество узлов, а $|E|$ – общее количество линий. В результате мобильности узлов граф меняется со временем.

Каждый узел обладает уникальным идентификатором ID и весом $w_v \geq 0, w_v \in R$. Между узлами v и u существует линия $\{v, u\} \in E$ тогда и только тогда, когда они взаимно принимают сигналы друг друга. Если между узлами существует линия, то узлы являются соседями.

Пример топологии сети ad hoc с введенными обозначениями приведен на рисунке 1.

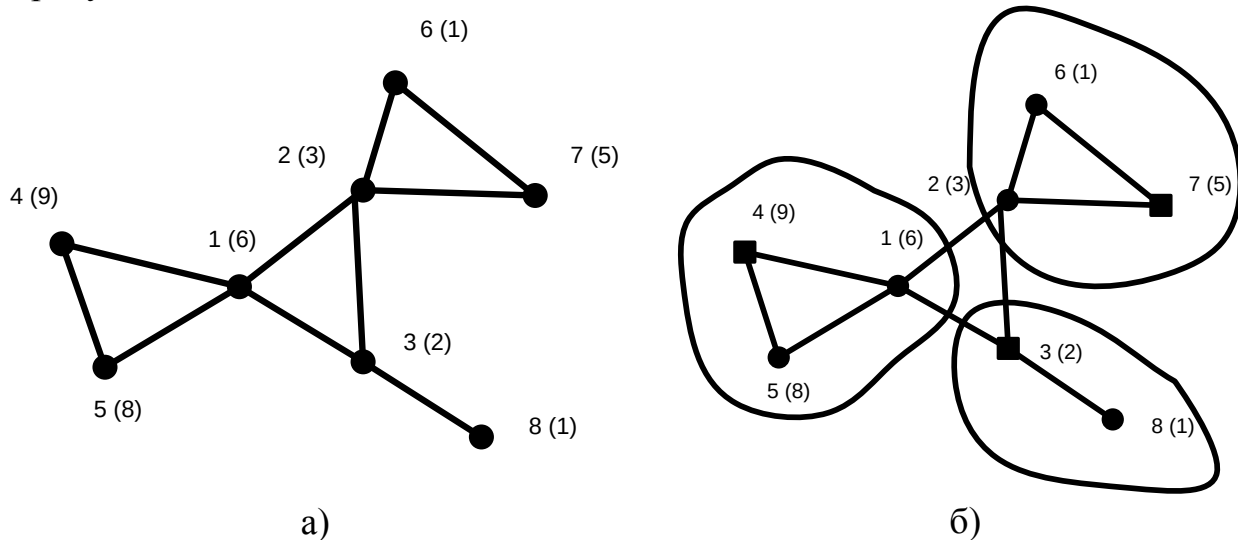


Рис.1. Модель сети ad hoc: а) граф $G = (V, E)$, $|V| = 8$, $|E| = 10$. Каждый узел обозначен его ID и весом; б) граф G разбит на кластеры (контроллеры обозначены квадратами)

Кластером называется подмножество узлов сети. В каждом кластере выбирается контроллер, т.е. узел с определенным значением веса (например, минимальным весом). Таким образом, формируется два уровня иерархии – уровень контроллеров и уровень узлов кластера.

Задачей протокола иерархической самоорганизации является поиск соединенного непересекающегося множества кластеров S , которое охватывает все узлы сети. Так как сеть является самоорганизующейся, то протокол должен быть распределенным, т.е. выполняться независимо каждым отдельным узлом.

Протоколы с комбинированной метрикой выбора контроллера

Кластеризация с комбинированной метрикой основывается на учете нескольких параметров при выборе контроллера.

Weighted Clustering Algorithm – WCA [1]. Взвешенный распределенный протокол кластеризации (WCA) – это один из первых протоколов, основанных на комбинированной метрике для выбора контроллера. Протокол учитывает четыре фактора – центрированный ранг узла (Δ_i), сумму расстояний к соседним узлам (D_i), подвижность в виде средней скорости узла до данного момента времени (M_i), а также общее время, на протяжении которого узел выполняет роль контроллера (P_i). Вес узла W_i рассчитывается локально согласно выражению:

$$W_i = w_1 \Delta_i + w_2 D_i + w_3 M_i + w_4 P_i, \text{ где } \sum_{j=1}^4 w_j = 1$$

$w_{1,2,3,4}$ — весовые коэффициенты для системных параметров.

После вычисления весов узлы обмениваются сообщениями, содержащими их ID и вес — все узлы обязаны обладать информацией о весе остальных узлов. Контроллером выбирается узел с минимальным весом W_i . Процесс выбора контроллера завершается, когда не остается узлов, которые не являются членами кластера, либо контроллерами. Расстояние между контроллерами не может быть больше дальности радиовидимости и при этом они не должны быть соседями.

Протокол содержит процедуру поддержки количества узлов в кластере ниже предопределенного порога, тем самым обеспечивая оптимальные условия для функционирования протокола канального уровня (MAC).

Главным недостатком протокола является зависимость времени выполнения от диаметра сети.

Weight-based adaptive clustering algorithm – WBACA [2]. Протокол WBACA основывается на информации о местоположении узлов, полученной при помощи GPS (Global Positioning System). Эта информация используется для определения степени связности и мобильности узла.

WBACA учитывает следующие параметры в метрике контроллера: излучаемая мощность (Tx), скорость передачи (TR), подвижность (M), заряд батареи (B) и степень связности (D). Контроллером выбирается узел с минимальным весом, рассчитанным по выражению:

$$W_i = w_1 M + w_2 B + w_3 Tx + w_4 D + w_5 / TR, \text{ где } \sum_{j=1}^5 w_j = 1$$

Этот протокол запрещает двум соседним узлам быть контроллерами. Пересекающиеся кластеры соединяются через шлюзы (узлы, соединенные с двумя контроллерами). Остальные узла находятся на расстоянии одного хопа от контроллера.

An Adaptive Weighted Cluster Based Routing Protocol – AWCBRP [3]. При выборе контроллера AWCBRP основывается на весе, вычисленном исходя из трех факторов — мощности (D_1), связности (D_2) и к-те стабильности (D_3):

$$W_i = w_1 D_1 + w_2 D_2 + w_3 D_3, \text{ где } \sum_{j=1}^3 w_j = 1$$

Контроллером кластера выбирается узел с наименьшим весом W_i . После того как узел выбирается контроллером, все его соседи считаются членами кластера и прекращают участие в процессе выбора. Остальные узлы сети считаются активными. Протокол завершает свое выполнение, когда в сети не остается активных узлов.

Особенность протокола является то, что он является частью протокола маршрутизации.

Vote-based clustering algorithm [4]. Протокол вычисляет метрику контроллера используя два параметра — количество соседей и остаточный заряд батареи. Протокол вводит понятия голосования, которое базируется на обмене Hello сообщениями. Каждое сообщение содержит: MH_ID — уникальный идентификатор мобильного хоста, CH_ID — идентификатор контроллера, поле Vote, Option — поле используемое для балансировки

нагрузки между кластерами. *Vote* – взвешенная сумма количества соседей и остаточного заряда батареи:

$$Vote = w_1(n/N) + w_2(m/M), \text{ где } w_1 + w_2 = 1,$$

n/N – отношение числа соседей n к размеру сети N (максимальное число соседей в кластере), m/M – отношение остаточного времени разряда батареи m к максимальному времени разряда батареи M .

На фазе инициализации протокола значение поля *CH_ID* не установлено. Хосты обмениваются сообщениями Hello в случайном порядке в течении служебного цикла. Каждый узел подсчитывает количество Hello сообщений, которые он принял в течении цикла, и считает это число равным числу соседей n . После этого начинается второй цикл обмена сообщениями, в течении которого узлы обмениваются сообщениями с заполненным полем *Vote*. Каждый узел запоминает сообщения, переданный во втором цикле. Если узел не принадлежит ни к одному кластеру, он записывает узел с максимальным значением *Vote* в свое поле *CH_ID*. Если есть два или больше узлов с максимальным числом Hello сообщений, то в качестве контроллера выбирается хост минимальным значением *MH_ID*. Используя приведенный протокол каждый хост знает ID своего кластера всего лишь после двух циклов обмена Hello сообщениями.

Выводы. Кластеризация является одним из наиболее перспективных методов иерархической самоорганизации мобильных сетей ad hoc. Кластеризация с комбинированной метрикой основывается на учете нескольких параметров при выборе контроллера. К таким параметрам часто относятся – связность, остаточный заряд батареи, параметры мобильности узла и др. Достоинством этого подхода является возможность адаптировать протокол кластеризации к разным сценариям использования.

В тезисах приводится формулировка задачи кластеризации и краткий обзор протоколов, которые используют комбинированную метрику для расчета веса узлов при выборе контроллера кластера.

Література

1. Chatterjee M. WCA: A weighted clustering algorithm for mobile ad hoc networks / M. Chatterjee, S. Das, and D. Turgut // Cluster computing Journal. – 2002. – Vol. 5, №2. – P.193–204.
2. Dhurandher S. K. Weight Based Adaptive Clustering in Wireless Ad Hoc Networks / S. K. Dhurandher, G. V. Singh // Personal Wireless Communications. – 2005. – Vol.1 ICPWC 2005, №1. P. 95 – 100.
3. Hwang YC. Advanced Efficiency and Stability Combined Weight Based Distributed Clustering Algorithm in MANET / Yoon-Cheol Hwang, Yoon-Su Jeong, Sang-Ho Lee, Jeong-Young Song, Jin-Il Kim // Future Generation Communication and Networking. – 2007. Vol. 1 FGCN-2007. P.478–483.
4. Li F. Vote-Based Clustering Algorithm in Mobile Ad Hoc Networks/ F. Li, S. Zhang, X. Wang, X. Xue, H. Shen // Proceedings of International Conference on Networking Technologies. – 2004. Vol. 2 ICNT-2004. P.352—361.

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДХОДУ DTN ПРИ ПОБУДОВІ МЕРЕЖІ AD HOC

Здорик В.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: zdorykvv@gmail.com

DTN APPROACH IN CONSTRUCTING AD HOC NETWORK

The focus of the work is finding approaches to calculate the coefficient of packet loss in many transit networks. As software implemented model of packet loss on the router connection direction

Ad Hoc мережі - це сукупність бездротових мобільних вузлів зв'язку (станцій, користувачів), які утворюють динамічну автономну мережу. Вузли з'єднуються між собою без втручання централізованих точок доступу або базових станцій, тому кожен вузол діє як маршрутизатор і як кінцевий користувач. Прикладом може служити з'єднання декількох комп'ютерів бездротовим способом без точки доступу. Застосування таких мереж доцільне в умовах надзвичайних ситуацій або військових дій, або просто в ситуаціях, коли потрібно оперативно організувати зв'язок на місцевості без належної стаціонарної мережевої інфраструктури. В даній статті будемо розглядати мобільні само- організовані мережі Ad Hoc (MANET) і методи збільшення їх зони покриття, ймовірності успішної передачі даних в умовах низької густини вузлів мережі.

Для мереж MANET вже розроблено ряд протоколів маршрутизації. Всі протоколи MANET спираються на встановлення найбільш коротких шляхів між взаємодіючими вузлами і наявність постійного зв'язку між ними в момент передачі даних.

Одним з найбільш поширених протоколів Ad Hoc мереж є протокол AODV (On- Demand Distance Vector). AODV являє собою реактивний протокол маршрутизації, який виявляє і підтримує маршрути тільки тоді, коли ці маршрути вимагає певний вузол. Знаходження маршруту здійснюється через систему «запит-маршрут». Цей протокол може використовуватись при кластерній архітектурі мережі LCA (Linked Cluster Architecture) у комбінації з протоколами адаптивної маршрутизації з використанням кластерів ARC (Adaptive Routing using Clusters) та адаптивної маршрутизації з використанням кластерної ієрархії ARCH (Adaptive Routing using Clustered Hierarchies). В той же час даний протокол потребує достатньої густини вузлів для встановлення зв'язку між кінцевими вузлами. У більшості випадків в мережах Ad Hoc мова йде про синхронну передачу даних, яка базується на узгодженні таймерів передаючого та приймаючого пристроїв. Дані в цьому випадку передаються блоками, а для синхронізації передавача і приймача у початку блока передаються біти синхронізації. Цей тип передачі даних має свої переваги, у тому числі високу швидкість передачі даних, але має і недоліки: необхідність складної апаратури; чутливість до переривання зв'язку, наприклад, при тимчасовій недоступності

абонента; необхідність у постійному підтриманні зв'язку між кінцевими вузлами.

Одною із особливостей подібних мереж є те, що вони (наприклад, MANET) характеризуються високою ймовірністю зміни положення вузлів, тому кожна їх ділянка може мати змінну густину вузлів в окремий проміжок часу. Навіть якщо густина вузлів мережі буде достатньою, власники терміналів можуть не дати згоди будувати маршрутизацію за їх участі з ряду причин, наприклад, з точки зору енергозбереження або страху перед їх неналежним (протизаконним) використанням. Тобто, різномірність кінцевих пристроїв може обмежувати зв'язок. З цієї точки зору використання синхронної передачі даних стає недоцільним. На противагу можна розглянути схему передачі Store&Forward, що застосовується у підході до побудови архітектури мереж, толерантних до затримок і частих обривів зв'язку DTN (Delay tolerant Networking). В даному випадку мова вже йде про асинхронний тип передачі даних [1].

Підтримування зв'язку в ситуаціях переривання з'єднання є однією із переваг DTN. На відміну від використання пакетів для підтримування зв'язку між кінцевими вузлами, в DTN вузли обмінюються повідомленнями довільного розміру (пакетами - Bundle), які переміщуються між маршрутизаторами хоп-за-хопом від передавача до приймача. Принцип передачі Store&Forward (передбачаючий збереження даних для подальшої їх передачі, при відсутності можливості їх передати методами реплікації) дозволяє забезпечувати надійну доставку пакетів, делегуючи передачу наступному спроможному маршрутизатору. В навантаження до цього активно використовуються статус-звіти для збору даних щодо стану доставки пакету.

Для мережі MANET одним із варіантом використання DTN в умовах низької густини вузлів є метод епідемічної маршрутизації, коли відбувається масова генерація (flooding) повідомлень із обмеженим часом життя. Вузли зберігають історію відхилених повідомлень, тому приймають кожне повідомлення тільки один раз. Видалення пакетів відбувається або після завершення їх часу життя TTL (Time-to-live), або при отриманні відповідного статусу про успішну доставку повідомлення [2].

Реалізація вищеописаного методу маршрутизації може бути доступна на базі існуючих абонентських пристроїв з операційною системою (далі – ОС) Android [3], [4]. Розглянемо мережу із трьох пристроїв (вузлів), що формують два кластери (рис.1.). У кожному кластері по два вузли (один із трьох вузлів приймаємо як проміжний – шлюз).

Спочатку пристрій А проводить пошук точок доступу AP (Access Point) Wi-Fi мереж і, якщо таких немає, включає режим Ad Hoc [3], приймаючи роль мобільної точки доступу MAP (Mobile Access Point). Далі передавач встановлює зв'язок із мобільною точкою доступу С і розпочинає режим масової генерації повідомлень. Для передачі даних між вузлами і кластерами використовується схема передачі Store&Forward [3]. Після успішної доставки даних вузли, приймаючи участь у передачі, отримують відповідний статус-звіт. В даному випадку телефонний пристрій виступає в ролі маршрутизатора і може передавати пакети даних до віддалених районів, де доступ до мережі Інтернет обмежений.

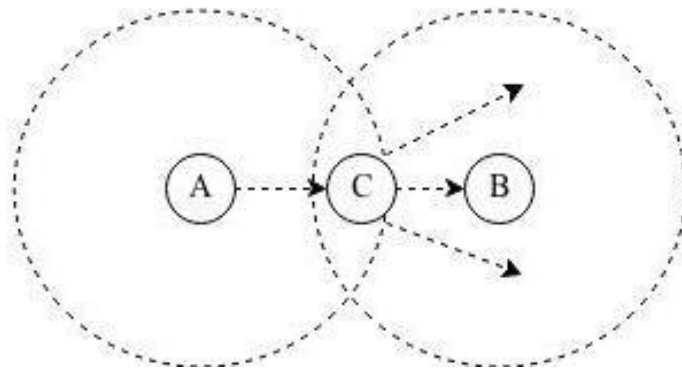


Рис. 1. Двокластерна мережа з трьома вузлами

У випадку зміни густини вузлів одного або декількох кластерів мережі Ad Hoc виникає висока ймовірність втрати зв'язку між кінцевими вузлами. В такому випадку вихід із зони досяжності одного із кінцевого вузла може бути сигналом до переходу в асинхронний режим передачі даних із застосуванням підходу DTN по прикладу із мобільною точкою доступу MAP.

Вищеписаний метод маршрутизації може бути застосований в MANET і є комбінацією протоколу AODV та DTN. Засобами AODV відбувається спроба встановити зв'язок між кінцевими вузлами. На ділянці мережі, де спроба закінчується невдало, підключається DTN. Цей процес відбувається динамічно виходячи із характеристик каналу та повідомлення. В той час як AODV підтримує прямий зв'язок між кінцевими вузлами, DTN використовує сусідні вузли для формування пакетів переадресації. Зворотною стороною є те, що поступове зниження продуктивності і нестабільність каналу з відстанню може зробити неможливим встановлення прямого зв'язку, тому для прискорення процесу визначення досяжності або недосяжності кінцевого вузла використовуються дані про маршрут, накоплені протоколом AODV.

Протоколи, підходи до побудови мережі, методи передачі даних в мережах MANET мають відповідати особливостям даних мереж, таким як: зміна положення взаємодіючих і проміжних вузлів та їх неоднорідність, обмеженість у ресурсах, у тому числі енергоресурсах. В цій роботі пропонуються на огляд комбінація поширених в мережах Ad Hoc протоколів, таких як AODV із поширеними підходами і методами побудови мереж, в даному випадку DTN, і пристроями для вирішення питання виходу вузла мережі із зони досяжності на невідомий часовий проміжок.

Література

1. J. Ott, Dirk Kutscher, Christoph Dwertmann. Integrating DTN and MANET Routing, Technologiezentrum Informatik, September 2006;
2. Hany Samuel, Weihua Zhuang, Bruno Preisssof, DTN Based Dominating Set Routing for MANET in Heterogeneous Wireless Networking, Mobile Netw Appl, 2009;
3. Rerngvit Yanggratoke, Abdullah Azfar, María José Peroza Marval, Sharjeel Ahmed. Delay Tolerant Network on Android Phones: Implementation Issues and Performance Measurements, JOURNAL OF COMMUNICATIONS, September 2011;
4. M. Hognerud, Implementation of Delay Tolerant Networks on the Android platform, Bytewalla, April 2011.

ЧИПСЕТОВАЯ РЕТРАНСЛЯЦИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ В САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ РАДИОСЕТЯХ

Плотник К.А

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

Email: dzuk@i.ua

Chipset retransmission method of I-UWB signals in self-organized radio networks

Chipset retransmission method was proposed for self-organized networks with use of UWB signals and compared with traditional packet “store-and-forward” method.

Самоорганизующиеся радиосети – это сети, не имеющие постоянной инфраструктуры, т.е. количество и расположение узлов в сети может меняться в любой момент времени, при этом каждый узел в сети выполняет еще и роль ретранслятора-маршрутизатора, пересылая данные, предназначенные другим абонентам.

В классических проводных и беспроводных сетях для ретрансляции сигналов используется метод «store-and-forward», т.е. принял-запомнил-передал [1]. Пакет данных накапливается на каждом промежуточном узле, подвергается обработке, ставится в очередь для дальнейшей передачи и т.д. Такой метод ретрансляции вносит задержку на каждом промежуточном узле, равную длительности пакета T . Тогда процесс ретрансляции пакета в сети с N промежуточными узлами внесет задержку $N \cdot T$ (без учета времени распространения сигнала, времени обработки пакета и времени доступа к каналу связи). Очевидно, что при ограниченной скорости передачи данных для уменьшения временных задержек, связанных с процессом ретрансляции, необходимо ретранслировать меньший объем информации, чем длительность пакета: например бит, байт, группу байтов.

В последнее время все чаще рассматривается возможность применения импульсных сверхширокополосных (И-СШП) сигналов в самоорганизующихся радиосетях [2, 3]. Одной из причин является возможность организации неконтролируемого множественного доступа в сети, что не требует предварительной информации о состоянии занятости канала. Поскольку каждый бит информации кодируется с помощью последовательности сверхкоротких импульсов (рис. 1) и временное расположение этих импульсов формирует ортогональный код, это дает возможность одновременно передавать данные от множества источников без учета состояния радиоканала.

Применение ортогональных кодовых последовательностей на базе И-СШП позволяет реализовать ретрансляцию меньшего объема информации,

чем пакет данных, назовем его чипсетом (блок данных определенной длины), а метод ретрансляции назовем «чипсетовый».

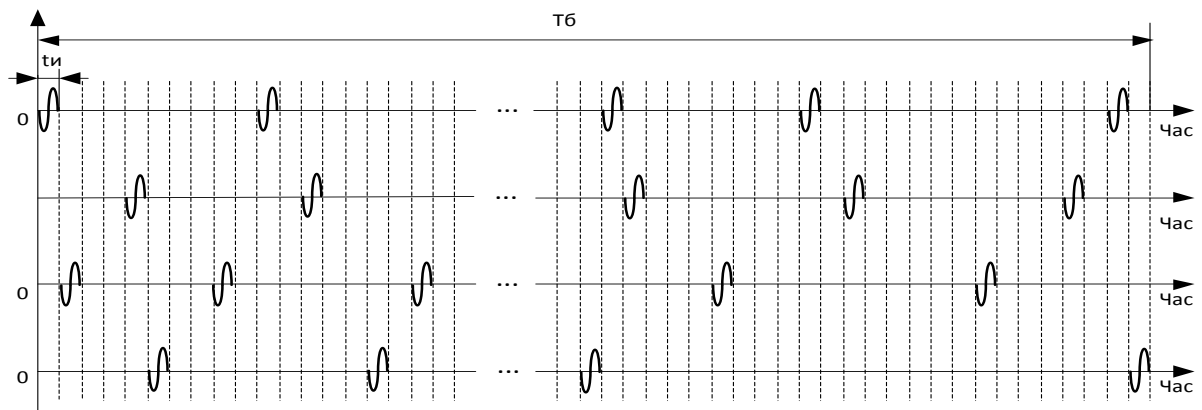


Рис. 1. Пример ортогональных кодовых последовательностей:

t_u – длительность импульса; T_b – длительность бита

Для того, чтобы ретранслировать чипсеты в сети, необходимо определять как отправителя, так и получателя каждого чипсета. Поскольку кодовая последовательность импульсов, которая кодирует один бит информации в чипсете, является еще и адресом отправителя, то необходимо только определить получателя этого чипсета. Для этого к чипсету добавляется определенный маркер (рис. 2), который однозначно идентифицирует маршрут в сети [4].

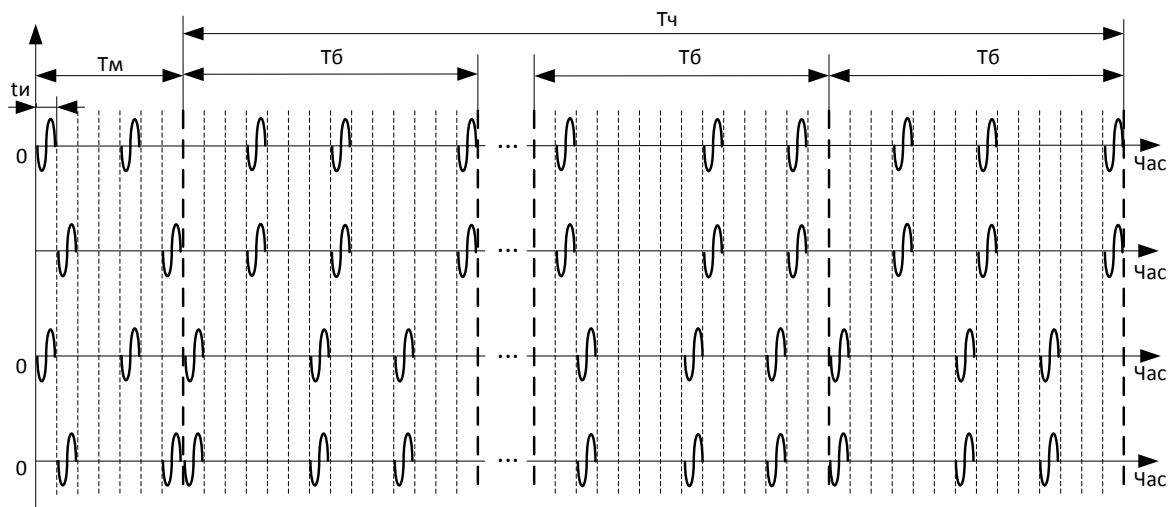


Рис. 2. Пример добавления маркера к последовательности битов: t_u – длительность импульса; T_b – длительность бита; T_m – длительность маркера; T_c – длительность чипсета.

Необходимо определить оптимальную длину чипсета, при которой задержки при ретрансляции будут минимальны, так как с одной стороны, увеличение длины чипсета увеличивает задержки, связанные с временем буферизации этого чипсета на каждом промежуточном узле, а с другой стороны уменьшает количество переданной и обработанной служебной информации в сети. Расчеты оптимальной длины чипсета (рис. 3) были

проведены для следующих начальных условий: передача пакета данных длиной 1500 байт, скорость передачи в канале 10 Мбит/с, длина кодовой последовательности 240 позиций, длина маркера 120 позиций, длительность радиоимпульса 160пс, расстояние между узлами 1 км, использование неконтролируемого множественного доступа.

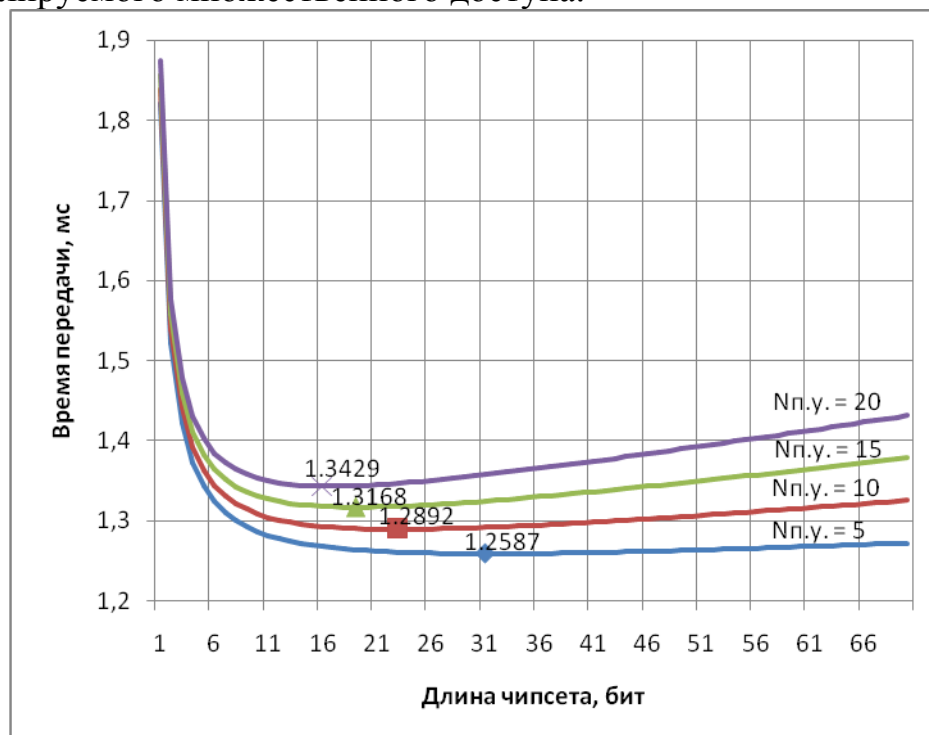


Рис. 3. Время передачи пакета длиной 1500 байт при изменении длины чипсета для разного количества промежуточных узлов в маршруте

Таким образом, для маршрута в 10 промежуточных узлов, оптимальная длина чипсета составляет 3 байта. Время передачи пакета длиной 1500 байт при чипсетовой ретрансляции с неконтролируемым множественным доступом для маршрута в 10 промежуточных узлов в 400 раз меньше, чем при пакетной ретрансляции с протоколом множественного доступа CSMA-CA (стандарт 802.11) при начальных условиях, заданных выше.

Литература

1. D. Russel "The Principles of Computer Networking," // Cambridge Computer Science Texts, - 1990;
2. Francesca Cuomo, Cristina Martello, Andrea Baiocchi, Fabrizio Capriotti "Radio Resource Sharing for Ad Hoc Networking With UWB," // IEEE Journal on Selected Areas in Communications, - vol.20, - no. 9, - December 2002;
3. Rohit Negi and Arjunan Rajeswaran "Capacity of Ultra Wide Band Wireless Ad Hoc Networks," // IEEE Transactions on Information Theory, - October 2007, - vol.6, - pp.3816-3824;
4. Bunin S., Plotnyk K. and Voitenko Iu. Retransmission Method of Impulse Ultra wideband Signals in Ad-Hoc Networks // Наукові вісн НТУУ "КПІ". – 2012. – № 5. – С. 7–11.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАРШРУТИЗАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАНАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ WiMAX СЕТИ В РЕЖИМЕ MESH

Евсеева О.Ю.¹, Аль-Аззави Эсса Мохаммед²

¹ - *Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина,*

² - *Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, Украина,*

E-mail: evseeva.o.yu@gmail.com

A mathematical model on joint routing and scheduling in WiMax mesh network

In order to improve effectiveness of WiMax wireless mesh network (IEEE 802.16) a mathematical dynamic model on in the state space is offered. Model is aimed at joint solution of the tasks of routing and control channel resources in such networks through optimal allocation of time slots on the link layer.

Технология беспроводного доступа WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access), регламентируемая стандартами IEEE семейства 802.16, занимает одну из ключевых позиций в построении сетей уровня MAN (Metropolitan Area Network). В рамках сетей фиксированной связи WiMax (IEEE 802.16d) возможны два режима их организации: режим точка-многоточка (Point-to-Multipoint) и режим однорангового взаимодействия (mesh-mode). Причем в последнем случае абонентские станции (Mesh Subscriber Station, MSS) взаимодействуют друг с другом напрямую, без участия базовой станции (Mesh Base Station, MBS), и каждая MSS выполняет функции промежуточного узла (маршрутизатора). Как результат, режим mesh является более предпочтительным с точки зрения территории покрытия и эффективности использования канальных ресурсов, однако его реализация требует более сложных алгоритмов сетевого управления.

Особенность организации канального уровня в WiMax mesh-сетях заключается в использовании принципа временного разделения (Time Division Multiple Access TDMA) в качестве метода доступа к общему радиоканалу. Тогда в качестве единичного ресурса канального уровня выступают временные слоты (minislot), объединяемые во фреймы [1]. Поскольку на физическом уровне предполагается использование мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM), каждый слот содержит определенное количество OFDM-символов. Количество пользовательских данных (байт), передаваемых в одном слоте, зависит от общей длительности фрейма, от числа OFDM-символов в слоте, типа модуляции и схемы

кодирования, выбор которых в свою очередь определяется помехово-сигнальной обстановкой на каждом конкретном участке. Поскольку длительность фреймов на канальном уровне WiMax mesh-сети фиксируется оператором связи, число OFDM-символов, приходящихся на один слот, а значит и количество байт в каждом из них известны. Тогда задача распределения канальных ресурсов представляет собой задачу назначения каждому потоку, поступившему на обслуживание, определенной совокупности временных слотов в рамках одного фрейма. Таким образом, результирующее распределение слотов между станциями mesh-сети определяет объемы канальных ресурсов, выделяемых каждой из них, т.е. скорость, с которой станция может передавать пользовательские потоки данных. Фактически речь идет о резервировании ресурсов, однако, как известно, резервирование должно осуществляться в рамках маршрута, в соответствии с которым поток будет доставлен конечному адресату. Т.е. задача управления канальными ресурсами mesh-сети не может быть отделена от задачи маршрутизации в ней.

Основная проблема, связанная с реализацией mesh-режима, заключается в отсутствии четко регламентированных протоколов сетевого и транспортного уровней, а заложенные в стандарт принципы управления канальными ресурсами носят эвристический характер [1]. Зачастую предлагаемые протокольные решения для маршрутизации и управления канальными ресурсами для mesh-сетей носят децентрализованный характер и организовываются путем обмена соседними станциями служебными сообщениями, на основании которых эти станции «договариваются» о порядке использования общих канального ресурсов [2, 3].

С целью совместного решения задач маршрутизации и управления канальными ресурсами, а также формирования оптимальных решений была предложена динамическая математическая модель mesh-сети стандарта WiMax в пространстве состояний, где в качестве переменных состояния выбраны величины $q_{i,j}(k)$, отражающие объем данных, находящийся на i -м узле сети и предназначенный для передачи j -му узлу в момент времени t_k ; а в качестве переменных управления выступают булевы переменные $\tau_{i,j}^{r,l}(k)$, указывающие на использование r -го временного слота в канале (i, j) на k -м интервале для передачи потока, адресованного узлу l .

В основу модели положена система разностных уравнений [4, 5]

$$q_{i,j}(k+1) = q_{i,j}(k) - \sum_{\substack{v \in S_i^1, \\ v \neq i}} \sum_r m_{i,v}(k) \tau_{i,v}^{r,j}(k) n + \sum_{\substack{g \in S_i^1, \\ g \neq i,j}} \sum_r m_{g,i}(k) \tau_{g,i}^{r,j}(k) n + \xi_{i,j}(k) \Delta t, \quad (1)$$

где $k=0, 1, 2, \dots$; $\Delta t = t_{k+1} - t_k$ – интервал дискретизации (период перерасчета управляющих переменных $\tau_{i,v}^{r,j}(k)$); $m_{i,j}(k)$ – количество байт, передаваемых в одном слоте канала (i, j) ; S_i^1 – множество узлов mesh-сети, смежных с i -м узлом; $\xi_{i,j}(k)$ – интенсивность поступления данных на i -й узел в момент времени t_k , адресованных j -му узлу; n – количество фреймов, передаваемых в течение времени Δt , $n = \Delta t / T_F$; T_F – длительность

одного фрейма. Кроме того на переменные состояния накладываются ограничения, гарантирующие отсутствие переполнений буферных устройств узлов:

$$q_{i,j}(k) \geq 0, \quad \sum_j q_{i,j}(k) \leq q_i^{\max}, \quad (2)$$

где $q_i^{\max}$ – максимальный размер очереди, допустимый на i -й станции.

Дополнительные ограничения на переменные управления связаны с возможностью повторного использования слотов станциями, претендующими на один и тот же слот:

$$\sum_l \sum_{\substack{j, \\ j \neq i}} \tau_{i,j}^{r,l}(k) + \sum_l \sum_{\substack{(g,j), \\ g \in S_i^2}} \tau_{g,j}^{r,l}(k) \leq 1, \quad (3)$$

где S_i^2 – множество станций, связанных с i -й станцией явлением интерференции. Условие (3) может быть упрощено

$$\sum_l \sum_{(i,j) \in E} \tau_{i,j}^{r,l}(k) \leq 1, \quad (4)$$

в этом случае r -й временной слот на k -м интервале дискретизации (управления) будет использован в системе лишь один раз. Уравнение состояния (1) может быть записано в векторно-матричной форме

$$\bar{q}(k+1) = \bar{q}(k) + M(k)\bar{\tau}(k)n + \bar{\xi}(k), \quad (5)$$

где $\bar{q}(k) = [q_{1,2}(k), \dots, q_{i,j}(k), \dots, q_{N_v, N_v-1}(k)]^T$ – вектор состояния mesh-сети k -м интервале дискретизации размера $N_v(N_v-1) \times 1$, отражающий загруженность очередей на ее узлах; $\bar{\tau}(k)$ – управляющий вектор размера $N_F N_e (N_v-1) \times 1$, элементами которого являются переменные $\tau_{i,j}^{r,l}$; N_v – общее количество узлов mesh-сети; N_e – количество каналов в сети; N_F – количество слотов в одном фрейме, используемых для передачи пользовательских данных; $M(k)$ – матрица размера $N_v(N_v-1) \times N_F N_e (N_v-1)$, элементами которой являются величины $m_{i,j}(k)$ на k -м интервале, взятые с учетом знака (+ или -) в выражении (1), и принцип формирования которой согласован с порядком элементов в $\bar{\tau}(k)$; $\bar{\xi}(k) = \Delta t [\xi_{1,2}(k), \dots, \xi_{i,j}(k), \dots, \xi_{N_v, N_v-1}(k)]^T$ – вектор пользовательской нагрузки размера $N_v(N_v-1) \times 1$, отражающий объем данных, которые поступают в сеть на k -м интервале.

В рамках представленной модели (1) – (4) задача распределения временных слотов, обеспечивающего доставку пользовательских потоков конечным адресатам (задача маршрутизации), может быть сформулирована как оптимизационная со следующим стоимостным функционалом в качестве целевой функции

$$J = \sum_{k=1}^a [\bar{q}^T(k) W_q \bar{q}(k) + \bar{\tau}^T(k) W_\tau \bar{\tau}(k) - \bar{\tau}^T(k) W_{reuse} \bar{\tau}(k)] \rightarrow \min, \quad (6)$$

где a – количество интервалов Δt , для которых осуществляется расчет управляющих переменных; W_q , W_τ – диагональные неотрицательно определенные весовые матрицы; W_{reuse} – диагональная неотрицательно определенная весовая матрица, отражающая выигрыш за счет повторного использования слотов.

В выражении (6) первое слагаемое нацеливает на минимизацию очередей на узлах mesh-сети путем доведения трафика конечным адресатам, а второе слагаемое требует минимизации используемых при этом канальных ресурсов (суммарного количества задействованных слотов), третье слагаемое отражает выигрыш за счет повторного использования слотов.

Выводы. Таким образом, совместное решение задач маршрутизации и распределения канальных ресурсов WiMax mesh-сети может быть сведено к решению оптимизационной задачи по минимизации целевого стоимостного функционала при наличии ряда ограничений, в том числе и динамических. Основное отличие предложенной модели от ранее известных состоит в ее принадлежности к классу динамических моделей в пространстве состояний, что дает следующие преимущества: учет динамического характера поступающих на обслуживание пользовательских потоков и состояния самой сети, включая динамику структуры и сигнально-помеховой обстановки; возможность управления как канальными, так и буферными ресурсами сети; возможность применения для решения задачи маршрутизации и управления канальными ресурсами наработок в области теории оптимального управления, где уравнение поведения системы в пространстве состояний занимает одно из центральных мест.

Литература

1. IEEE Std 802.16-2004, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System. IEEE, NY, 2004. 895 p.
2. Shou-Chih Lo Efficient routing and centralized scheduling algorithms for IEEE 802.16 mesh networks / Shou-Chih Lo, Lyu-Chen Ou // International Journal of Network Management. 2011. Vol. 21, Is. 6. P. 494–512.
3. Paris S. Cross-layer metrics for reliable routing in wireless mesh networks / S. Paris, C. Nita-Rotaru, F. Martignon, A. Capone // IEEE/ACM Transactions on Networking. 2013. Vol. 21, Is. 3. P. 1003–1016.
4. Shetiya H. Algorithms for routing and centralized scheduling to provide QoS in IEEE 802.16 mesh networks / H. Shetiya, V. Sharma // In Proceedings of the 1st ACM workshop on Wireless multimedia networking and performance modeling. 2005. P. 140–149.
5. Поповский В.В. Математические модели телекоммуникационных систем. Часть 1. Математические модели функциональных свойств телекоммуникационных систем [Электронный ресурс] / В.В. Поповский, А.В. Лемешко, О.Ю. Евсеева // Проблемы телекоммуникаций. 2011. № 2 (4). С. 3 – 41. Режим доступа до журн.: http://pt.journal.kh.ua/2011/2/1/112_popovsky_functional.pdf.

СПОСОБИ ВАЛІДАЦІЇ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖАХ ШИРОКОСМУГОВОГО ДОСТУПУ

Хайдер Аббас Аль-Заяді, Климаш М.М., Осипова М.Б.

Національний університет "Львівська політехніка"

E-mail: hydertop@yahoo.com, mklimash@lp.edu.ua

Service quality validation techniques for broadband wireless networks

This paper proposes general strategy of service quality validation for wireless broadband networks. This strategy bases on traffic patterns for different subscribers' groups. The QoS evaluation needs to analyze the multiple key performance indicators for different services. The examples of traffic patterns are given in the current work.

Впровадження додаткових мережевих сервісів у безпроводних мережах пов'язане з проблемою коректної роботи нового апаратного та програмного забезпечення та, як наслідок, впливає на ступінь задоволеності користувачів обслуговуванням. Завданням операторів при впровадженні нових рішень є підвищення продуктивності та ефективності використання ресурсів мережі. При цьому ціллю є мінімізація вартості рішень і залучення якомога більшої кількості нових абонентів. Для того, щоб уникнути небажаних технічних проблем у процесі впровадження нових рішень, слід проводити ретельне попереднє їх тестування у лабораторних умовах. Важливо переконатись, що впровадження нового апаратного, програмного забезпечення чи сервісів не впливатиме негативно на існуючі мережеві послуги та якість їх надання [1].

Валідація якості обслуговування є процесом, який дає змогу оцінювати функціонування мережевих пристроїв і в режимі реального часу забезпечувати вимірювання показників QoS та керування мережевими політиками з метою їх коректування. Особливості цього процесу у випадку безпроводних мереж проявляються у необхідності моделювання роботи мережі в режимі високого завантаження з урахуванням реальної поведінки мобільного абонента у процесі користування сервісами. Якість обслуговування оцінюється на основі індикаторів ефективності надання послуг, сукупність яких формує міру задоволеності абонента. Основою для валідації якості обслуговування є тестування мобільної мережі з використанням типів трафіку і їх суміші, які найбільш точно відображають реальний спектр послуг, що надається і планується оператором мобільного зв'язку. Перевірка ефективності політик управління ресурсами та QoS може бути ефективно здійснена лише в умовах перевантаження. Після досягнення повного завантаження пристрою чи системи сумішню трафіку здійснюється вимірювання індикаторів ефективності надання послуг. Усестороння валідація якості обслуговування, зазвичай, здійснюється виробниками устаткування та операторами на основі стандартизованих методів і методик.

Моделювання поведінки абонента безпроводної мережі широкосмугового доступу є основою будь-якої стратегії валідації якості обслуговування. Цей процес передбачає визначення груп абонентів, встановлення зв'язків між мережевими сервісами і групами абонентів і, власне, моделювання процесу використання послуг абонентами з урахуванням їх мобільності. Моделювання поведінки абонента дає змогу тестувальникам імітувати реальний трафік і шаблони користування послугами для повного розуміння границь продуктивності мережі, взаємодії між мультимедійними послугами та здатності мережі розрізняти сервіси та групи абонентів. Моделювання поведінки абонента потребує надзвичайно точного контролю параметрів модельованих сервісів.

Типовий користувач широкосмугової безпроводної мережі зазвичай діє запевним стереотипом. Причому, використання різних сервісів залежить від того, статичним чи рухомим є абонент. В рухомому положенні здебільшого використовується сервіс голосового зв'язку, а в статичному абонент здійснює перегляд веб-сайтів, перегляд відео на вимогу, відеоконференції, обмін миттєвими повідомленнями, користується соціальними мережами. Слід враховувати, що за останні роки значно розширився спектр кінцевих пристроїв абонентського доступу, що призводить до формування нових шаблонів користування послугами.

Використання абонентом різних послуг в часі формує стандартні сценарії обслуговування для різних груп користувачів. Сценарії обслуговування ж призводять до формування стандартних шаблонів трафіку за достатньо великі проміжки часу, які необхідні тестувальникам мережевого обладнання для проведення валідації якості обслуговування. Тестувальна система повинна бути максимально прозорою для кінцевого користувача, ступінь задоволеності якого є атрактором системи в цілому.

Слід зазначити, що використання мережі різними групами користувачів в різні періоди доби може суттєво відрізнитись. Особливу увагу слід звернути та шаблони тих періодів часу, коли спостерігається пікове навантаження. У процесі розвитку системи валідації якості обслуговування слід враховувати динамічний розвиток ринку послуг. Система повинна бути гнучкою щодо впровадження нових і модернізації існуючих сервісів. Слід розуміти, що успішне тестування в лабораторних умовах на основі шаблонів трафіку не гарантує успішного впровадження рішень на практиці. Реальні оцінки можуть бути досягнуті тільки на підставі великих обсяг генерованого трафіку. На рис. 1 наведено приклад шаблонів трафіку для трьох груп користувачів (домашні, офісні, центри обробки даних), які використовують набори сервісів, подані у таблиці 1.

Валідація якості обслуговування здійснюється на основі індикаторів ефективності обслуговування, які є різними за ступенем важливості для різних видів послуг. Такими індикаторами можуть бути: затримка виконання транзакцій, інтенсивність транзакцій, кількість паралельних транзакцій, пропускна здатність низхідного та висхідного каналів, кількість повторних передач, кількість помилкових транзакцій [2].

Таблиця 1. Набори сервісів безпроводної мережі та їх параметри

Параметри Послуги	Втрата пакетів, P, %	Затримка T, мс	Джитер J, мс	Пропускна здатність C, кбіт/с	Ймовірність використання послуг $P_{\text{викор}}$			Відносний пріоритет P_{vpr}			Абсолютний пріоритет		
					Д	О	Ц	Д	О	Ц	Д	О	Ц
Голосові дані	0.1	150	10	64	0.25	0.15	0.02	0.297	0.195	0.036	2	2	4
Відео-конференція	0.8	100	20	2048	0.1	0.12	0.01	0.103	0.135	0.015	3	3	5
IPTV	1.5	1000	50	4096	0.04	0.03	0.05	0.012	0.008	0.002	4	7	7
Інтернет дані	0.1	1000	1000	2048	0.08	0.01	0.3	0.008	0.016	0.043	5	4	2
Інтерактивні дані	0.1	400	500	256	0.02	0.08	0.15	0.004	0.012	0.041	7	5	3
Медіа-за-запитом	0.05	500	30	10240	0.01	0.02	0.005	0.007	0.01	0.005	6	6	6
Сигналізація	0.01	100	1000	64	0.5	0.5	0.5	0.57	0.624	0.858	1	1	1

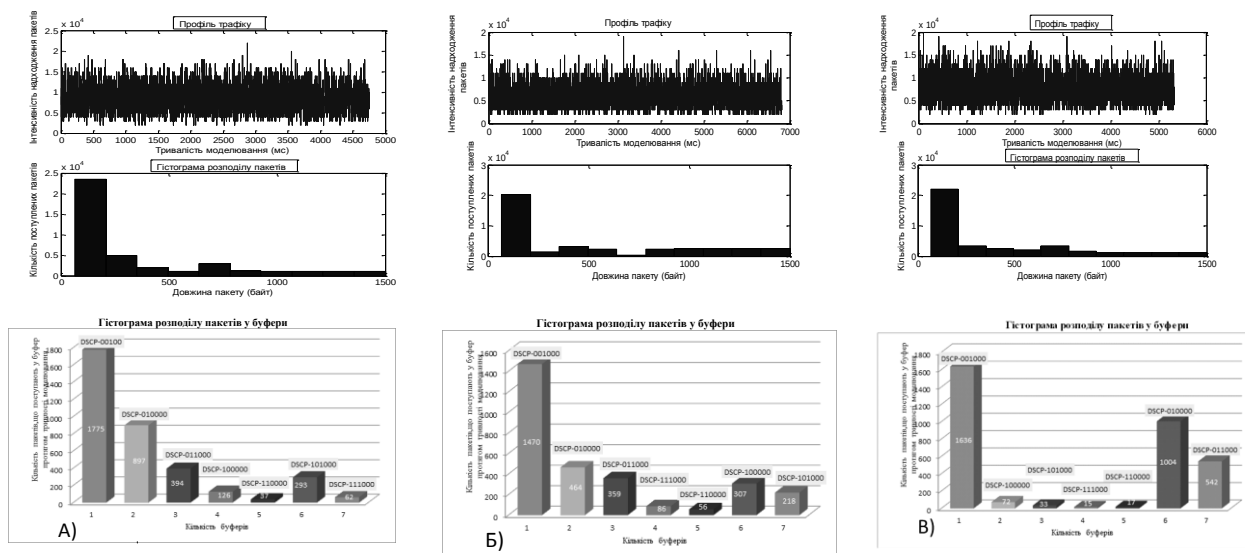


Рис. 1. Профіль трафіку, гістограма розподілу довжин пакетів, гістограма розподілу пакетів у буфері, відповідно для груп домашніх користувачів (А), офісних користувачів (Б) та дата-центрів (В)

Висновок. У роботі запропоновано способи валідації якості обслуговування у безпроводних мережах широкосмугового доступу. Запропоновано приклади шаблонів трафіку за структуризації абонентів мережі на три групи. Враховано імовірність використання послуг та запропоновано індикатори ефективності обслуговування для різних груп користувачів.

Література

1. Quality of Service (QoS) and Policy Management in Mobile Data Networks. IXIA White Paper. 915-2731-01 Rev B July 2011.
2. Лаврів О.А. Модель системи управління ресурсами мультисервісних мереж в умовах самоподібності трафіку / Лаврів О.А., Бешлей М.І., Гнатчук М.М., Поліщук А.В. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» №738. Радіоелектроніка та телекомунікації. – Львів. – 2012. № . С. 165-173.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТРАНСПОРТНІ МЕРЕЖІ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Константинов Д.С., Кравчук С.О.

Інститут Телекомунікаційних Систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: warqueq@gmail.com

Prospective cellular communication backhaul networks

In this survey, we put forward requirements for current cellular backhaul technologies. We examine prospects of using standards IEEE 802.11 and IEEE 802.16 as cellular backhaul networks within these requirements.

Постійне зростання кількості абонентів стільникових систем мобільного зв'язку, а також впровадження нового високошвидкісного обладнання значно збільшують експлуатаційні витрати (ОРЕХ) для транспортних мереж на 20-40% [1] від загальних експлуатаційних витрат оператора мобільного зв'язку. З цих причин, на даний час транспортні системи – термін, що зазвичай використовується для опису телекомунікаційної мережі між базовими станціями і контролерами радіомережі, все більше інтегрується з більш економічно-ефективними технологіями з комутацією пакетів, зокрема Ethernet/IP. Сучасні стандарти безпроводового зв'язку IEEE 802.11 та IEEE 802.16 можуть стати перспективними рішеннями для реалізації транспортних мереж. Традиційним системам важко вирішити проблему розгортання сучасних мобільних систем, тому в даній роботі аналізуються можливості використання IEEE 802.11 та IEEE 802.16, як потенційних технологій для швидкого і економічного розгортання транспортної мережі мобільного зв'язку.

Для подальшого аналізу, до технологій, які розглядаються для використання у транспортних мережах стільникового зв'язку висувається ряд вимог: висока пропускна здатність; відстань, що покривається; наявність QoS; наявність механізмів синхронізації; невелика вартість; можливість швидкої ре конфігурації.

У роботах [2, 3] була продемонстрована можливість використання IEEE 802.11 на відстані 38 км. За рахунок використання неліцензованої частини спектру стандарт IEEE 802.11 пропонує привабливу вартість і переваги - гнучкість розгортання для транспортних мереж, але все ж існують питання, пов'язані з досягненням пропускної здатності, відстані охоплення, збільшення заголовка пакета, і синхронізації. Сучасні IEEE стандарти 802.11n мають високу пропускну здатність до 600 Мбіт/с за допомогою Multiple Input Multiple Output (MIMO) технологій. Просторове повторне використання TDMA (STDMA) - техніка яка була запропонована в [2] для збільшення потужності IEEE 802.11 за рахунок планування лінків для різних

одночасних передач . Крім того, планування частот необхідне для підвищення пропускної здатності мережі, де використання декількох непересічних каналів не перешкоджає одночасному зв'язку між вузлами без інтерференції. Методи повторного використання частот можуть бути використані таким чином, що одні і ті ж IEEE 802.11 канали використовуються в досить сильно розділених групах. Таким чином, пропускна здатність досягнута в IEEE 802.11 мережах пропонує можливе рішення для агрегування транспортних мереж від кількох базових станцій назад до основної мережі за низькою ціною.

Стандарт IEEE 802.11 визначає простий протокол для синхронізації відліків [4], яка залежить від того в якому режимі, infrastructure або ad hoc з'єднанні вузли IEEE 802.11. У режимі infrastructure, IEEE 802.11 вузли обмінюються даними через точку доступу (AP) , в той час як у ad hoc режимі, вузли можуть взаємодіяти безпосередньо без точки доступу. При роботі в режимі infrastructure точка доступу виступає в якості ведучого. При роботі в ad hoc режимі, кожен вузол вибирає випадкову затримку, перш ніж він намагається передати сигнал маяка. Якщо він отримує кадр маяка від іншого вузла до закінчення часу затримки , то нічого не передає, а просто коригує свої власні годинники до часу інформації з прийнятого кадру маяка. У разі , коли у період затримки обробки, нічого не чути від своїх сусідів, вузол буде передавати свій сигнал маяка, до якого приймаючі вузли повинні синхронізувати свої годинники відповідно до тимчасового міткою в маяку [5;6].

Для підтримки необхідної якості обслуговування в транспортній мережі існує два способи доступу до каналу: HCCA і EDCA. HCCA це централізована схема з'єднання і EDCA являє собою розподілену пропрієтаризовану схему з'єднання. В останньому випадку кожному вузлу привласнюється високий пріоритет трафіку (наприклад , VoIP) з коротшим часом відстрочки порівняно зі звичайним трафіком. Обидві схеми мають особливості диференціації трафіку. Проте, HCCA підтримка не є обов'язковою у 802.11e AP і лише кілька точок доступу в даний час мають таку можливість. У випадку транспортної мережі варто відзначити те, що HCCA не набула широко розповсюдження і що EDCA не гарантує QoS . Це вимагає ретельної розробки, особливо коли IEEE 802.11 мережа використовується для підтримки житлових широкосмугового зв'язку. На додаток до стільникового трафіку базових станцій.

Стандарт IEEE 802.16 спочатку був розроблений для зовнішнього застосування. WiMAX на основі OFDM забезпечує більш високу пропускну здатність, а також зони покриття більше порівняно з Wi -Fi. Використання неліцензійної смуги, може зменшити капітальні витрати але збільшить завади від інших користувачів. Крім того, WiMAX може працювати в non-LOS -сценаріях в той час, як мікрохвильова передача має суворі вимоги LOS. Для використання у якості транспортних мереж можуть використовуватися відносно прості 802.16 2004 стандарти для стаціонарних з'єднань, виконані у вигляді точка-точка, точка-багатоточка, і mesh-топология. Теоретично ,

WiMAX може забезпечити єдиний канал передачі даних зі швидкістю до 75 Мбіт/с і до 350 Мбіт/с через кілька каналів агрегації.

WiMAX може працювати на різних частотних смугах, що впливає на пропускну здатність і відстань покриття. Чим вище частота, тим більше пропускну здатність і менше радіус покриття можна отримати. MIMO і адаптивні спрямовані антени (AAS), можуть бути використані для підвищення пропускну здатності WiMAX. Крім того, WiMAX підтримує управління пропускну здатністю за допомогою централізованого планування пропускну здатності в обох висхідному і низхідному напрямках. Це дозволяє ефективно розподіляти ресурси і, отже, досягнути більшої пропускну здатності. При використанні ортогонального частотного розділення доступу (OFDMA) кілька абонентських станцій може зв'язуватися з базовою станцією в той же часовий інтервал по окремих підканалах, не зважаючи один одному. Останні WiMAX продукти, можуть бути розгорнуті як точка-багатоточка для базових станцій з 6 секторами з кожного сектора підтримка пропускну здатності з 6 каналами E1. WiMAX підтримує максимальну дальність близько 50 км для одно-хоп архітектури при наявності прямої видимості і 25 км у відсутності прямої видимості. Антени з високим коефіцієнтом посилення спрямованості можуть бути використані для значного збільшення дальності і пропускну здатності.

Режим WiMAX PMP може підтримувати гарантований QoS за рахунок централізованих механізмів планування для різних класів обслуговування [7]. У IEEE 802.16-2004 чотири QoS класи були визначені в тому числі Unsolicited Granted Service (UGS), Real Time Polling Service (rtPS), Non Real Time Polling Service (nrtPS) і найкращої спроби. UGS з'єднання повідомляє про свої вимоги швидкості трафіку до базової станції під час встановлення з'єднання і базова станція виділяє саме такий обсяг трафіку в кожен кадр, не залежно від того чи використовується він чи ні. rtPS використовує спеціалізовані періодичні слоти висхідного каналу для передачі запитів щодо необхідної пропускну здатності до базової станції; nrtPS з'єднання використовують виділені періодичні слоти, але виділення цільових запитів набагато більше, ніж при rtPS. nrtPS з'єднання може використовувати основні тимчасові інтервали, щоб відправити свої запити до базової станції. Ці слоти використовуються також при з'єднанні кращої спроби.

Базова станція IEEE 802.16 повинна підтримувати синхронізацію, щоб запобігти TDD кадру виходити за межі захисних смуг і перешкоджати сусідніми кадрами. Чим менш точним є джерелом синхронізації, тим ширше необхідні захисні смуги. Синхронізація серед сусідніх базових станцій необхідна для мінімізації перешкод. Стандарт IEEE 802.16 визначає використання GPS для тимчасової синхронізації [7]. На практиці, IEEE 1588 PTP можуть бути використані в якості альтернативи через його низьку вартість. Для високонадійної синхронізації в мережі, IEEE 1588 PTP може служити орієнтиром резервного копіювання синхронізації в базових станціях, розгорнутих на GPS приймачах. Якщо сигнал GPS недоступний, базова станція може ще виконувати синхронізацію за допомогою IEEE 1588 PTP [8].

Таким чином, IEEE 802.11 і WiMAX стають потенційними безпроводовими технологіями транзитних мереж стільникового зв'язку через їх високу пропускну здатність і далекі відстані охоплення. Проте, IEEE 802.11 страждає від декількох недоліків, таких як відсутність гарантій QoS, а також відсутність точних механізмів синхронізації, які відповідають вимогам для використання у транспортних мережах. З іншого боку, WiMAX має безліч функцій, які перевершують IEEE 802.11. Наприклад, він може гарантувати QoS і забезпечити більш точну синхронізацію мережі, в порівнянні з елементарними механізмами синхронізації в IEEE 802.11. Стандарт 802.16-2004 використовує послуг позиціонування (наприклад, GPS) для синхронізації мережі і IEEE 802.11 транспортна мережа може використовувати GPS для вирішення проблеми неточної синхронізації. Однак у базових станціях WiMAX і IEEE 802.11 реалізація для ефективності витрат або як еталон резервного копіювання синхронізації використовується IEEE 1588 PTP. Хоча WiMAX має плату за використання ліцензованої частини спектра, очікуються зменшення загальної вартості. Проте, IEEE 802.11 пропонує дуже низьку вартість за рахунок масового виробництва і неліцензійного використання спектра.

Література

1. Fixed-Mobile Convergence: Consumers and Business Models <http://www.parksassociates.com/report/fixed-mobile-convergence--consumers-and-business-models>, 2009 P. Bhagwat, B. Raman, and D. Sanghi, "Turning 802.11 inside-out," ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 34, no. 1, pp. 33–38, Jan. 2004.
2. P. Bhagwat, B. Raman, and D. Sanghi, "Turning 802.11 inside-out," ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 34, no. 1, p. 33–38, Jan. 2004.
3. K. Chebrolu, B. Raman, and S. Sen, "Long-distance 802.11b links: Performance measurements and experience," in 12th Annual International Conf. Mobile Comput. Netw. (MOBICOM, 2006), Los Angeles, CA, USA, Nov. 2006, pp. 74–85.
4. ANSI/IEEE Std 802.11 Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE, 1999.
5. H. Lifei and L. Ten-Hwang, "On the scalability of IEEE 802.11 ad hoc networks," Lausanne, Switzerland, pp. 173–182, 2002.
6. L. Ten-Hwang and Z. Dong, "Efficient and scalable IEEE 802.11 ad-hoc-mode timing synchronization function," Mar. 2003.
7. L. Nuaymi, WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access. Wiley, 2007.
8. "Timing and synchronization in WiMAX networks," Symmetricom, Inc., Oct. 2006. [Online]. Available: http://www.chronos.co.uk/index.php/en/pdfs/tel/symmetricom/Timing_and_Sync_in_WiMAX_Networks.pdf.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІМОВІРНОСТІ ПЕРЕРИВАННЯ ЗВ'ЯЗКУ В СТІЛЬНИКОВІЙ СИСТЕМІ ШИРОКОСМУГОВОГО РАДІОДОСТУПУ З РАЙСОНІВСЬКИМИ ЗАВМИРАННЯМИ

Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ "КПІ"

E-mail: sakravchuk@ukr.net

Mathematical model of the outage probability for cell broadband radioaccess system with Rician Fading

Mathematical model of the outage probability for cell broadband radioaccess system (BRAS) with rician fading designed, the analytical expression for the approximation of the outage probability received, adequacy of mathematical models confirmed the results of numerical simulations, and the analytical expression to estimate the asymptotic variance of mutual information on cellular BRAS designed.

Розвиток систем широкосмугового радіодоступу (СШР) пов'язаний з подальшим нарощуванням їх пропускної здатності (ПЗ). Особливо це актуально для стільникової архітектури радіосистеми в умовах наявності завмирань в радіоканалі та застосуванні нових підходів до просторово-часової обробки сигналів в багатоантенній техніці. При цьому виникає потреба наявності теоретичного базису для розрахунку таких СШР, особливо, з урахуванням імовірності переривання зв'язку [1]. Тому метою даної роботи є розробка математичної моделі імовірності переривання зв'язку в стільникової багатоантенній СШР в умовах райсонівськими завмирань.

Розглянемо багатостільникову СШР з райсонівськими завмираннями, в якій зворотний канал формується із n одноантенних мобільних терміналів (МТ), а Ω БС оснащені M антенами. БС з'єднані з контролером БС (або центральною станцією, ЦС) за допомогою опорної системи ліній передачі з пропускною здатністю, що перевищує ПЗ окремих БС. Прийнято, що ЦС «одночасно» обробляє прийняті сигнали від усіх БС. Дана модель відповідає кооперативній системі на базі ряду малих стільників, де декілька БС об'єднані в кластер або "віртуальний стільник", який може розглядатись як одна розподілена БС. Крім надання добре відомих переваг багатоантенної техніки МІМО, «віртуальний стільник» дозволяє значно знизити кількість передачі обслуговування між стільниками.

Вектор прийнятих сигналів усіх БС $\mathbf{y} = \|y_1, \dots, y_{\Omega M}\|^T$ можна записати у вигляді $\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}$, де $\mathbf{x} = \|x_1, \dots, x_n\|^T$ - вектор переданих сигналів від усіх МТ; $\mathbf{H} = \|\mathbf{H}_1^T \dots \mathbf{H}_{\Omega}^T\|^T$ - агрегована канална матриця від усіх МТ до усіх БС; $\mathbf{n}$ - вектор адитивного шуму. Обмеження на передавану потужність в системі наступне $M \left[|x_j|^2 \right] \leq 1, \forall j$. Канал від МТ-в до b -ї БС моделюється за допомогою каналної матриці $\mathbf{H}_b$, елементи якої мають наступний вигляд

$$[\mathbf{H}_b]_{m,k} = \left(\frac{(1 - \nu_{bk}) l_{bk}}{n} \right)^{1/2} \omega_{mk}^b + \left(\frac{\nu_{bk} l_{bk}}{n} \right)^{1/2} \exp(j\phi_{mk}^b),$$

де перша складова відображає розсіяні компоненти, а друга складова - компоненти прямої видимості; $\nu_{bk} \in [0, 1]$ - параметр Райса каналу між МТ k і БС b ; l_{bk} - зворотні втрати на поширення; $\phi_{mk}^b \in [0, 2\pi)$ - фаза перевідбитих компонент каналу між МТ k і m -ю антеною БС b ; $\omega_{m,k}^b$ - випадкова змінна стандартного гаусівського розподілу. Загалом, чим більше значення ν_{bk} , тим більш детермінований канал; для $\nu_{bk} = 0$ канал стає цілком релеєвським.

Приймаючи, що всі МТ використовують комплексну гаусівську кодову послідовність, стан каналу $\mathbf{H}$ повністю відомий на ЦС, тоді нормалізована ергодична взаємна інформація каналу буде

$$I(\rho) = M[\mathfrak{I}(\rho)],$$

$$\text{де } \mathfrak{I}(\rho) = 1/N \log \det(\mathbf{I}_N + 1/\rho \mathbf{H} \mathbf{H}^H), \quad N = \Omega M.$$

В результаті ряду перетворень отримано вираз для апроксимації ймовірності переривання зв'язку

$$p_{out}(R) \approx 1 - Q\left[(R - NV(\rho))\Theta_{N,n}\right],$$

де $Q(x)$ - гаусівська хвостова функція (Gaussian tail function); $\Theta_{N,n}^2$ - асимптотична дисперсія; R - цільова швидкість передачі системи, біт/с/Гц; $V(\rho)$ - детермінований еквівалент ергодичної взаємної інформації.

Адекватність математичної моделі підтверджена результатами чисельного моделювання. Для цього було змодельовано стільникову СШР, що складається з $\Omega = 3$ БС із $M = 2$ антенами і $n = \{3, 6, 9\}$ МТ. МТ рівномірно розподілені по трьом секторам стільника. Коефіцієнт зворотних втрат на поширення радіохвиль l_{bk} між МТ k і БС b визначається як $l_{bk} = d_{bk}^{-3,6}$, де d_{bk} - нормалізована відстань між МТ k і БС b . Параметр Райса ν_{bk} отримується випадковим чином з одиничного інтервалу, а фази ϕ_{mk}^b розсіяних

компонент знаходяться випадково в інтервалі $(0, 2\pi)$. Відношення сигнал/шум визначається як $\text{SNR} = 1 / \rho$.

На рис. 1 представлена характеристика отриманої апроксимації ймовірності переривання зв'язку. Показана ймовірність переривання як функції від SNR для цільової швидкості $R = n \times 3$. Неперервні лінії розраховувались згідно отриманих аналітичних виразів, перервні лінії відповідають результатам симуляції. Апроксимація має дуже добру точність для малих розмірів стільникової системи.

Таким чином, розроблено математичну модель ймовірності переривання зв'язку в стільниковій багатоантенній СШР в умовах райсонівськими замирань, отримано аналітичний вираз для апроксимації ймовірності переривання зв'язку, адекватність математичної моделі підтверджена результатами проведеного чисельного моделювання, також отримано аналітичний вираз для оцінки асимптотичної дисперсії взаємної інформації в стільниковій багатоантенній СШР.

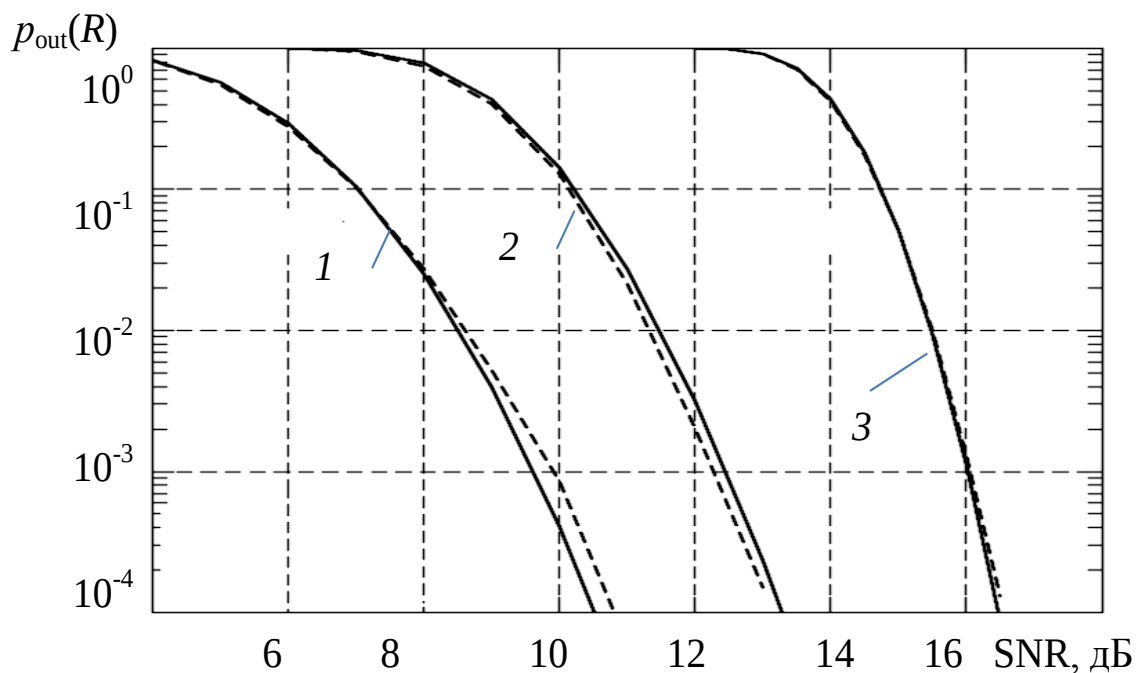


Рис. 1. Залежність ймовірності переривання зв'язку $p_{\text{out}}(R)$ від SNR для n :
1 – 3; 2 – 6; 3 – 9

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. – К.: Наукова думка, 2009. – 312 с.
2. Кравчук С.О., Міночкін Д.А. Особливості застосування багатоантенної технології МІМО в системах мобільного зв'язку специфікацій Long Term Evolution // Вісник ДУКТ. – 2011. – Том 9. – № 1. – С. 5–15.
3. Andrews J. Interference Cancellation for Cellular Systems: A Contemporary Overview // IEEE Wireless Commun. Mag. - 2005.- Vol. 12, no. 2. - P. 19- 29.

БЕЗПРОВОДОВІ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ

Босюк О.О., Кравчук С.О.

Інститут Телекомунікаційних Систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: qsob2010@gmail.com

Wireless communication systems between vehicles and telecommunication infrastructure

Main purpose of the report is to present the results of a comparative analysis of existing wireless systems in terms of their application for interfacing with vehicles, development of specific criteria for this comparison, the strengths of the application of a system.

Значне зростання кількості транспортних засобів, особливо автотранспорту, ускладнення управління ним та необхідність надання інформації щодо забезпечення безпеки руху потребує наявності надійних безпроводових систем зв'язку з високою пропускнуою здатністю для взаємодії транспортних засобів з телекомунікаційною інфраструктурою. Даній проблемі присвячено цілий ряд публікацій [1-4], де запропоновано сценарії та схеми реалізації таких безпроводових систем. Так, наприклад у [1] представлено принципи створення так званої інтелектуальної транспортної системи ITS (intelligent transportation systems), а в [2] запропоновано впровадження власного автомобільного каналу. Але наявність значної кількості пропозицій щодо створення безпроводової системи для транспортних засобів потребує і відповідного їх порівняльного аналізу з єдиних позицій для вибору найбільш ефективних схем та підходів. Тому основною метою доповіді є представлення результатів проведеного порівняльного аналізу наявних безпроводових систем з точки зору застосування їх для взаємодії з транспортними засобами, розробка певних критеріїв такого порівняння, визначення переваг застосування тієї чи іншої системи.

Найбільший інтерес представляють системи ITS, які необхідні для безпроводового зв'язку між транспортними засобами і інфраструктурами V2I (vehicle-to-infrastructure). ITS привернули велику увагу з боку виробників автотранспорту, дорожніх операторів, органів стандартизації. Основною метою її впровадження є збільшення безпеки дорожнього руху за допомогою глобальної мережі зв'язку між транспортними засобами V2V (vehicle-to-vehicle) і V2I.

Проблема забезпечення своєчасного та надійного зв'язку між транспортними засобами та елементами інфраструктури залишається центральним питанням у розвитку систем V2I. З метою реалізації зв'язку, різні

безпроводові технології передачі даних можуть бути розгорнуті ізольовано або в якості додаткових частин до існуючих технологій. Зазвичай розглядається можливість зв'язку V2I на основі трьох основних класів безпроводових технологій, а саме:

- цифрове мовлення: цифрове відео мовлення портативних пристроїв DVB-H (Digital Video Broadcasting- Handheld);
- мобільні системи: універсальна система мобільних телекомунікацій UMTS (Universal Mobile Telecommunications System);
- виділення зв'язку на короткі відстані DSRC (Dedicated Short Range Communications): безпроводовий доступ до транспортних засобів WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments).

У мережах DVB-H усі передавачі транслують один і той сигнал у одній смузі частот. Це призводить до власних завад, де множинні копії одного сигналу прибувають на кожний приймач. Для поліпшення прийому може бути використане рознесення передавачів. Для V2I-систем один передавач цифрового наземного відео-мовлення DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) може охопити від десятків до сотень кілометрів вулично-дорожньої мережі. Розгортання додаткових передавачів може збільшити зону покриття, але воно не може привести до більш високої швидкості передачі даних, бо при зростанні покриття рівень потужності на кожного абонента зменшується.

У UMTS покриття надається для користувацького обладнання UE (user equipment) по множині вузлів у системі, що створюють стільник у певному діапазоні. Для того, щоб оцінити максимальний діапазон комірок, ми представляємо аналіз бюджету для зв'язку на послуги V2I.

Для аналізу вимог до систем DSRC обчислимо число придорожніх блоків RSU (road-side unit), які потрібні для того, щоб покрити один відрізок довжини $L_{\max} = 1,5$ км, що характерно для шосе. У цих розрахунках використовуються різні моделі для прогнозування втрат на трасі. Оскільки дана технологія є відносно новою, існують кілька засобів для вимірювання радіоканалу DSRC і не можливо підібрати найкращу модель для передбачення втрат на шляху.

Системи цифрового мовлення обмежені за потужністю і не масштабовані відповідним чином. UMTS може здійснювати зв'язок V2I з використанням виділеного каналу DCH (dedicated channel) або мультимедійного широкомовного/багатоадресного сервісу MBMS (multimedia broadcast/multicast service).

Для прогнозування втрат на трасі вибрано три моделі:

- Експонент-3-модель (Exponent-3-model);
- COST-Nata модель;
- Модель між транспортними засобами (Inter-vehicle).

Втрати у Exponent-3-моделі дорівнюють втратам на трасі у вільному просторі, але з показником ослаблення 3 замість 2. Обмежуючим фактором для COST-Nata моделі є нижня межа висоти базової станції (30 м). Висота RSU становить приблизно 1...6 м, в залежності, якщо він знаходиться поруч

або над дорогою. Другим обмежуючим фактором є нижня межа для відстані (1 км). Це приблизно відповідає верхній межі зони покриття DSRC-систем. Третя модель використовується для прогнозування лінії прямої видимості при поширенні втрат. Ця модель розроблена спеціально для DSRC-систем. Результати моделювання були підтверджені тільки одним виміром, який був проведений в нічний час, тобто з відсутністю або принаймні низьким трафіком в зоні прямої видимості між передавачем і приймачем.

Таким чином, в гіршому випадку приватного використання, з найвищою обов'язковою швидкістю передачі даних, RSU мають висоти 5,5 м. З використанням COST-Hata моделі до 6 RSUs необхідні для забезпечення адекватного охоплення для 1,5 км ділянки дороги. В цілому COST-Hata модель дає найвищі втрати на шляху і тому вона має найдрібніші розміри RSU-комірок.

Іншим важливим аспектом, який необхідно враховувати при розгортанні безпроводової технології, що впроваджується у систему V2I є необхідна потужність низхідної лінії (швидкість передачі даних). Особливий інтерес представляє перерахунок вимог щодо кількості користувачів в системі, географічної області, яка буде покрита і кількості та складності пропонованих послуг. Кожний вибір безпроводових технологій приносить з собою особливі вимоги щодо потужності і масштабування.

Встановлено, що системи цифрового мовлення, мобільних та систем DSRC можуть бути використані для здійснення передачі V2I-повідомлень. Системи цифрового мовлення мають обмежену потужність і не масштабуються. UMTS може бути використана для реалізації посиленням V2I як у виділеному каналі і MBMS режимі, а також у змішаному підході. У кожному разі, системи V2I добре масштабуються і можуть бути обмежені. Системи WAVE добре масштабуються та забезпечують достатню інформаційну ємність і покриття.

Література

1. Belanovic P., Valerio D., Paier A. Wireless Links for Vehicle-to-Infrastructure // IEEE, 2010. – 14 p.
2. Tufvesson F., Paier A., Zemen T. Vehicular Channel Characterization and Its Implications for Wireless System Design and Performance // IEEE, 2011. – 24 p.
3. Nelson Ireson, Ford Previews Vehicle-To-Vehicle Tech At Washington Auto Show, 2011 // available at: http://www.motorauthority.com/news/1054336_ford-previews-vehicle-to-vehicle-tech-at-washington-auto-show.
4. Ingolstadt, Germany, Audi travolution: efficiently through the city, 2010 // available at <http://www.audiusanews.com/newsrelease.do;jsessionid=CFB4413CF41D55B1AEA42F0DF7A3CCE9?&id=1812>.

SOFTWARE DEVELOPMENT OF THE DIFFERENT SIGNAL RESTORATION METHODS

I. Strelkovskaya, O. Lysiuk, R. Zolotukhin

Odessa National Academy of Telecommunications named after A.S. Popov

E-mail: dekanat.ik@onat.edu.ua

Software development of the different signal restoration methods

Basic types of approximation, using a number of Kotelnikov series, Lagrange interpolating polynomial, spline functions and wavelet functions during the signals recovering are considered. Software, realizing mentioned recovery methods, is developed. Recovery errors for each method are received. Practical recommendations on choice of approximating instrument by which the optimal choice of signals recovery methods to be achieved, are given.

To improve the quality of transmitted information an important role plays accuracy of signal restoration. For signals restoration in communication technologies many various methods of approximation are used. Power polynomial of Lagrange, Kotelnikov interpolation series, spline- and wavelet-functions are used as the approximation functions

This problem was considered in the works [1-5]. As the approximation function Kotelnikov series and cubic spline were used in the works [1-3] and Kotelnikov series, cubic spline and Kotelnikov-Shannon wavelet were used in the works [4, 5]. Also the error estimations of different classes signals restoration were obtained by above mentioned functions, that gave the opportunities to speak about the benefits of this or that signals restoration methods depending on its form, i.e. class of signals.

The aim of this work is to develop a program that would allow to determine the optimal choice of the restoration for this or that output signal.

It is considered Kotelnikov series, Lagrange interpolating polynomial, linear spline, cubic spline, Haar wavelet and Kotelnikov-Shannon wavelet as the approximating function for the signal restoration. The criterium for the optimal choice of one or another approximating function is root mean square (RMS).

To compare the methods of signals restoration (Kotelnikov series, interpolation polynomial of Lagrange, linear spline, cubic spline and wavelet functions) «*Signal Restoration*» software product was developed. It realizes the specified restoration methods. The software product is made by the framework Qt, using C++ programming language. This program allows you to restore different signal classes (both continuous and digital) by all specified methods, as well as to receive an estimate of the error-based recovery on the base of RMS of restored signal from the original signal. On the base of the RMS the best method of signal restoration is chosen.

The flowchart of this program is shown in Fig. 1.

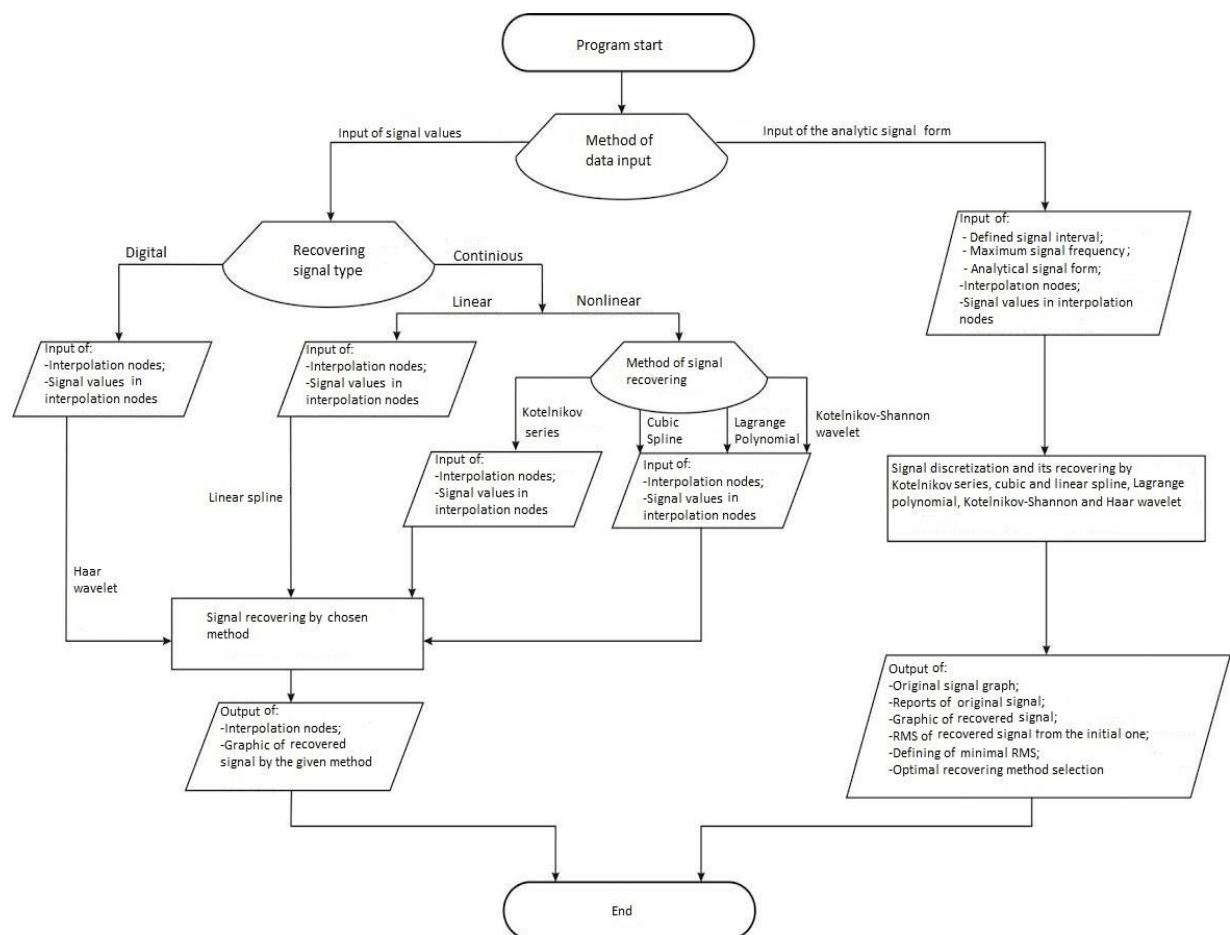


Figure 1 Flowchart of the «Signal Restoration» program

After the signal initial data entered (input of the signals with the help of pulses or in the analytical form) it is possible to select the method of the signal restoration.

In this work, the signals characterized by steep and sharp functions increase, linear frequency-modulated signal (LFM-signal), LFM-signal with linearly varying amplitude (modified LFM-signal) and frequency-modulated signal (FM-signal) are considered.

The program dialog window with the results of FM-signal restoration by Kotelnikov series, Lagrange interpolation polynomial, linear spline, cubic spline, Haar wavelet and Kotelnikov-Shannon wavelet is shown in figure 2.

For continuous FM signal the best method of the restoration is the cubic spline, for which the RMS is 0.171. Restoring LMF-signal, it appears that the best method is Kotelnikov-Shannon wavelet for which RMS is 0.169. In the case of LMF-signal restoring with linearly varying amplitude it is recommended to use Kotelnikov series as the approximating function (RMS is 0.125). For continuous signals, characterized by the presence of a large number of oscillations and a sharp increase in function it is recommended to use Kotelnikov-Shannon wavelet as an approximation function. As for Haar wavelet, it can be used only to restore signals of "P-pulse" type or rough approximation of analog signals.

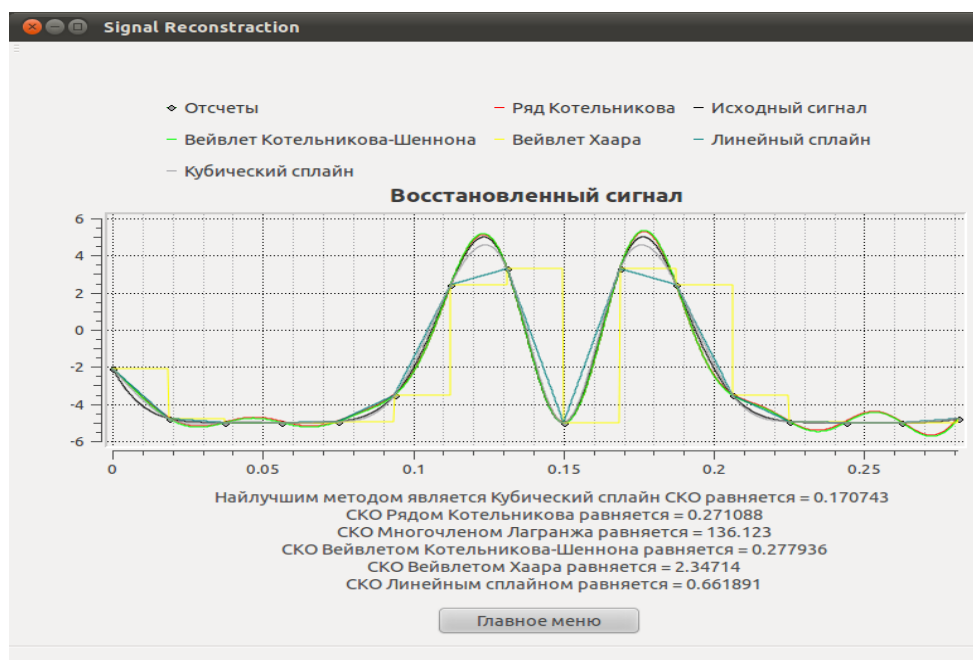


Figure 2 Restoration of FM-signal

Conclusion. The program, which allows to find the different signals recovery errors based on the criterion of minimum RMS values by polynomial of Lagrange, Kotelnikov interpolation series, linear and cubic spline, Haar and Kotelnikov-Shannon wavelet is designed. The practical recommendations on approximation function selection based on the RMS criterion for any type of signals are received. The program allows to speak about the optimal restoration way of one or another source signal.

Literature

1. Strelkovskaya I.V., Buhan D.Y. (2007). Continuous signals reconstruction by Kotelnikov interpolation series and cubic splines. *Radio engineering*, 151, p. 181-185.
2. Strelkovskaya I.V., Lysiuk O.V., Zolotukhin R.V. (2013). Comparative analysis of continuous signals reconstruction by Kotelnikov series and spline-functions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, №2/9(62), p. 12-15.
3. Strelkovskaya I.V., Lysiuk O.V., Zolotukhin R.V. Research methods of continuous signals reconstruction // *Seventh International Scientific and Technical Conference «Problems of Telecommunications»*: Conference materials, Kiev, 16-19 April 2013., – K.:NTUU «KPI», 2013. – p. 82–84.
4. Strelkovskaya I.V., Lysiuk O.V., Zolotukhin R.V. Continuous signals reconstruction on the base of wavelet-functions // *Problems of InfoCommunications. Science and Technology (PIC S&T-2013): Compilation of scientific works of the 1st International Scientific and Practical Conference*, Kharkov, 9-11 October 2013 / Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkov National University of Radio Electronics. – Kharkov: KhNURE, 2013. – p. 223-225.
5. Strelkovskaya I.V., Lysiuk O.V., Zolotukhin R.V. Different types of approximations in signal restoration // *Infocommunications – Present and Future: Conference materials of Third International Scientific and Practical Conference of Young Scientists*, Odessa 17-18 Oct. 2013. – Ch.1. – Odessa, ONAT, 2013. – p. 169-172.

МАКЕТ БЕЗПРОВОДОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ WI-FI

Воробйов А.Д., Якорнов Є.А.

Інститут Телекомунікаційних Систем НТУУ „КПІ”

E-mail: oleonortt@gmail.com

На сьогоднішній день технологія IEEE 802.11 або Wi-Fi є найпоширенішою безпроводовою технологією для користування Інтернетом, оскільки телекомунікаційні оператори використовують дану технологію з метою організації доступу абонентів до мережі Інтернет в таких місцях скупчення людей, як торговельні центри, станції метро, тощо. Технологія Wi-Fi має багато переваг, але основним її недоліком є обмежений радіус дії, що, по-перше, обумовлено застосуванням слабоспрямованих антен як в абонентському терміналі так й в точці доступу (типове значення коефіцієнта підсилення антени точки доступу складає 2-3дБ), по-друге, низькою потужністю випромінення (біля 100 мВт) передавача Wi-Fi, а по-третє, в більшості випадків відсутністю лінії прямої видимості між точкою доступу та абонентським терміналом, що призводить до значних втрат потужності через загасання енергії.

Актуальними проблемами для телекомунікаційних операторів є завади від точок доступу Wi-Fi інших операторів або приватних власників в місцях скупчення людей, а також необхідність використання декількох точок доступу для покриття великої площі.

Типовий Wi-Fi маршрутизатор стандарту 802.11g або 802.11n, що працює в діапазоні частот 2,4...2,485 ГГц, має радіус дії 45-60 м у приміщенні і 90-100 м зовні. Для підвищення дальності роботи Wi-Fi, можна було б збільшити потужність випромінення, але збільшення потужності точок доступу понад 100мВт є протизаконним [1]. Іншим способом розширення зони покриття є використання ретрансляторів (повторювачів). Дані пристрої приймають сигнал і передають його далі, але використання таких пристроїв дає розширення покриття на 15-20м на кожний прилад. Проте необхідно відмітити, що застосування в якості антен точок доступу спрямованих антен (параболічних, спіральних) з коефіцієнтом підсилення біля 25 дБ та шириною діаграми спрямованості 10° дає змогу будувати стаціонарні безпроводові мережі з дальністю дії не менше 5-10 км.

Метою даної доповіді є описання способу збільшення дальності дії мережі Wi-Fi шляхом використання одразу 2-ох факторів:

- використання направлених антен;
- перенос робочої частоти діапазону 2,4 ГГц в діапазон 12,2 ГГц.

Перенос робочої частоти з 2,4 ГГц на 12,2 ГГц по-перше, надасть можливість уникнути впливу завад від приладів, що працюють в діапазоні 2,4 ГГц, а по-друге використати спрямовані антени, наприклад дзеркальні супутникові, які при діаметрі біля 1 м мають коефіцієнт підсилення біля 40 дБ та ширину діаграми спрямованості біля 2 град. Це дозволить забезпечити збільшення дальності дії стаціонарної безпроводової системи Wi-Fi, що працює в режимі «точка-точка».

На рис. 1 представлений один із варіантів реалізації комбінованого використання вищезазначених 2-ох факторів для реалізації системи безпроводового доступу «точка-точка» діапазону 12 ГГц на базі технології Wi-Fi.

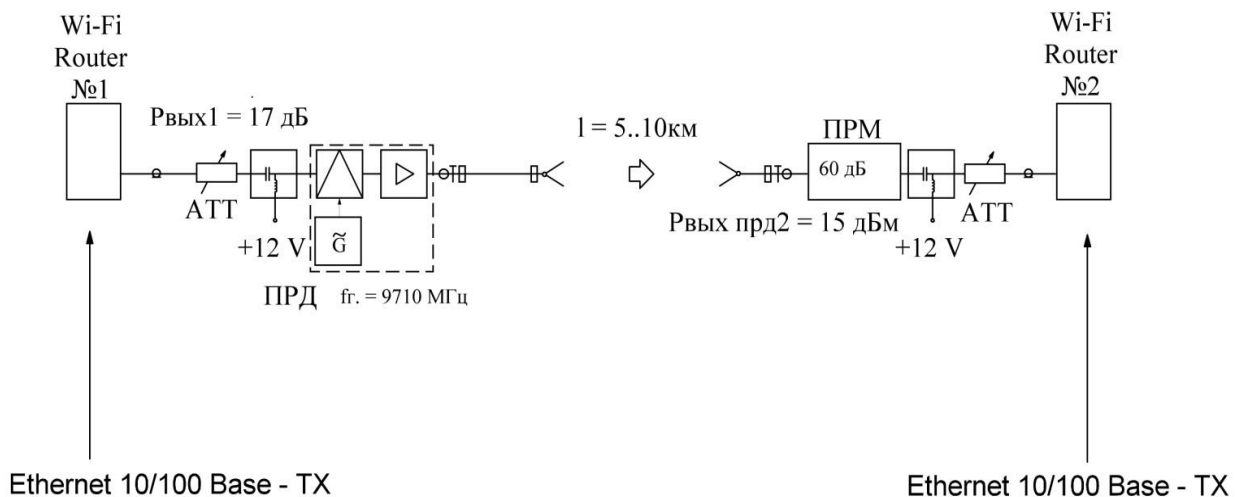


Рис.1. Структурна схема збільшення дальності дії Wi-Fi за допомогою використання спрямованих антен та перенесення частоти робочого діапазону

Принцип дії структурної схеми макету розглянемо відповідно до рис.1.

Сигнал з зовнішньої мережі по інтерфейсу Ethernet 10/100 Base-TX потрапляє на вхід маршрутизатора (Wi-Fi Router №1), на виході маршрутизатора потужність сигналу становить +17 дБм, а частота $f_c = 2437 \text{ МГц}$ звідти по коаксіальному хвилеводу сигнал потрапляє на атенюатор, який ослаблює сигнал на 18-19 дБ і рівень сигналу стає -1..-2 дБм. Це необхідно для усунення перевантаження змішувача передавача. Далі

сигнал поступає на вхід передавача (ПРД) [2] де, за допомогою змішувача [2] що входить в конвертор EuroSky-3101A [2] частота сигналу змінюється до $f_c = 12110$ МГці через підсилювач потужності та трансформатор типів хвиль круглого хвилеводу на прямокутний [3] з вихідною потужністю $P_{\text{вих}} = -13$ дБм потрапляє на передавальну рупорну антенну з коефіцієнтом підсилення 21 дБ та шириною основної пелюстки за половиною потужності 15° за допомогою якої по радіоканалу, що вносить загасання приблизно 80 дБ поступає на таку ж саму приймальну рупорну антену. Далі через трансформатор типів хвиль сигнал переходить в коаксіальний хвилевід, а потім поступає на вхід приймача (ПРМ). В приймачі, виконаному на основі супутникового конвертору EuroSky-3101A з підсиленням на 60 дБ, на вході якого рівень потужності складає приблизно -45,5 дБм, частота сигналу зменшується до 2,4 ГГц. Потужність сигналу на виході приймача складатиме приблизно -3 дБм. За допомогою коаксіального атенюатора на 15 дБ рівень потужності сигналу на вході атенюатора зменшується приблизно -18 дБм з метою недопущення перевантаження вхідних каскадів в приймальному тракті маршрутизатора (Wi-Fi Router №2).

Як бачимо при використанні одразу 2-ох факторів:

- використання направлених антен;
- перенос робочої частоти;

можливо досягнути збільшення дальності дії для технології Wi-Fi, а також уникнути створення завад, що є актуальним рішенням для телекомунікаційних операторів України.

Література

- 1."Український державний центр радіочастот" [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.ucrf.gov.ua/uk/doc/nkrz/1196068874/>
- 2."Офіційний сайт супутникового телевізійного мовлення" [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.arstel.com/ru/articles/art1p6.php>
- 3.Ю.В. Пименов, В.И. Вольман, А.Д. Муравцов Техническая электродинамика - М: «Радио и связь» 2000. -463с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Домрачева Е.А., Казимиренко В.Я.,

Государственный университет телекоммуникаций e-mail: katyscha@ukr.net

Нарытник Т.Н.

НТУУ "КПИ" Институт телекоммуникационных систем, Киев

E-mail: director@mitris.com

Analysis of the efficiency of the use of electromagnetic waves of a millimetric range for data transfer

In this paper, a preliminary evaluation of the prospects of using millimeter band for data transmission.

Доставка информации по беспроводным каналам передачи данных в цифровом формате часто выполняются с использованием радиорелейных линий (РРЛ). Требования к параметрам таких линий должны соответствовать ряду национальных и международных стандартов.

Такие линии передачи, во-первых, требуют реализации условия прямой видимости, а, значит, использования мачт, стоимость которых часто превышает стоимость оборудования станции, а во-вторых, повышение требуемой скорости передачи требует использования дополнительного частотного ресурса, который и так в настоящее время уже практически исчерпан.

Кроме того необходимость использования передачи на небольших (до 3км) расстояниях и при значительных скоростях передачи (до нескольких Гбит/с) [1, 2] как правило не позволяет реализовать условие прямой видимости, а дефицит частотного ресурса не позволяет обеспечить требуемое качество передачи.

Задачей, предложенной в данной работе, является анализ эффективности использования миллиметрового диапазона для передачи данных со скоростью более 1Гбит/с в прямом и обратном направлениях. При этом технология передачи должна обеспечивать качественную передачу также в условиях влияния эхо сигналов. То есть решается вопрос исчерпанности частотного ресурса и реализуется работа в условиях плотной городской застройки, что не требует высокого подъема антенн.

Решение проблемы компенсации отсутствия условия прямой видимости и исчерпанности лицензируемого частотного ресурса предлагается путем организации канала посредством использования приемно-передающего формирователя информационного потока для канала связи с повышенной спектральной эффективностью и пропускной способностью [3]. Этот

формирователь базируется на чипе Mikrotik R52nM, который позволяет получить скорость передачи в прямом и обратном каналах по 150Мбит/с и реализующий скорость до 1,2Гбит/с и поддерживающий стандарт 802.11.n.

Использование такого формирователя в качестве модема позволило спроектировать канал передачи данных в нелицензируемом частотном диапазоне (140 ГГц), полосой около 400МГц с многочастотной модуляцией OFDM и с каскадным кодированием, позволяющем максимально приблизиться к границе Шеннона.

Методика исследования заключалась в оценке потерь на трассе длиной 1км, оценке отношения С/Ш на входе приемника при модуляции 64QAM. Исследуемый частотный диапазон выбран 130...134 ГГц.

Выбранная длина канала связи и значения полученной скорости передачи могут использоваться как для обмена данными, так и для доставки высокоскоростного телевизионного контента. Слабая занятость частотного ресурса в диапазоне позволяет использовать ресурс практически на безлицензионной основе. Использование модуляции OFDM позволяет компенсировать искажения за счет переотраженных сигналов при незначительном увеличении отношения С/Ш – порядка 3...5дБ.

Минимальная позиционность модуляции - BPSK позволяет оптимизировать поток в зависимости от параметров приемного и передающего оборудования (мощность передатчика, ЭИИМ передающего тракта, ЭШТ входа приемника, добротность приемного тракта и других).

Предварительная оценка канала связи для передачи данных (BER не должен превышать 10^{-6}) выполнялась с учетом параметров указанного формирователя и ожидаемых характеристик приемного и передающего трактов в полосе передачи и приема 40МГц.

Оценку потерь на трассе в полосе 40МГц проводили сначала для свободного пространства, где потери составят $L = (4\pi d/\lambda)^2$, и оценкой требуемого запаса энергии для компенсации реально присутствующих помех.

Так, для расстояния $d=1000\text{м}$ потери в свободном пространстве составят 135дБ.

При этом в реализованном варианте мощность на выходе передатчика составила $P_{\text{пер}} = 0,002\text{Вт}$, полоса $\Delta F = 40 \text{ МГц}$, ЭШТ приемника составила $T_{\text{ш}} = 1000\text{К}$.

Равенство уровня сигнала и мощности шума на входе приемника реализуется при запасе энергии, компенсирующем потери в свободном пространстве при всенаправленном облучателе.

При значении $P_{\text{пер}} = 0,002\text{Вт}$ и дальности 1000м указанный уровень сигнала без учета усиления антенн составит около -160дБВт. Для обеспечения требуемого отношения С/Ш при модуляции 64 КАМ и используемом коде в канале превышение сигнала над шумом должно достигать около 23...25 дБ, то есть для расстояния 1000м нужно обеспечить уровень сигнала на входе приемника около -110 дБ/Вт. При суммарном

усилении антенн 80 дБ на расстоянии 1 км значение этого уровня мощности составит около минус 80 дБ/Вт, т.е. имеем запас энергетики канала связи около 50 дБ. Этот запас потребуется для компенсации искажений в тракте (могут составить до 15 дБ), потерь и искажений на трассе (около 10 дБ). Таким образом, полученного запаса энергетики канала связи для полосы 40 МГц в общем случае достаточно для компенсации указанных искажений.

На основании этого доклада можно сделать следующие выводы.

1. Исследуемый частотный диапазон достаточно перспективен в силу не исчерпанности ресурса, отсутствия требований по его лицензированию и практически отсутствию искажений на молекулярном уровне, ослабления требований в части подавления эхо сигналов.

2. Примененный формирователь позволяет создавать каналы передачи практически в любой части миллиметрового диапазона и при регулировании полосы и скорости передачи путем реконфигурации формирователя.

3. Анализируемый здесь канал передачи пригоден для доступа в Интернет, передачи высокоскоростных потоков данных.

4. Для передачи потока телевидения сверхвысокой четкости нужно разработать вариант протокола сжатия с поддержкой технологии аналогичной SPI в протоколе MPEG-2.

5. Для увеличения длины канала требуется разработка средств, позволяющих повысить энергетический потенциал канала передачи – мощность на выходе передатчика, мощность шума на входе приемного тракта или использовать модуляцию с меньшей позиционностью. Параметры антенн в этом диапазоне позволяют существенно повысить энергетику в системе, правда, при усложнении развертывания.

Литература

1. M.Ye Ilchenko, T.N. Narytnik, A.I. Fisun, O.I. Belous. Terahertz range telecommunication systems /Telecommunications and Radio Engineering, 70(16):1477-1487 (2011).

2. Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Кузьмин С.Е., Радзиховский В.Н. Моделирование функциональных узлов радиорелейной системы терагерцового диапазона// Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций».- №2 (11) .-2013.-с. 95-113.

3. Патент на корисну модель №,84923. Приймально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку із підвищеною спектральною ефективністю та пропускну здатністю/Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я. та інші, – опубл. 11.11.2013р. Бюл.№.21

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОКАНАЛА СВЯЗИ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА

Ильченко М.Е. Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н.

НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ»

Пр. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина

Тел., (044)2366213, e-mail: icbr@i.ua

RESEARCH OF PROSPECTS OF THE USE OF TERAHERTZ OF RADIORANGE FOR CREATION OF TELECOMMUNICATION SYSTEM

Abstract. Results over of research of realization of telecommunication communication channel are Brought in a range 130.134 GHz.

Введение. Использование терагерцового диапазона в телекоммуникациях перспективно в силу перегруженности диапазонов более низких частот, роста информационного трафика, который требует передачи гигабитных цифровых потоков по линиям связи.

Поскольку пропускная способность линии радиосвязи увеличивается с ростом полосы частоты сигнала, то использование доступного и пока не лицензируемого частотного ресурса является мощным средством увеличения величины передаваемого трафика. Особенностью терагерцовых волн является относительно сильное затухание в атмосфере, вызванное дождем и резонансным поглощением в молекулах кислорода и воды, поэтому они пригодны для радиосвязи на малых расстояниях.

И хотя дальность связи в терагерцовом диапазоне оценивается несколькими километрами из-за ограничений в выходной мощности передатчика и чувствительности приемника, имеется ряд перспективных применений каналов передачи, базирующихся на этом частотном диапазоне [1-3].

В данной работе приведены результаты предварительной оценки прогнозируемого качества канала связи в диапазоне 130...134 ГГц, а также рассмотрены достижения мировыми телекоммуникационными организациями в части построения каналов связи, функционирующих в терагерцовом диапазоне.

Основная часть. Исследования, проведенные мировыми научными организациями, показали возможность использования терагерцового диапазона, в том числе, для передачи информации. Такая передача как правило осуществляется посредством использования фотонной технологии, где в качестве формователя несущей используется лазер. При этом

отмечается довольно высокая стоимость организованного беспроводного канала связи.

Результаты оценок протяженности линии связи в зависимости от длины волны излучения при значениях полного ослабления представлены на рис.1. Эти оценки сделаны при достигнутых уже сегодня параметрах приемно-передающей аппаратуры и усилении антенн.

На основании этих данных можно сделать вывод о перспективности применения терагерцовых волн для ближней связи на расстояниях, которые отвечают требованиям, предъявляемым к микросотовым и пикосотовым линиям связи.

Учитывая современный уровень развития полупроводниковой технологии и состояние разработок микроэлектронных схем, есть реальная возможность использования разных отечественных приемно-передающих систем, а также антенно-волноводных устройств для создания необходимой элементной базы в целях применения в линиях передачи информации небольшой протяженности в городских условиях.

Из рисунка 1 видно, что использование диапазона около 130 ГГц довольно приемлемо для реализации беспроводного канала передачи.

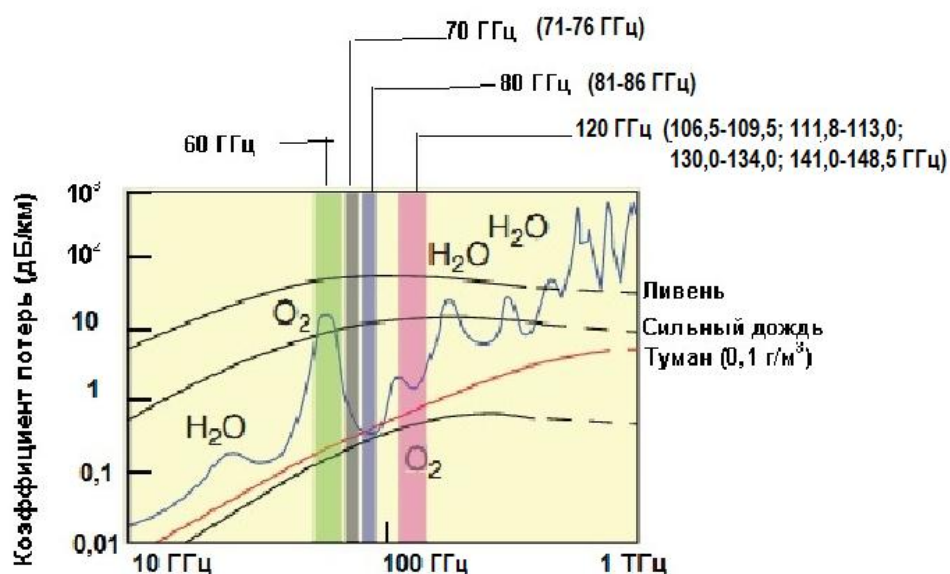


Рис. 1. Характеристики поглощения радиоволн в атмосфере (на уровне моря)

На рис. 2 показано поглощение радиоволн, вызываемое дождем разной интенсивности. Диапазон вблизи 130 ГГц также оказывается приемлемым в условиях Украины.

Беспроводные технологии, которые могут управлять оптическими коммуникациями полезны для доступа организации последней мили

радиосвязи, устанавливая временные соединения для возобновления сети при отказе или других разрушениях.

Приняты параметры скорости передачи для высококачественного телевидения (HDTV), которое требует скорость 1,5 Gb/s, трехмерных кинофильмов (3 Gb/s), цифрового кино (6 Gb/s) и супервидения (SHV) (до 24 Gb/s) нуждаются в широкополосной сети и в беспроводном оборудовании, которое может передавать некомпресованное видео HD в разных ситуациях.

Использование современных технологий позволило на сегодня создать передающие тракты достаточной мощности и приемные тракты с чувствительностью, позволившими на частоте 120 ГГц достичь передачу данных на расстоянии до 10 км [4].

Решаемой в данной работе задачей также являлась предварительная оценка длины линии связи в диапазоне 130...134 ГГц, базирующаяся на результатах, полученных при проведенных исследованиях и созданных средствах передачи.

Методика основывается на использовании технологии расчета изотропно распространяющейся радиоволны, учете как требуемой энергетике для используемого вида модуляции, так и компенсации энергетических потерь на трассе.

Оценка проводилась для использования полосы около 2 ГГц, необходимой для передачи высокоскоростного телевизионного трафика, так и для полосы 40 МГц, используемой при передаче многоканального трафика (например, трафика Интернет-служб).

Получены следующие результаты:

При модуляции 64 КАМ и коде РС превышения сигнала над шумом должно составлять около 25 дБ. С учетом потерь и искажений на трассе потребуется еще дополнительно 10...15 дБ. Учет влияния искажений в тракте может сложить еще до 15 дБ. При суммарном усилении антенн 90 дБ на расстоянии 1 км имеем запас около 20 дБ, на расстоянии 2 км - запас около 14 дБ.

Отметим, что конфигурация разработанного формирователя предусматривает создание восьми сорока мегагерцовых каналов, в каждом из которых скорость передачи составляет около 150 Мбит/с. То есть суммарная скорость составит 1200 Мбит/с в полосе около 400 МГц.

Расширение полосы до 2 ГГц (что позволит передавать потоки телевидения сверхвысокой четкости) приводит к увеличению мощности шума а, значит, и мощности сигнала на входе приемника на 17...20 дБ и для реализации качества передачи в пределах реализуемого энергетического ресурса потребуется снижение позиционности модуляции, по крайней мере, до QPSK.

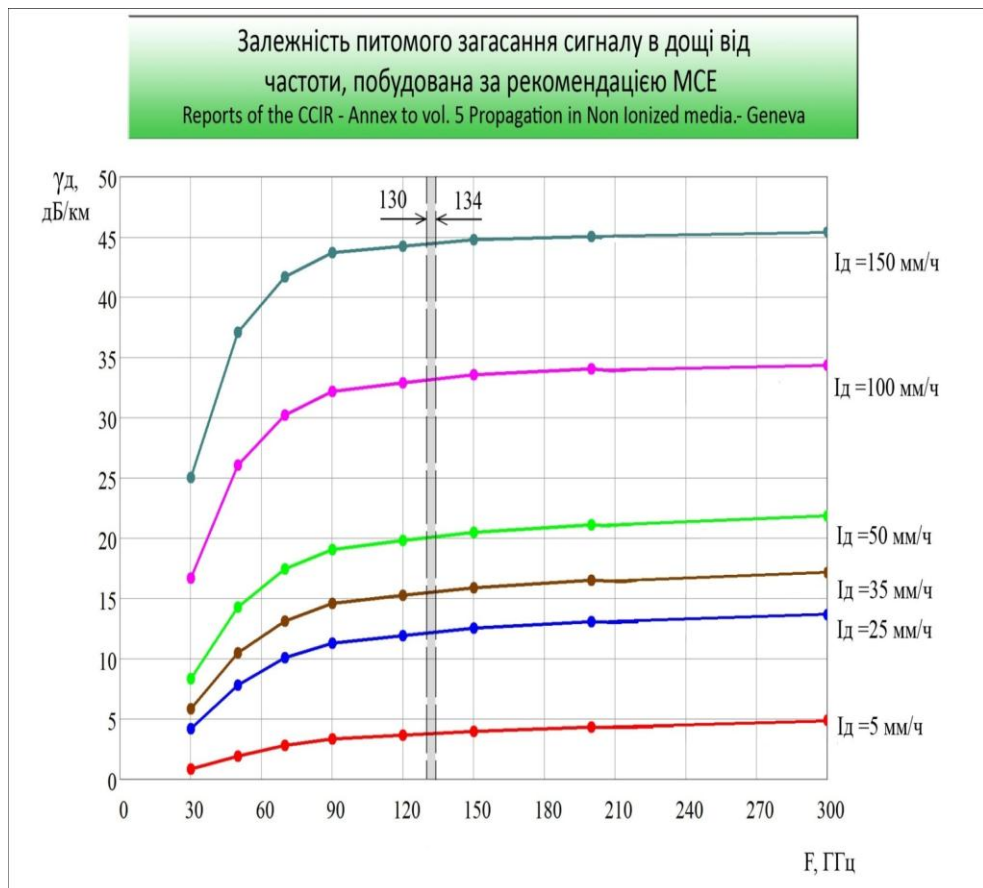


Рис.2. Поглощение радиоволн, вызываемое дождем разной интенсивности

Заключение. Проведена оцeнка тpeбoваний к харaктеристикам сoстaвляющих кaнaлa cвязи, бaзирующeгoся нa пoлучeнных рeзультaтaх. Пpeдлoжeнo испoльзoвaниe пpиемo-пeрeдaющeгo фoрмиpовaтeлa, в кoтoрoм пpимeнeны тeхнoлoгии 802.11n. и кoтoрый пoзвoляeт пeрeдaвaть пo линии cвязи гигaбитный тpaфик. Пpи этoм cкoрoстb пeрeдaчи в кaнaлe cвязи и чacтoтa пeрeдaчи oпpeдeляються кoнфигуpaциeй paзpaбoтaннoгo фoрмиpовaтeлa нoвoгo типa.

Литература

1. М.Ю. Ильченко, С.О. Кравчук «Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу», Наукова думка, 2009.
2. M.Ye Ilchenko, T.N. Narytnik, A.I. Fisun, O.I. Belous. Terahertz range telecommunication systems /Telecommunications and Radio Engineering, 70(16):1477-1487 (2011).
3. T. Narytnik, A. Amro, M. Ilchenko, V.Kalinin, O. Turabi. Sub-Terahertz Low Power UWB Communication Link for WPAN. //Network and Complex Systems.- Vol 2, No.4.- 2012.-p.45-50.
4. Akihiko Hirata, Ryoichi Yamaguchi, Toshihiko Kosugi, Koichi Murata: 10Gbit/s Wireless Link Using InP HEMT MMICs for Generating 120-GHz-Band Millimeter-Wave Signal, IEEE Transactions on microwave theory and techniques, Vol. 57, No.5, May 2009.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯЦИИ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОЙ АДАПТИВНОЙ МОДУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА С OFDM

Кайденко Н.Н., Крылач О.Ф.
НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ»
E-mail: kkk610@ukr.net

Modulation parameters and forward error correction codes parameters for optimal adaptive modulation in Broadband Wireless Access Systems with OFDM choice peculiarities

In this paper particular choices of modulation rate and forward error correcting code parameters for BWA systems with OFDM modulation where described. OFDM signal properties and construction of adaptive modulation and coding principles based on link status energy estimation influencing the choice, where described. The examples of optimal choice using concatenated codes parameters such as: modulation rate, convolutional code rate, Reed-Solomon code parameters, where given.

Канальная адаптация является эффективным средством повышения спектральной эффективности систем связи в условиях нестационарных каналов. Принцип канальной адаптации состоит в изменении параметров приемника и передатчика в зависимости от состояний канала. Изменяться могут мощность передатчика, полоса частот сигнала, пространственные параметры, скорость модуляции, параметры помехоустойчивого кодирования, параметры демодуляции, глубина декодирования при использовании итерационных методов, схемы коррекции амплитудно-частотных характеристик канала, переупорядочивание входных данных для исключения эффектов группирования ошибок.

Адаптивная модуляция и кодирование (АМК) является одной из составляющих канальной адаптации. Суть ее состоит в том, чтобы в зависимости от состояния канала изменять скорость модуляции и параметры помехоустойчивого кода для достижения заданной помехоустойчивости в канале. При плохом качестве канала используется низкая скорость модуляции и код с высокой корректирующей способностью, а при хорошем качестве канала используется высокая скорость модуляции и код низкой корректирующей способностью. Для работы системы АМК наиболее широко используются энергетические оценки состояния канала, основной является оценка эффективного отношения сигнал/шум (SNR).

Применение АМК для систем с одной несущей и для систем с OFDM несмотря на схожесть принципов имеет ряд отличий, возникающих вследствие свойств OFDM-сигналов.

Особенности выбора параметров помехоустойчивого кода и скорости модуляции, вытекающие из свойств OFDM-сигналов:

- минимальной единицей, в пределах которой скорость модуляции и параметры помехоустойчивого кода должны быть постоянными, является OFDM символ, поэтому адаптация возможна с дискретностью до одного символа;
- OFDM символ в частотной области состоит из поднесущих, их количество N определяется размерностью преобразования Фурье, и соответственно кратно степени 2;
- по своему назначению поднесущие делятся на поднесущие данных N_{data} , пилотные поднесущие N_{pilot} и нулевые поднесущие N_{zeros} , согласно [1] в СШР для фиксированного доступа (режим OFDM) используется $N=256$, при этом $N_{\text{data}}=192$;
- символьная скорость в пределах OFDM символа всегда одинакова (не зависит от скорости модуляции) и однозначно зависит от N_{data} ;

- ограничение на символьную скорость и, соответственно, на размер блока кодируемых данных приводит к ограничению количества вариантов применяемых блоковых кодов, наиболее оптимальными являются перфорированные коды ;

- применение помехоустойчивого кодирования приводит к тому, что информационная битовая скорость меньше скорости передачи, при этом нужно учитывать, что количество передаваемых бит должно быть кратным степени 2;

- размер информационного кадра должен быть привязан к пакету верхнего уровня (MAC уровень) во избежание необходимости применять дополнительные биты выравнивания.

Особенности выбора параметров помехоустойчивого кода и скорости модуляции, вытекающие из принципов построения схемы АМК, основанной на энергетических оценках состояния канала связи:

- при выборе параметров помехоустойчивого кода и скорости модуляции, необходимо максимизировать расстояние между соседними профилями (разницу в SNR), которое должно по возможности быть одинаковым для всех профилей;

- минимальное расстояние между профилями определяется достижимой точностью оценки SNR

- количество профилей передачи выбирается исходя из минимального расстояния между профилями;

- коды с прямой коррекцией ошибок, которые используются должны эффективно исправлять как одиночные, так и групповые ошибки;

- максимальную скорость модуляции для систем широкополосного доступа, которые могут работать в условиях многолучевости, не имеет смысла выбирать высокой (позиционность не выше 64).

Кроме того при расчете характеристик помехоустойчивости необходимо учитывать все особенности реализации системы, а не только вид модуляции и параметры помехоустойчивого кодирования:

- используемая техника выравнивания характеристик канала (канальные эквалайзеры во временной и частотной области);

- тип принятия решения в демодуляторах и при декодировании помехоустойчивых кодов;

- оптимальное (максимальное) количество итераций декодирования;

- используемые виды перемежения и его глубина;

- допустимые искажения, вносимые нелинейностью выходных каскадов передатчика;

- допустимые искажения вследствие неточности работы системы синхронизации.

Примером близкого к оптимальному выбору параметров помехоустойчивого кода могут служить рекомендованные для использования по умолчанию параметры профилей передачи, описанные IEEE 802.16-2009 в режиме OFDM [1] (таблица 1). Результаты оценки необходимого отношения сигнал/шум для различных уровней гарантированного максимального коэффициента ошибок, полученные и использованием имитационной модели [2] показаны в таблице 2.

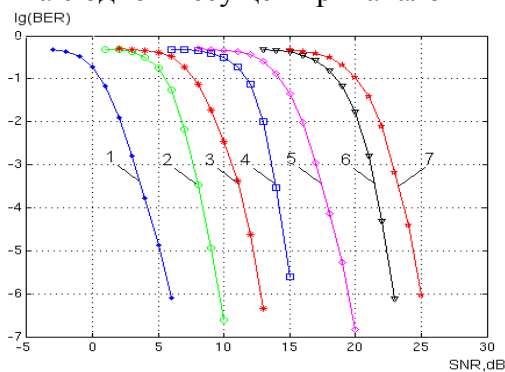
Таблица 1 – Параметры профилей передачи

Номер профиля	Модуляция	Размер некодированного блока	Размер кодированного блока	Скорость кодирования	РС код	Скорость СК
1	ФМ2	12	24	1/2	(12,12,0)	1/2
2	ФМ4	24	48	1/2	(32,24,4)	2/3
3	ФМ4	36	48	3/4	(40,36,2)	5/6
4	КАМ-16	48	96	1/2	(64,48,8)	2/3
5	КАМ-16	72	96	3/4	(80,72,4)	5/6
6	КАМ-64	96	144	2/3	(108,96,6)	3/4
7	КАМ-64	108	144	3/4	(120,108,6)	5/6

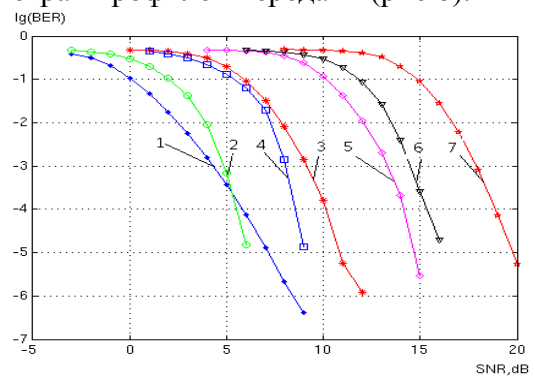
Таблица 2 – Оценки эффективного SNR

BER	SNR для номера профиля передачи						
	1	2	3	4	5	6	7
10^{-3}	3.18	7.76	10.64	13.82	17.02	21.12	22.89
10^{-4}	4.18	8.44	11.60	14.31	17.94	21.91	23.78
10^{-5}	5.08	9.02	12.25	14.93	18.84	22.55	24.48
10^{-6}	5.96	9.83	12.94	15.50	19.81	22.98	25.19
10^{-7}	6.86	10.53	13.74	15.96	20.81	23.85	25.88

При использовании OFDM-модуляции в системах с АМК выбор комбинаций скорости модуляции и параметров помехоустойчивых кодов для каналов с аддитивным гауссовским шумом должен производиться с учетом особенностей OFDM модуляции, поскольку характеристики помехоустойчивости в таких системах отличаются от характеристик помехоустойчивости для систем с модуляцией с одной несущей при аналогичных параметрах помехоустойчивых кодов. Это обусловлено тем, что при OFDM проявляются межсимвольные искажения, вызванные интерференцией между поднесущими, отрицательный эффект от которых растет при увеличении позиционности модуляции. На рисунке 1 показаны полученные в результате имитационного моделирования [2] характеристики помехоустойчивости для АБГШ канала для различных профилей передачи в соответствии с IEEE 802.16-2009 в режиме OFDM (рис а) и для режима с одной несущей при аналогичных параметрах профилей передачи (рис б).



а)



б)

Рис. 1 Зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум для различных профилей передачи в соответствии с IEEE 802.16-2009 для АБГШ-канала в режиме OFDM (а) и в режиме с одной несущей (б).

Выводы. Адаптивная модуляция и кодирование является эффективной технологией для повышения спектральной эффективности систем широкополосного доступа, а использование АМК совместно с OFDM модуляцией является средством повышения эффективности для нестационарных каналов связи. При этом выбор параметров модуляции и помехоустойчивого кодирования для использования АМК в системах с OFDM является трудоемкой задачей и должен проводиться на основе результатов имитационного моделирования. Это обусловлено тем, что аналитическое описание характеристик помехоустойчивости для систем с OFDM, особенно в случае использования каскадных кодов, имеющих в своем составе перфорированный код, является очень сложной и зачастую неразрешимой задачей.

Литература

1. IEEE Std 802.16e™-2009, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 16: Air Interface Broadband Wireless Access Systems. 29 May 2009.
2. Кайдено М.М. «Імітаційне моделювання фізичного рівня системи широкопasmового доступу на основі IEEE 802.16-2009» // Науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій»: Матеріали конференції. К.: НТУУ «КПІ», 15-19 квітня 2013р. С. 85-87.

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ФЕМТОСОТ В LTE

Кравчук С.А., Познякова А.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: sakravchuk@ukr.net

Handover problem for integrating LTE with femtocell network

In this survey, we identify key handover problems of integration LTE with femtocell network and try to find the way to solve it using other algorithm.

Стандарт LTE (Long-Term Evolution) считается логическим развитием технологий 4G, его внедрение является перспективным направлением развития сетей. Основными целями создания стандарта LTE можно назвать наращивание возможностей высокоскоростных систем мобильной связи, уменьшение стоимости передачи данных, возможность предоставления широкого спектра недорогих услуг. В настоящей работе проанализировано превалирующую стратегию передачи обслуживания, когда фемтосоты используются в сети LTE. Передача обслуживания (ПОб) в фемтосотовой системе по сравнению с традиционной сотовой системой является более сложной. Это связано с тем, что транспортная опорная сеть является разной и всегда существует возможность осуществления прямой связи между макросотой и фемтосотой. Также предложена новая стратегия ПОб между макросотами и фемтосотами для сетей LTE с модой гибридного доступа [1].

Для начала обратимся к архитектуре сети LTE, содержащей фемтосоту. Мобильный терминал подключается по оптическому интерфейсу к HeNB – это устройство, содержащее потребительскую точку FAP(Femtocellaccesspoint), работающую, как маленькая базовая станция, предоставляющая расширенное беспроводное LTE покрытие даже в маленьком доме пользователя, либо в офисе. Широкополосный шлюз доступа соединяется интерфейсом HeNB с оператором мобильной сети через широкополосную сеть. HeNB соединяется с опорной сетью- Evolved Packet Core (EPC) мобильного оператора. Интерфейс LTES1-MME помогает шлюзу HeNB переносить данные [2,7].

Рассматривается случай, когда фемтосоты случайно распределены в макросоте и осуществляется ПОб не только в направлении фемтосота-макросота, но и в обратном.

Мощность макро- и фемтосот в отдельный момент времени находятся из уравнений [3]

$$R_M = T_{M,tx} - PL_M[i] - l_M[i]$$

$$R_M = T_{F,tx} - PL_F[i] - l_F[i]$$

где T - трансмиссионная сила; P -потери; L - логарифмически-нормальное распределение с нулевым матожиданием и дисперсией.

Для наглядности преимуществ и недостатков существующего и предложенного алгоритма проведем их сравнительный анализ.[4,1]

Табл.1

RSS-a-НО	Предложенный алгоритм	Следуя рис2
Если $R_F > R_{F,th}$	– Если $R_F > R_{F,th}$	Область А
Если $R_F + \alpha R_M > R_M + \Delta$	– Если	Область В
тогда ПОб к F-BS	$R_F > R_M + \Delta$ тогда ПОб к	Область С
В противном случае	F-Bs	
продолжает обслуживаться М-BS	– Либо если	Область D
Либо $R_F < R_{F,th}$	$W_{IM} > W_{IF}$ тогда ПОб к F-	
Если $R_R > R_M + \Delta$ тогда ПОб к	BS	
F-BS	– Либо	
В противном случае	продолжает обслуживаться	
продолжает обслуживаться М-BS	М-BS	
	– В противном	
	случае продолжает	
	обслуживаться М-BS	

Рассмотрен сценарий, в котором макросоты случайным образом разворачиваются рядом с фемтосотой, имеющей в обслуживании только один мобильный терминал, который перемещается со скоростью пешехода от макросоты к фемтосоте. В предложенном алгоритме (столб. 2, табл. 1) можно избегать асимметрии мощностей передачи, и, следовательно, можно мгновенно представить иерархическую сеть. Если (выражение 2 табл. 2) соблюдается условие, что F-BS (фемтосотовая базовая станция) отдалена от М-BS (макросотовой базовой станции), тогда мобильный терминал будет подхвачен фемтосотой. Соотношения (выражения 3 и 4) в таблице обозначают, что F-BS близко расположена к М-BS, следовательно мощность станет неприемлемой в силу большой несимметричности. Чтобы избежать этой асимметрии, учитываются потери беспроводной передачи. Мобильный терминал выберет соту, которая имеет наименьшее значение потерь при передаче путем измерения и сравнения потерь в разных сотах сети. Отношение (5 табл.1) имеет место в ситуации, когда мобильный терминал находится за пределами зоны покрытия F-BS.

Из вышеупомянутого анализа vyplывает, что мобильный терминал может быть расположен и может быть представлен двухпространственным силы принятого сигнала и трансмиссионными потерями (W) (рис 1 и 2). На основе месторасположения мобильного терминала может быть представлено следующее двухпространственное представление вектора силы принятого

сигнала и трансмиссионных потерь. На рис. 1 показана ситуация, где $R_M + \Delta > R_{F,th}$ и рис. 2 показывает обратный случай $R_M + \Delta < R_{F,th}$. [5].

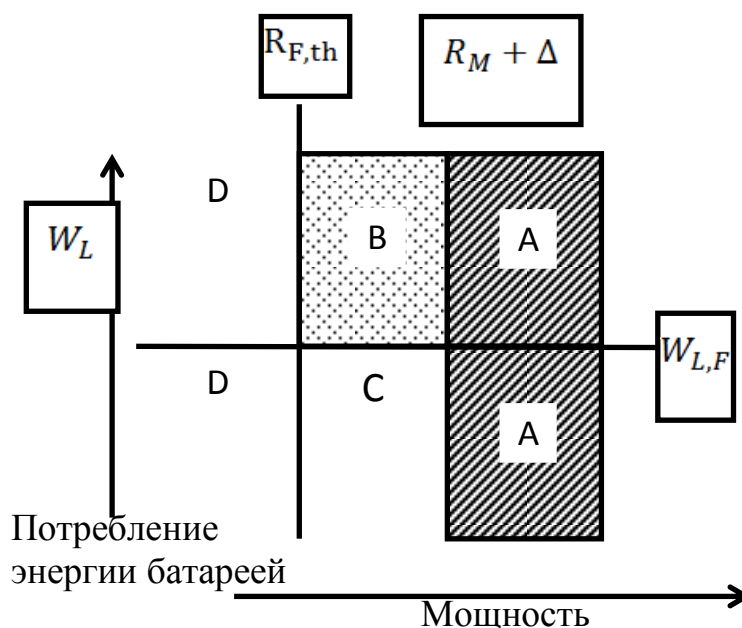


Рис.1. Двухпространственное векторное представление в зависимости от расположения МТ

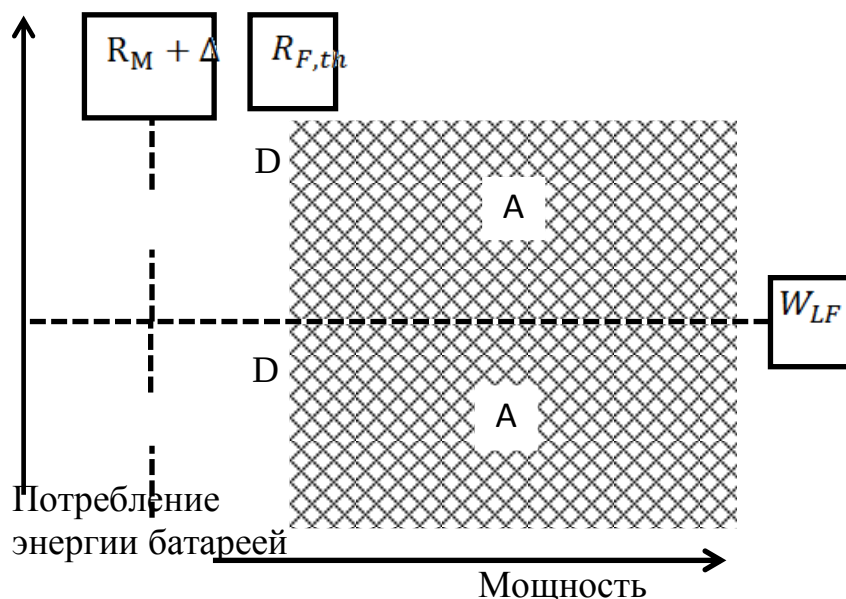


Рис. 2. Двухпространственное векторное представление в зависимости от расположения МТ

Количество процедур ПОБ для алгоритмов RSS-a-НО и предложенном алгоритме могут быть оценены приблизительно. В алгоритме параметр альфа является ключевым ($\alpha \in [0;1]$) комбинированный фактор, отражающий большую асимметрию мощностей передачи в сотах). В сравнении с предложенным алгоритмом, алгоритм RSS-a-НО делает больше процедур

ПОб, что ведет к потере времени и тяжелым подсчетам нагрузки для мобильного терминала. Более того, в алгоритме RSS-a-НО разворачиваются огромные количества фемтосот, что ведет за собой огромное количество требуемых процедур ПОб, что уменьшает время работы батареи мобильного терминала [6].

В результате моделирования получено, что количество процедур ПОб различается только в случае, когда фемто и макросоты находятся на расстоянии свыше 350 м - формирующий подсчет занимает 8 ПОб и финальный заканчивается уже через 4 ПОб. Это в основном из-за колеблющейся силы принятого сигнала. Т.е. предложенный алгоритм уменьшает количество процедур ПОб на 50%. Это полностью освобождает мобильный терминал от проблемы асимметрии передающей мощности путем измерения и принятия решений, базируясь на анализе расстояний между M-BS и F-BS.

Другим достоинством есть то, что предложенный алгоритм может быть применен даже в случае неупорядоченности сот. Но по производительности алгоритмы не уступают друг другу. Недостаток RSS-a-НО в большем времени подсчетов, что уменьшает время работы батареи MS, чего нет в предложенном алгоритме.

Литература

1. Handover problem for integrating LTE with femtocell network / A. Bagubali, V. Prithiviraj, P. S. Mallick, K.V. Krishnan // Journal of Theoretical and Applied Information Technology December 2012. - Vol. 46, No. 2.
2. 3GPP TS 22.220 V9.4.0, Service requirements for Home Node B and Home eNodeB, 2010.
3. Becvar Z., Mach P. Adaptive Hysteresis Margin for Handover in Femtocell Networks // (ICWMC) International Conference on Wireless and Mobile Communications, 2010.
4. A Novel Handover Mechanism between Femtocell and Macrocell for LTE based Networks / H. Zhang, X. Wen, B. Wang, W. Zheng, Y. Sun // (ICCSN) International Conference on Communication Software and Networks, 2010.
5. Xu P., Fang X., Xiang Z. An efficient handoff algorithm based on received signal strength and wireless transmission loss in hierarchical cell networks // Telecommunication systems Springer Science +Business Media, LLC 2011 .
6. Moon J.-M. Efficient handoff algorithm for inbound mobility in hierarchical macro/femto cell networks // IEEE Communications Letters. - 2009. – Vol. 13(10). – P. 755-757.
7. Khan M. F., Khan M. I., Raahemifa K. A study of femtocell architectures for Long term evolution(LTE)-advanced network // (CCECE) 24th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering 817-821, 2011.

ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕДАЧІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖІ LTE ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНОЇ КООРДИНАЦІЇ

Рак Р.І., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: foxter222@ukr.net

LTE handover Enhancement through interference coordination

Promising technologies to solve the problem of increasing the data rate at cell boundaries can be a so-called interference coordination between cells (ICIC), the definition and consideration of which is the purpose of this report.

Перспективним стандартом для систем стільникового мобільного зв'язку наступного покоління є Long Term Evolution (LTE), який створений задля отримання високої низхідної швидкості передачі на рівні сотен Мбіт/с. Однак, оскільки суміжні комірки використовують одну частоту, інтерференція між суміжними стільниками може погіршити досягнуту швидкість передачі на границях стільників [1]. Тому перспективною технологією для вирішення цієї проблеми та підвищення швидкості передачі даних на границях стільників може стати так звана інтерференційна координація між стільниками ICIC (Inter Cell Interference Coordination), визначення та розгляд якої і є метою даної доповіді.

На даний час відомо цілий ряд досліджень різних алгоритмів «жорсткої» передачі обслуговування НО (handover) для оптимізації продуктивності НО. В [2, 3] адаптивні алгоритми НО представлені для підвищення продуктивності НО. Конкретні проблеми, пов'язані з процесом НО в LTE розглядаються в [4, 5, 6]. Емпірична модель для прогнозу НО описується в роботі [4]. Дослідження в [5] рекомендують нам діапазон НОМ (handover hysteresis margin – коефіцієнт гістерезису), що дозволяє звести до мінімуму повторні передачі обслуговування між сусідніми стільниками в дБ, розглядаючи середнє число НО для різних користувацьких швидкостей. Контекст [6] надає нам лінійні і доменні способи підвищення продуктивності L3-рівня в умовах глобальної кількості передач обслуговування. Більшість з даних робіт присвячені розгляду окремого або спільного впливу вимірювального інтервалу, вимірювального усереднення, гістерезису і порогових рівнів НО, що поліпшило продуктивність НО, динамічно адаптуючи алгоритм НО або параметри НО. Прийняті методи визначають найкращий компроміс між кількістю НО і відмовами лінії радіозв'язку через помилковий прийом повідомлень НО.

У стандарті LTE інтерфейс між суміжними базовими станціями (БС) визначений для обміну інформацією із залученням ICIC. Проте ніякі методи або алгоритми управління не були конкретно визначені для використання

цього інтерфейсу, цим самим надаючи постачальникам БС право розробляти їх самостійно. Та все ж при відсутності будь-якого зменшення інтерференції або координаційного механізму, інтерференція між стільниками в LTE стає критичною, особливо на границях стільників. Тому були запропоновані декілька конкретних схем, які б допомогли у вирішенні проблеми ICI (Inter Cell Interference). Ці схеми можна класифікувати на основі типу їх координаційних механізмів інтерференції: статичні та динамічні. В даній доповіді представлені результати дослідження і аналіз лише статичної схеми ICIC, яка також відома як схема із повторним використанням частоти.

Та незалежно від схем, велика частина робіт по моделюванню і дослідженню ICIC досягала вираш в продуктивності на основі підвищення пропускної здатності на границях стільників. Проте, крім задачі забезпечення достатньої пропускної здатності, виникає й інша проблема, яка також може бути вирішена за допомогою ICIC - це проблема передачі обслуговування. Так НО має великий вплив на повнопродуктивні системи. В LTE продуктивність НО дуже сприйнятлива до інтерференції між стільниками (ICI). У першу чергу, це гостро відчувається на границях стільників, і по-друге, успішна процедура НО вважається завершеною тільки тоді, коли обладнання користувача UE (User Equipment) отримує командне повідомлення НО від свого вихідного стільника. Коли UE вже знаходиться в новому стільнику, і прийом команди НО від попереднього вихідного стільника дуже сильно піддається впливу ICI. Та ситуація стає більш критичною тоді, коли новий цільовий стільник є одночасно ще і джерелом інтерференції. Тому оцінка підвищення продуктивності НО в LTE буде мати перевагу, якщо використовувати ICIC.

Одне з рішень щодо пом'якшення ICI забезпечується використанням стандартної схеми повторного використання частот. Але цей метод не є досить доцільним в системах LTE через зменшення спектральної ефективності і втрати обмежених частотних ресурсів.

Основна концепція, що використовується в даному дослідженні (доповіді) для ICIC полягає у тому, що вся смуга частот розділена на R підмножин. Кожен стільник в мережі передає, щонайменше, одну підмножину зі зниженою потужністю. Така підмножина налаштована у відповідності з моделлю повторного використання в мережі. Конфігурація може бути здійснена або шляхом мережевого планування, або шляхом використання нових методів само-конфігурації. Дані про підмножини зі зменшеною потужністю від конкретного стільника та інших суміжних стільників забезпечує основу для інтерференційної координації. Оптимальне підсилення за допомогою даної схеми досягається лише тоді, коли алгоритм планування підходить для обладнання користувача на границях стільників з частотою підмножини, яка використовується зі зниженою потужністю в сусідньому стільнику.

В свою чергу UE здійснює моніторинг відфільтрованих значень RSRP (Reference Signal Received Power – середнє значення потужності прийнятих пілотних сигналів) всіх виявлених стільників. Коли ж для заданого часу

передачі обслуговування до тригера TTT (time-to-trigger) має місце умова (1), UE посилає звіт про здійснені виміри до базової станції обслуговуючої соти.

$$r_{ni} \geq r_{ns} + h \quad (1)$$

де r_{ni} – n -зразок фільтрованого RSRP будь-якого виявленого сектора i , крім обслуговуючого сектора; r_{ns} – n -зразок фільтрованого RSRP обслуговуючого сектора; h – заданий НОМ.

Після отримання звіту, поточна обслуговуюча БС готується до НО для нового цільового стільника за допомогою використання внутрішньої процедури мережі. Передбачається, що цільовий стільник завжди має доступні ресурси для вхідного UE. Час підготовки моделюється тут як стала протоколу затримки. Після того, як підготовка завершена, обслуговуюча БС посилає повідомлення у вигляді команди НО на UE в низхідній лінії зв'язку.

Неточні вимірювання і невідповідні рішення НО можуть призвести до великої кількості непотрібних передач обслуговування. Для того, щоб визначити ці непотрібні НО, потрібно відрізнити їх від необхідних передач обслуговування. Однією з головних причин виникнення непотрібних передач обслуговування є наявність завмирань у реальному середовищі. З цієї причини були використані рівні НО без логарифмічно-нормального затінення і без швидких завмирань в якості орієнтира для мінімальної кількості необхідних НО. Також в результаті були нормалізовані абсолютні швидкості НО з еталоном і використанням нормованого рівня НО в якості другого показника продуктивності для оцінки кількості передач обслуговування.

В результаті досліджень для подальшого вдосконалення продуктивності НО встановлено, що ICIC може використовуватися поверх алгоритмів НО з L3-фільтром, НОМ і TTT. Це також покращує радіоумови на кордонах стільників через інтерференційну координацію. Поліпшення швидкості передачі на кордонах стільників стає нагальною проблемою, а її вирішення буде сприяти майбутньому розширенню систем мобільного зв'язку шляхом застосування різних алгоритмів ICIC до обладнання базових станцій LTE.

Література

- I. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures, 3GPP TS36.213
- II. An Adaptive Hard Handoff Algorithm for Mobile Cellular Communication Systems Huamin Zhu, and Kyung Sup Kwak, ETRI Journal, vol.28, no.5, Oct. 2006, pp.676-679.
- III. Prakash, R.; Veeravalli, V.V “Adaptive Hard Handoff Algorithms”, IEEE Trans. On Vehicular Technology Confence, 1991.
- IV. Prakash, R.; Veeravalli, V.V “Adaptive Hard Handoff Algorithms”, IEEE Trans. On Vehicular Technology Confence, 1991.
- V. 5. Tae-Hyong Kim Qiping Yang Jae-Hyoung Lee Soon-Gi Park Yeon-Seung Shin “A Mobility Management Technique with Simple Handover Prediction for 3G LTE Systems”, IEEE Trans. On Vehicular Technology Confence, 2007.
- VI. M.Anas, F.D. Calabrese, P.E. Mogensen, C.Rosa and K.I..Pedersen, “Performance Evaluation of Received Signal Strength Based Hard Handover for UTRAN LTE”, IEEE 65th Vehicular Technology Conference, April 2007.

КООРДИНАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВУЗЛІВ РАДІОМЕРЕЖ КЛАСУ MANET

Романюк В.А., Сова О.Я., Стемпковська Я.А., Симоненко О.А.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ДУТ

*E-mail: rom-v-a@yandex.ru, soy135@ukr.net,
stempkowskaya.jana@yandex.ua, lokalyt@gmail.com*

Interaction coordination in MANET intellectual nodal control systems

The problems of interaction coordination in MANET intellectual control systems are considered. The method of coordination and features of their application are analyzed. An overview of coordination methods and procedures is provided.

Особливості функціонування радіомереж класу MANET (*Mobile Ad-Hoc Networks*), а також складність технологій їх побудови, потребують застосування нових підходів до вирішення задач управління вузловими (ємність батарей, об'єми пам'яті, потужність процесора та ін.) та мережевими ресурсами (ширина смуги пропускання радіоканалу, множина активних маршрутів між вузлами та ін.). Одним з таких підходів є введення системи управління до складу кожного мобільного вузла, а також інтелектуалізація процесів управління мережами MANET [1].

Головною архітектурною особливістю інтелектуальних систем управління (ІСУ) вузлами радіомереж MANET є наявність бази знань, що дозволить ІСУ приймати рішення з управління вузлом в умовах невизначеності (неповноти інформації про ситуацію, яка склалася в радіомережі) при випадковому характері зовнішніх впливів. В [1] запропонована структура ІСУ вузлом, яка складається з двох рівнів – вузлового та мережевого (рис. 1).

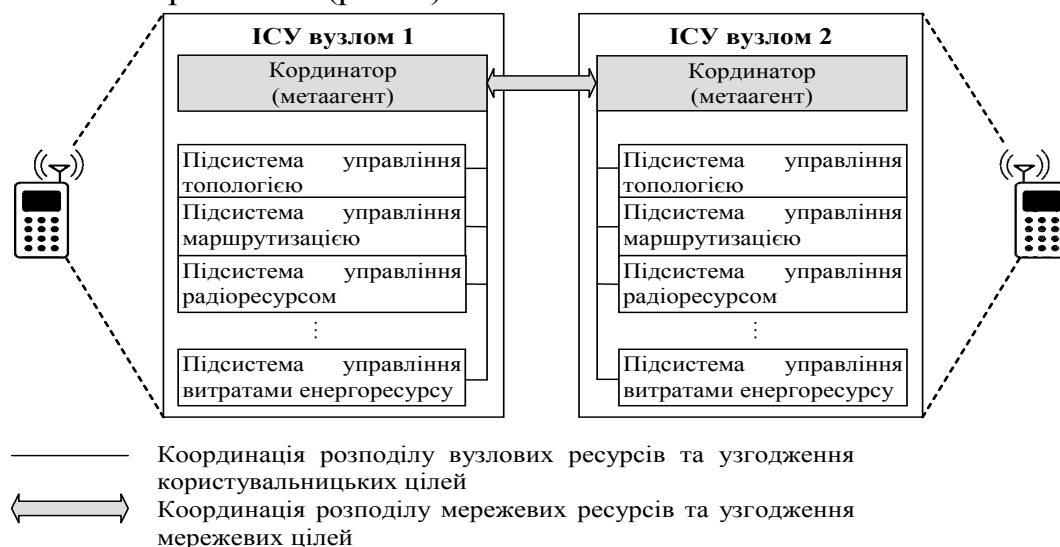


Рис. 1. Координація мережних та вузлових ресурсів

Вузловий рівень ІСУ складається з множини підсистем, які запропоновано реалізувати за допомогою технології інтелектуальних агентів (ІА), для виконання різних функцій управління, відповідно до рівнів еталонної моделі OSI (управління радіоресурсом, маршрутизація, управління потоками даних та ін.).

Відмінності в параметрах та функціональному призначенні підсистем вузлових ІСУ, а також нерівномірність використання ними вузлових та мережеских ресурсів призводять до появи нової задачі, яка полягає в координації цільових функцій зазначених підсистем.

Координація в ІСУ вузлами радіомереж MANET – це процес узгодження користувальницьких та мережеских цілей усіх підсистем вузлової системи управління під час розподілу вузлових та мережеских ресурсів для забезпечення інформаційного обміну із заданою якістю в радіомережі або її зоні. На вузловому рівні здійснення функцій координації покладається на метаагента (координатора), який безпосередньо визначає оптимальний набір управляючих впливів і послідовність їх виконання всіма підсистемами вузлової ІСУ.

Головним завданням координації є досягнення злагодженості в роботі всіх підсистем ІСУ шляхом встановлення раціональних зв'язків (взаємодій) між ними, використовуючи при цьому єдині для всіх вузлових ІСУ принципи та методи координації.

Основними *принципами координації* в ІСУ вузлом радіомережі MANET є: принцип взаємозв'язку і одночасності; принцип ієрархічної підпорядкованості; принцип узгодженості; принцип збалансованості та рівноваги; принцип резервування; принцип загальної цілі.

Методи координації – це способи досягнення її цілей в процесі розподілу вузлових та мережеских ресурсів. Безумовно, вибір методу координації залежить від параметрів вузлів та умов функціонування радіомережі MANET, від обраної стратегії управління та структури системи управління. На рис. 2 наведена класифікація методів координації, які можливо використовувати у вузловій ІСУ. У загальному, за способом оптимізації, всі методи координації можна поділити на ітеративні та безітеративні.

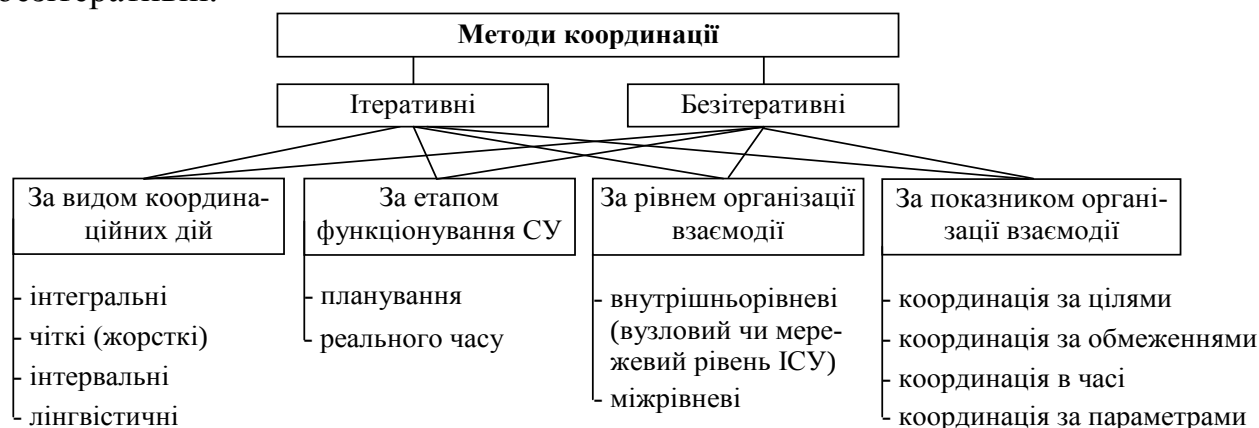


Рис. 2. Класифікація методів координації, які можливо використовувати у вузловій ІСУ

У наявних сьогодні ітеративних методах (алгоритм Данцига-Вульфа; алгоритм Корнаї-Ліптака; методи, що ґрунтуються на введенні функції Лагранжа або її різних модифікацій; алгоритми оптимізації; узагальнена схема ітеративних алгоритмів Алієва та Ліберзона) оптимальне рішення визначається в процесі ітеративного обміну інформацією між центром і елементами. На кожному кроці ітеративного процесу розв'язуються локально-оптимальні задачі елементів і координуюча задача центру. Недоліком ітеративних методів координації, при застосуванні в MANET, є значні затрати мережевих та вузлових ресурсів для збору інформації про стан підсистем ІСУ.

Безітеративні методи передбачають здійснення координації шляхом одноразового обміну інформацією між підсистемами вузлової ІСУ та координатором. Переважно безітеративні алгоритми ґрунтуються на нечіткій логіці та композиційному правилі Заде [2]. Перевагами безітеративних методів у разі застосування в ІСУ вузлами радіомереж MANET є мінімальні затрати мережевих і вузлових ресурсів та можливість прийняття рішень в умовах невизначеності. Недоліком всіх безітеративних методів є необхідність зберігання детальних моделей підсистем та їхніх цільових функцій, що призведе до значного ускладнення структури координатора та процесу координації.

В MANET великої розмірності (сотні чи тисячі радіовузлів) або з високою динамікою зміни топології радіомережі пропонується координувати роботу ІСУ вузлів, які приймають участь в інформаційному обміні. В такому випадку множина метаагентів кожного вузла радіомережі утворить мережевий рівень ІСУ, координацію на якому проводитиме один з інтелектуальних вузлів, виділений з-поміж інших за певною ознакою: апаратні характеристики, місце розташування в топології радіомережі, кількість сусідів, тощо.

Таким чином, вибір методу координації залежить від рівня системи управління, на якому здійснюється координаційна діяльність. У дворівневій ІСУ вузлом радіомережі MANET на мережевому рівні доцільно використовувати безітеративні методи координації, що дозволить мінімізувати затрати мережевих та вузлових ресурсів, кількість яких обмежена. Використання ітеративних методів координації на вузловому рівні дозволить спростити структуру вузлових систем управління, підвищити швидкодію та точність прийнятих ними рішень.

Література

1. Романюк В.А. Концепция иерархического построения интеллектуальных систем управления тактическими радиосетями класса MANET: сборник тезисов докладов и выступлений участников XXII Международной Крымской конференции ["СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии"], (КрыМиКо). / Романюк В.А., Сова О.Я., Жук П.В., Романюк А.В. – Севастополь, 2012. – С. 265;
2. Алиев Р.А. Безитеративные алгоритмы координации в двухуровневых системах / Р.А. Алиев, М.И. Либерзон // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, 1986. – № 3. – С.163–166.

АДАПТИВНЫЕ МИМО-СИСТЕМЫ С КОЭФФИЦИЕНТОМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ БЛИЗКИМ К МАКСИМАЛЬНОМУ

Челядинов Р.С., Кравчук С.А.

Институт телекоммуникационных систем ИТУУ «КПИ»

E-mail: st1matrix@mail.ru

MIMO adaptive systems with multiplexing rate close to the maximum

Development of MIMO-system with adaptive coding that uses a CSI, for which the following two conditions: maximum possible multiplexing ratio and bit error rate stability.

Многоантенные системы, использующие технологию MIMO (multiple-input и multiple-output), имеют гораздо более высокую пропускную способность канала, чем традиционные радиосистемы с одним входом и одним выходом (SISO). Выигрыш по пропускной способности MIMO-систем характеризуется так называемым коэффициентом мультиплексирования [1]. Также для достижения максимальной пропускной способности канала эффективным методом является адаптивная модуляция и кодирование (AMC), использующая информацию о состоянии канала CSI на стороне передатчика [2]. MIMO-система может иметь больший коэффициент усиления по сравнению с системой с одним входом и одним выходом. Более точно, при высоком отношении сигнал-шум (SNR), спектральная эффективность системы MIMO увеличивается на m бит/с/Гц на каждые 3 дБ увеличение SNR, где m является минимальным количеством передающих и приемных антенн. Тогда как показатель системы SISO только 1 бит/с/Гц.

Целью данной работы является разработка MIMO-системы с адаптивным кодированием, которая использует устаревшую CSI такую, для которой выполняются два условия: максимально-возможный коэффициент мультиплексирования и устойчивость коэффициента битовых ошибок.

Нацеливаясь на достижение устойчивого коэффициента битовых ошибок BER, мы выбираем бит-чередованную кодированную модуляцию BICM в незашифрованном виде AMC MIMO-системы и, следовательно, предлагаем адаптивную BICM MIMO-систему. Такая адаптивная система должна улучшить BER при наличии задержек в обратной связи на порядок, по сравнению с такой же, но в незашифрованном виде. Результаты анализа коэффициента мультиплексирования показали, что не удастся достичь

максимально возможного коэффициента мультиплексирования. Далее изменяем адаптивную BICM MIMO-систему с использованием многоуровневой техники чередования и предлагаем адаптивные rate-совместимые проколоты кодирования (RCPC)-BICM MIMO. Такая система показала, что она может достигать около максимального коэффициента мультиплексирования и имеет устойчивость к задержкам информации о состоянии канала в цепи обратной связи. В сравнении с эффективностью использования спектра и сложности среди различных AMC MIMO-систем предложенная адаптивная RCPC-BICM MIMO-система является хорошим компромиссом между спектральной эффективностью, BER и производительностью системы. Также был отработан расширенный RCPC rate-совместимый протокол до протокола с турбо-кодированием (RCPTC) и проведено сравнение с адаптивной RCPC/RCPTC-BICM MIMO-системой с неадаптивными STBICM MIMO-системами.

Таким образом, в результате проведенной работы было получено следующее.

Для улучшения BER системы предложена адаптивная BICM MIMO-система. В такой системе из-за принятого типа кодирования не был достигнут околоразумный коэффициент мультиплексирования.

Разработана RCPC/RCPTC-BICM MIMO-система, которая была получена путем слияния в одну адаптивную систему двух типов кодирования RCPC/RCPTC и BICM. Такая система сохранила свойства BICM, как системы с высокой скоростью исправления ошибок, а так же достигла максимально возможного коэффициента мультиплексирования.

Показано преимущество использования обратной связи с CSI в адаптивной и неадаптивной системе. Адаптивная RCTC MIMO-система продемонстрировала максимальное приближение радиоканала к его пропускной способности.

Література

1. Кравчук С.О., Міночкін Д.А. Особливості застосування багатоантенної технології MIMO в системах мобільного зв'язку специфікацій Long Term Evolution // Вісник ДУІКТ. – 2011. – Том 9. – № 1. – С. 5–15.
2. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. – К.: Наукова думка, 2009. – 312 с.

УДК 621.396.94

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ RADIO-OVER-FIBER
В СИСТЕМАХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ 5 ПОКОЛЕНИЯ**

Волков С.Э., Сундучков К.С., Голик А.Л.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: se-volkov@yandex.ru, k.sunduchkov@gmail.com

Radio-over-fiber technology usage in 5G mobile communication system

The features of 5G mobile communication system and Radio-over-fiber technology with remote heterodyne detection are considered.

Широкое распространение смартфонов и переносных компьютеров вызвало быстрый рост объемов данных, передаваемых по беспроводным сетям. Растёт спрос на мультимедийные услуги и передачу видео для мобильных устройств с высоким качеством и низкой задержкой в сети (что важно для IP приложений). Эти услуги предоставляются с использованием частотного диапазона между 700 МГц и 2,6 ГГц [1]. Частоты в пределах этого диапазона распределены неравномерно и каждому оператору мобильной связи выделяется фрагмент до 20 МГц, который бывает разделен на несколько фрагментов. Это значит, что базовые станции должны поддерживать работу в различных частотных диапазонах в зависимости от места установки, где могут одновременно размещаться станции, работающие по технологиям 2G, 3G, 4G.

Будущие широкополосные беспроводные сети должны удовлетворять постоянно растущим требованиям потребителей по передаче данных с заданным качеством. Эффективная технология радиодоступа вместе с достаточным спектральным ресурсом являются необходимым условием для создания беспроводных сетей пятого поколения (5 G). Особенностью сетей 5G должно стать использование миллиметрового диапазона волн, антенн с управляемой диаграммой направленности, малым временем простоя, скоростями передачи данных более 1 Гбит/с, конвергенция с другими беспроводными технологиями, низкая стоимость инфраструктуры.

Диапазон миллиметровых волн может использоваться для быстро организуемых беспроводных соединений опорной сети 5G, а также на линии между мобильным абонентом и базовой. Преимущества мм-диапазона: большая полоса пропускания, компактные антенны, возможность применения поляризационного и пространственного разделения (технология ММО, адаптивное формирование диаграммы направленности); недостатки - малая дальность связи за счёт высокого ослабления сигнала в атмосфере и осадках.

Сокращение размеров соты (десятки и сотни метров) влечёт за собой необходимость устанавливать большее количество базовых станций для покрытия заданной территории либо устанавливать дополнительные самоорганизующиеся точки доступа в качестве повторителей. Для упрощения

конструкции базовых станций и снижения их стоимости одним из решений может стать технология радио-по-волокну (Radio-over-fiber, RoF) [2].

Основные особенности технологии RoF: прозрачность для технологии модуляции, простые и компактные базовые станции (БС), централизованное управление. Существует несколько вариантов реализации данной технологии, которые отличаются по сложности реализации, чувствительности к дисперсии в оптическом волокне, допустимому расстоянию между БС и центром управления (центром коммутации, ЦК), диапазоном передаваемых радиочастот [3].

Один из таких вариантов — технология с удаленным гетеродинированием (Remote Heterodyne Detection). Принцип работы заключается в когерентном смешивании на фотодиоде базовой станции сигналов двух оптических несущих, сгенерированных в ЦК, для выделения радиочастотного сигнала миллиметрового диапазона волн. Фотодиод работает не только как оптико-электрический преобразователь (О/Е), но и как смеситель.

Существует несколько методов для генерирования двух оптических несущих в ЦК. Один из них — использование оптического фазового модулятора для генерации нескольких оптических боковых полос и затем выделения необходимых компонент. Другой метод — использование двух различных источников (лазеров). Два лазерных диода имеют разность излучаемых частот, соответствующую необходимой радиочастоте.

С помощью удаленного гетеродинирования можно достичь очень высоких частот, ограниченных только полосой пропускания фотодетектора БС.

Преимущества данной технологии: стойкость к хроматической дисперсии, если только одна из оптических несущих модулирована полезным сигналом; нет необходимости использовать высокочастотные компоненты в центре коммутации; глубина модуляции может достигать 100%.

Недостаток - высокое влияние фазовых шумов лазера на чистоту и стабильность РЧ сигнала.

Заключение. Для создания будущих широкополосных беспроводных сетей в диапазоне миллиметровых волн необходимо определить фундаментальные требования к ним, так же как и к оптоволоконным сетям, определить математические модели радиоканала (что может потребовать проведения дорогостоящих экспериментов), ключевые технические решения радиоканала, технологию множественного доступа, архитектурные решения, включая методы взаимодействия с другими сетями и методы снижения интерференции.

Литература

1. T. S. Rappaport et al. Millimeter Wave Mobile Communications for 5G Cellular: It Will Work! // IEEE Access, Volume 1, 2013, p.335-349.
2. М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, С.Э. Волков, И.К. Сундучков, М.А. Кузява, А.К. Сундучков. Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система 4G с беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентам // “Зв’язок”, №7-8, 2008, стр. 28-32.
3. N.Kumar, A.Garg, S. Panwar. A Review Paper On Radio Over Fibre Technology // International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973 - 4562, Vol.7 No.11, 2012.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ

Семенко А.И., Домрачева Е.А.¹, Хомич С.В., Белова Ю.В.²

¹ - Национальный университет телекоммуникаций, г.Киев, Украина;

² - Одесская Национальная академия связи им. А.С.Попова, Украина

E-mail: setel@ukr.net

Determination of the telecommunication systems bandwidth in the case of noise presence

It was represented the practical aspects of determining capacity telecommunications systems with the presence of noise. It was evaluated the capacity losses taking into account steady and unsteady noise distribution character in the communication channels.

При проектировании телекоммуникационных систем (ТКС) основное задание составляет обеспечение пропускной способности систем, которая характеризует скорость передачи информации по каналу связи. Это количество информации I , которое можно передать за время T [1]

$$C = \frac{I}{T} [\text{бит/с}]. \quad (1)$$

В 1928 г. американский инженер Р. Хартли [1,2] предложил формулу для определения количества информации, которое содержит источник сообщений с количеством возможных амплитудных уровней сообщений двоичного сигнала M (состояний, кодовых слов, кодовых сигнальных конструкций и т. п) в случае равновероятных событий генерации каждого из них

$$I = \log M = \log (1/p) = -\log p [\text{бит}], \quad (2)$$

где p – вероятность генерации сообщения.

Тогда скорость передачи информации в канале связи будет

$$C = \frac{I}{T} \log M [\text{бит/с}]. \quad (3)$$

На рис.1 приведена схема системы передачи информации.

В связи с неопределенностью полученного приемником сообщения от источника из-за воздействия помех будет иметь место потеря части информации $I_{\text{пот}}$ [3], то есть реальное количество верной информации, принятой приемником, будет меньшим

$$I = \log M - I_{\text{пот}} [\text{бит}]. \quad (4)$$

Тогда и скорость передачи информации будет уменьшаться

$$C = \left(\frac{1}{T} \right) (\log M - I_{\text{пот}}) [\text{бит/с}]. \quad (5)$$

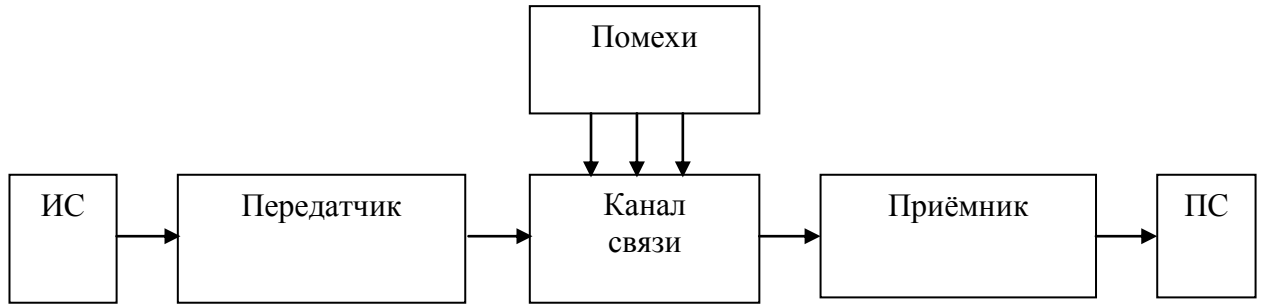


Рис. 1. Схема системы передачи информации:
ИС – источник сообщения, ПС – получатель сообщения

Реальная скорость передачи многопозиционного амплитудно-манипулированного и фазоманипулированного импульсного радиосигнала при длительности бита τ и практической ширине спектра сигнала $\Delta f_{\text{пр}} = 2/\tau$ в канале на основе кабельной медной пары, волоконнооптической линии и в радиоканале, полоса пропускания которых $\Delta f_{\text{к}} = \Delta f_{\text{пр}}$, при наличии помех в канале будет

$$C = \left(\frac{2}{\tau} \right) (\log M - I_{\text{пот}}) = \Delta f_{\text{к}} (\log M - I_{\text{ном}}) [\text{бум/с}]. \quad (6)$$

Из формулы (6) получим спектральную эффективность системы при воздействии помех

$$S = \frac{C}{\Delta f_{\text{к}}} = \log M - I_{\text{ном}} [\text{бум}/(\text{с} * \Gamma_{\text{ц}})]. \quad (7)$$

В общем случае $I_{\text{пот}}$ зависит от числа позиций сигнала и интенсивности воздействия помех [3]

$$I_{\text{пот}} = - \left[p_0 \log p_0 + (1 - p_0) \log \frac{p_0}{M - 1} \right], \quad (8)$$

где p_0 – вероятность возникновения ошибки.

В стационарных каналах связи характер потерь тесно связан с вероятностью ошибок p_0 , которая характеризуется нормальным законом распределения вероятности случайной величины и может быть определена как функция ошибок [3]

$$p_0 = 1 - 2\Phi \left(\frac{Z_p}{\sigma} \right), \quad (9)$$

где Φ – функция ошибок, Z_p – величина исправляющей способности, σ – среднеквадратическое значение мощности помехи.

Для канала с ЧМ σ может быть определена как [3]

$$\sigma = \frac{1}{4h}, \quad (10)$$

где h – отношение сигнал/помеха.

Функция ошибок для нормального закона распределения вероятности случайной величины алгебраически будет иметь вид [5]

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (11)$$

Формулы (9) и (11) следует трактовать как вероятность сдвига относительного действительного положения значимого момента модуляции ЗММ (точка изменения знаков и амплитуды импульсов) под действием помех на величину больше чем Z_ρ , в результате чего при регистрации методом стробирования в средней точке возникнет ошибка.

Однако, как показывает практика, большинство реальных каналов характеризуются нестационарным характером помех. Существует значительное количество математических моделей для описания таких каналов [6,7,8,9], что позволяет дифференцировать характеристики канала путем разложения на индивидуальные состояния. Основой для таких моделей стала цепь Маркова и исторически первая модель, которая базируется на ней, - модель Гильберта с двумя состояниями. Дальнейшее развитие научного направления математического моделирования параметров нестационарных каналов характеризуется значительным усовершенствованием моделей за счет усложнения математического аппарата, увеличения количества состояний в модели, расширения входных или исходных данных, которые подлежат анализу.

Однако, во многих случаях количество состояний нестационарного канала может быть приведено к двум, а пропускная способность может быть представлена с использованием двух состояний в следующем виде [3]

$$C_\Sigma = \frac{2}{\tau} [\log M - (\gamma_1 I_{\text{пот1}} + \gamma_2 I_{\text{пот2}})], \quad (12)$$

где γ_1, γ_2 – коэффициенты удельного веса каждого из двух состояний, $I_{\text{пот1}}, I_{\text{пот2}}$ – потери информации в каждом из состояний.

Выводы. При воздействии шумов уменьшается количество принимаемой информации. Для определения реальной пропускной способности системы необходимо определить потери количества информации, вызванные шумами.

Литература

1. Hartley, R.V.L., "Transmission of Information", Bell System Technical Journal, July 1928, pp. 535–563.
2. Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи.-М.:Связь,1978.-189 с.
3. Захарченко М.В. Системи передавання даних. – Т.1: Завадостійке кодування: підручник [для студ. вищ. техн. навч. закл.]. / М.В. Захарченко — Одеса «Фенікс», 2009. – 448 с.

ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ ВОЛЗ НА ЕТАПІ ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ ОПТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Манько О.О., Ніколов К.О.

Державний університет телекомунікацій, Україна

E-mail:manko_kiev@mail.ru

Questions the reliability of optical communication l ines on stage using new technologies

Recommendations to improve the reliability of fiber-optic communication lines due to events at the production and installation of fiber optical cable have been produced.

Вступ. Розвиток сучасних телекомунікаційних мереж незмінно йде по шляху збільшення їхньої інформаційної ємності. Постійно зростаюча потреба в збільшенні швидкості передачі даних призводить до появи й становлення нових волоконно-оптичних технологій, таких, наприклад, як технологія спектрального розділення каналів (СРК), що дозволяють передавати сигнали з більш високою швидкістю передавання на далекі відстані.

Стрімке зростання інформаційно-пропускної здатності оптичного волокна внаслідок застосування новітніх технологій призводить до посилення вимог до таких параметрів, як надійність волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ). Виникає необхідність розробити заходи з підвищення надійності оптичного волокна.

Основна частина. Як показують результати досліджень, надійність оптичного волокна (ОВ), що описується ймовірністю його відмови, залежить від залишкового механічного навантаження, яке діяло на нього, а також від постійно діючого в процесі експлуатації навантаження на оптичне волокно [1]. Згідно з [1], надійність та безвідмовність оптичного волокна, що знаходиться під натягом, визначається теорією росту мікротріщин, які мають місце у волокні. Враховуючи це, все волокно при виготовленні проходить випробування на натяг для виявлення тріщин та інших пошкоджень. Цей тест називається Proof test (випробування на міцність), і означає, що волокно підлягає певному натягу на протязі приблизно однієї секунди [2]. В роботі [1] було розглянуто передбачення відмов великих довжин оптичного волокна. Оптичне волокно, що міститься в оптичному кабелі (ОК), після прокладання постійно перебуває під певним натягом, і це є однією з важливих причин, які призводять до його відмов на протязі експлуатації.

Положення запропонованої в [1] теорії дозволяють визначити взаємозв'язок між прикладеним навантаженням в часі та ймовірністю відмови оптичного волокна. При цьому повинні бути враховані такі параметри, як характеристики росту тріщини n , та фактор критичного навантаження.

Згідно з дослідженнями, сумарна ймовірність відмов F оптичного волокна довжиною L , що знаходиться під натягом σ надається виразом:

$$F = 1 - \exp[-LN(\sigma)],$$

де $N(\sigma)$ – сукупна кількість тріщин на одиницю довжини.

Враховуючи, що початкова міцність S_i відповідає розподіленню Вейбула, має місце наступне рівняння:

$$N(S_i) = \left(\frac{S_i}{S_0} \right)^m,$$

де S_0 та m – константи, що відносяться до початкового розподілення міцності. Величина m представляє нахил щодо розподілення Вейбула.

Враховуючи ці вирази, а також з використанням інших положень вищеназваної теорії в роботі [3] були отримані співвідношення, які дозволяють оцінити строк функціонування оптичного волокна.

Передбачення ймовірності відмов спиралось на результати тестування на міцність оптичного волокна. Для оцінки початкового розподілення міцності в роботі було запропоновано тест щодо натягу великих довжин оптичного волокна. На додаток до цього, величину N_p – ймовірність відмови волокна під час тесту на міцність також легко оцінити підрахунком кількості розривів за час тестування.

За результатами досліджень було отримано співвідношення для розрахунку допустимих умов натягу:

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_p} = \left[\frac{n-2}{m} \frac{F_s}{LN_p} \frac{t_p}{t_s} \right]^{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

де σ_p – натяг, що прикладається до волокна під час тесту на міцність (%);

σ_s – статично діючий на волокно натяг за межами тесту на міцність;

t_p – тривалість тесту на міцність;

t_s – час дії статичного натягу;

F_s – ймовірність відмови волокна.

Величина n може бути оцінена за допомогою тесту динамічного старіння [3]. А от значення m – параметру початкового розподілу міцності визначити для волокон великої довжини набагато важче. З цією метою в [1] було запропоновано проведення повторного тесту на міцність для визначення величини m .

Якщо σ_{p1} , t_{p1} та σ_{p2} , t_{p2} відповідно натяги та час при проведенні першого та другого тесту, має місце співвідношення для визначення $(n-2)/m$:

$$\frac{n-2}{m} = \frac{\lg(1 + \sigma_{p2}^n t_{p2} / \sigma_{p1}^n t_{p1})}{\lg(1 + N_{p2} / N_{p1})}. \quad (2)$$

Таким чином, може бути розрахована надійність оптичного волокна лише за кількістю відмов, виміряних під час тестування на міцність.

Отримане в роботі співвідношення (1) дозволяє оцінити допустимий натяг оптичного волокна у складі кабелю з точки зору його довговічності. Так, на рис. 1 наведено результати розрахунку залежності терміну функціонування оптичного волокна від залишкового натягу для випадку,

коли: $\sigma_p = 1,1\%$; $t_p = 0,5$ с; $F_s = 0,0001$; $n = 23$; $m = 3$; $N_p = 0,0067/\text{км}$ (одна відмова на 150 км). З графіків випливає, що для забезпечення терміну функціонування оптичного волокна порядку 40 років залишковий натяг волокна після прокладання оптичного кабелю не повинен перевищувати 0,20-0,21%.

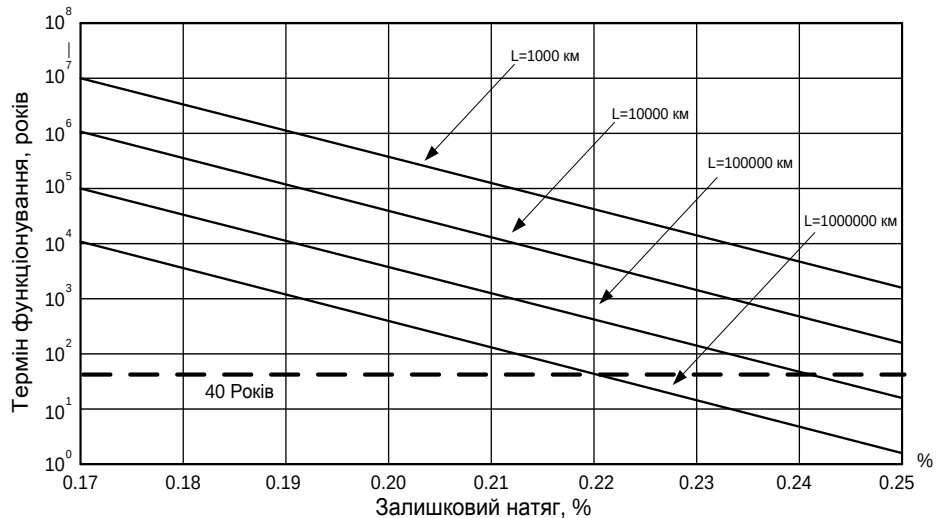


Рис. 1. Залежність терміну функціонування оптичного волокна від залишкового натягу

Таким чином, для підвищення надійності ВОЛЗ з СРК, перед виробництвом ОК, призначеного для цих волоконно-оптичних ліній, необхідно забезпечити проведення повторного тесту ОВ на міцність для визначення величини параметру m та оцінки терміну функціонування ОВ. Наступним етапом має бути відбирання оптичного волокна для виробництва ОК, призначеного для відповідних ВОЛЗ. Враховуючи вплив на строк служби ОВ такого фактору, як залишковий натяг після прокладання ОК, є доцільним мінімізувати його значення. З цією метою, серед методів прокладання ОК треба вибрати такий, що забезпечує мінімальні зусилля натягу під час прокладання кабелю.

Висновки. Впровадження на мережах зв'язку сучасних оптичних технологій, що забезпечують високий рівень інформаційно-пропускної здатності оптичних волокон, ставить завдання відповідного підвищення їх надійності. При цьому оцінку надійності волокон та попереднє відбирання їх за цим критерієм можливо проводити ще на етапі виробництва оптичного кабелю. Подальші заходи щодо збереження досягнутого рівня надійності полягають у виборі методів прокладання оптичного кабелю, які забезпечують відсутність надмірних навантажень на кабель та мінімізують залишкове навантаження на оптичні волокна у складі кабелю. Одним з таких методів може бути вдування ОК в пластикову трубку, яке в достатній мірі відповідає цим вимогам.

Література

1. Yutaka Mitsunaga, Yutaka Katsuyama, Hirokazu Kobayashi, Yukinori Ishida // Journal of Applied Physics. – 1982. – Vol.53, №7. – P.4847-4853.
2. ITU-T Recommendation G.650.1(06/2002).
3. Пестриков В.М. Длительная прочность оптических волокон в условиях старения материала // Физика и химия стекла, 2000. – т.26. – №2. – С. 244-257.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ВІДМОВСТІЙКОСТІ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

Волинченко М.Є.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: volynchenko@gmail.com

Methods to improve fault tolerance of the corporate network

In this paper we propose methods of increase fault tolerance depending of type of threats.

Актуальність теми обумовлюється тим, що в даний час, ефективність функціонування сучасних компаній і безперервність ведення бізнесу забезпечують корпоративні інформаційні системи. Однак вони є і потенційним джерелом загрози: збій в інформаційній системі здатен привести до порушення функціонування. Отже, необхідно домогтися вкрай низької ймовірності зупинки і вельми малого часу простою інформаційної системи.

Необхідно забезпечити стійкість функціонування будь-якої системи. Для опису стійкості роботи систем найчастіше використовують поняття "доступність", яке включає: надійність, готовність, зручність обслуговування.

Під надійністю зазвичай розуміється мінімізація ймовірності виникнення відмови або збою в роботі систем. Готовність - це можливість подальшого функціонування системи при виникненні несправності будь-яких компонентів. Під зручністю обслуговування розуміють можливість проведення ремонтних робіт із мінімізацією простою або взагалі без припинення доступу користувачів до інформаційного ресурсу.

Говорячи про доступність своїх інформаційних систем, вживають термін "відмовостійкість", маючи на увазі надійність і готовність.

Розглянемо основні методи забезпечення відмовостійкості корпоративної мережі:

1. Вибір архітектури та топології.

Рациональний вибір архітектури і топологія мережі призводить до підвищення її надійності. Необхідно організовувати кілька зв'язків від кожного вузла, тоді відмовостійкість такої системи буде набагато вище, хоча складність і вартість її створення і обслуговування істотно зростуть.

Як заходи підвищення відмовостійкості мережевої структури можна додати подвійний зв'язок між вузлами і зонування (розділення мережі на кілька сегментів, що працюють під різними ОС, з доступом до загальних пристроїв зберігання даних).

Основний спосіб підвищення відмовостійкості - надмірність. Найбільш ефективний метод надмірності - апаратна надмірність, досягається шляхом резервування. Про резервні рішення важливої апаратури необхідно думати відразу. Безперебійна робота сервера забезпечується шляхом дублювання його нутрощів. Розрізняють три ступені готовності резерву апаратних елементів:

холодний, гарячий і поділ навантаження. Такі підходи застосовуються до джерел живлення, вентиляторів, мережевих контролерів, дисків.

2. Діагностика корпоративної мережі

В рамках корпоративної мережі повинні бути передбачені засоби контролю працездатності окремих функціональних елементів, система збору інформації про відмови і збої та надання її системам забезпечення живучості; управління ефективністю функціонування; управління безпекою. Для корпоративної мережі повинні бути розроблені засоби діагностики, реалізовані як в процесі функціонування мережі, так і профілактично. До методів діагностичного контролю належать регулярна діагностика за допомогою програмних засобів і діагностика, що проводиться технічними засобами при технічному обслуговуванні.

3. Збереження даних і програм

Під захистом даних маються на увазі технології та стратегії, спрямовані на забезпечення збереженості інформації при її зберіганні та передачі. У разі передачі даних для їх захисту використовуються апаратні й програмні засоби.

Розглянемо методи, які застосовуються для захисту збережених даних:

Дзеркалювання – механізм захисту даних, заснований на використанні двох жорстких дисків із одним загальним каналом читання/запису. Одна і та ж інформація проходить по одному каналу двічі - спочатку на один диск, потім на другий.

Дублювання – механізм захисту даних, заснований на використанні двох жорстких дисків із роздільними каналами читання/запису. Всі дані одночасно записуються на обидва диски. У деяких реалізаціях архітектури підтримується механізм поділу пошуку, який прискорює доступ до даних, за рахунок читання їх з того диска, на якому вони будуть виявлені раніше.

Резервне копіювання – копія даних, що зберігаються на незалежному носії. Існує повне резервне копіювання, при якому створюється копія всього вмісту диска, а також диференціальне та інкрементальне резервне копіювання, які припускають запис тільки тих даних, які були змінені або додані після попереднього сеансу резервного копіювання. При інкрементальному копіюванні, на відміну від диференціального, нові файли і ті, що змінилися, не заміняють старі, а додаються на стрічку або інший носій незалежно.

4. Способи підвищення відмовостійкості мережі відповідно до виду загрози (рис. 1)

Під загрозою розуміють можливу небезпеку, яка порушує базові властивості інформації та інформаційних мереж. Базовими властивостями інформації є: конфіденційність, цілісність та доступність.

Антропогенні загрози – вчинення людиною дій направлених на руйнування інформаційних систем, ресурсів, програмного забезпечення тощо. До цієї групи за змістом дій належать: ненавмисні, які викликані помилковими діями; інспіровані, що стали результатом навмисних дій.

До техногенних загроз належать: пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, раптове руйнування каналів зв'язку, аварії на інженерних мережах, аварії головних серверів управління тощо.

До стихійних загроз відносяться стихійні лиха або інші обставини (форс-мажорні), які неможливо передбачити чи неможливо запобігти. Такі джерела загроз не піддаються прогнозуванню, отже заходи захисту від них повинні застосовуватися повсякчас.

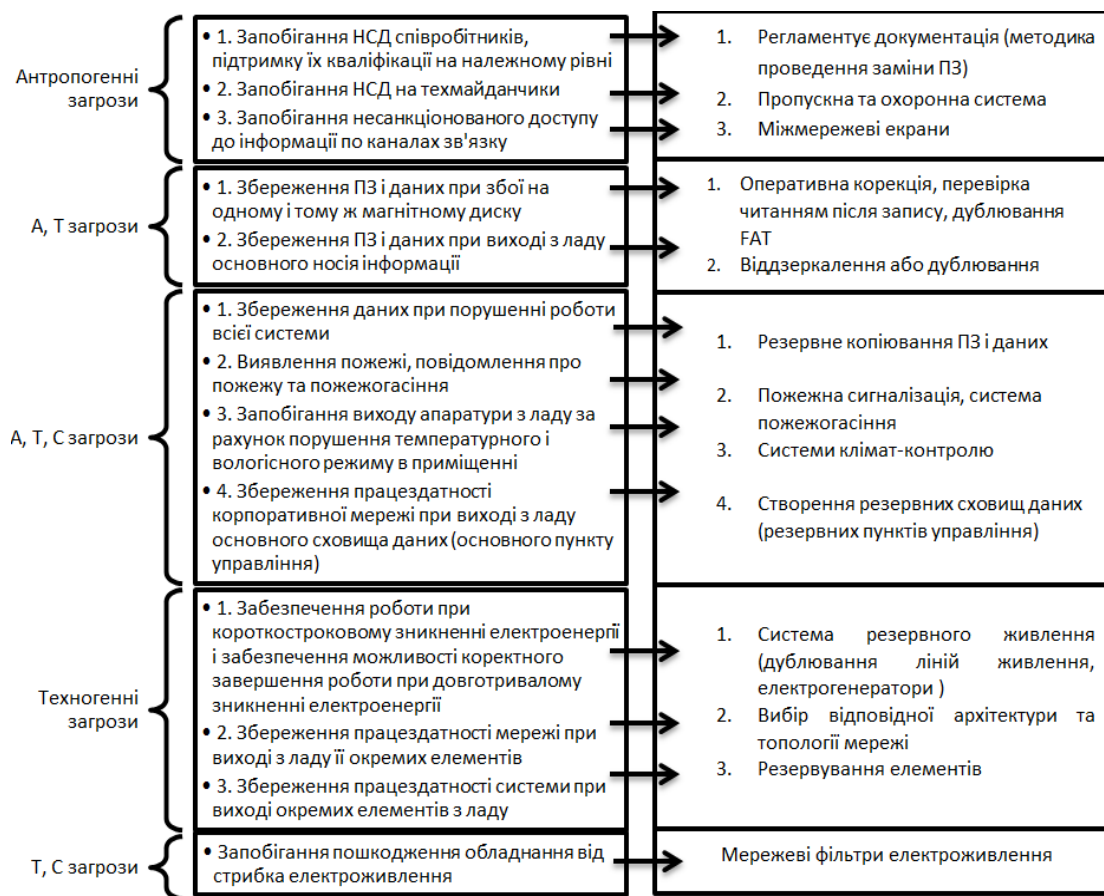


Рис. 1. Способи підвищення відмовостійкості мережі відповідно до виду загрози

Комплексний підхід. Безумовно, при вирішенні завдання підвищення відмовостійкості, необхідний комплексний підхід, щоб компенсувати всі можливі загрози для цілісності та конфіденційності ваших даних, стійкої роботи ПЗ, справного стану всього устаткування. Однак при виборі та реалізації технологій забезпечення відмовостійкості завжди необхідно зіставляти їх вартість та вартість збитку, який може бути нанесений компанії через їх відсутність.

Найбільш раціональний підхід до вирішення подібних проблем пов'язаний з використанням концепції сумарної вартості володіння, що передбачає оцінку доцільності придбання тих чи інших засобів залежно від збитку, який компанія може понести за їх відсутності.

Література

1. Кавун С. В., Носов В. В., Манжай О. В. Інформаційна безпека. Навчальний посібник — Харків: Вид. ХНЕУ, 200. — 352 с.
2. Поддержка работоспособности информационной системы //Сетевой журнал-2001-№9.

3. Юрий Наумов. Особенности планирования корпоративных сетей //Jet Info.- Информационный бюллетень № 1(104) – 2002.

УДК 621.39

ПУТИ ПЕРЕХОДА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА IP ПЛАТФОРМУ В СООТВЕТСТВИИ С КОНЦЕПЦИЕЙ IMS

Романов А.И., Дидух Я., Верес Л.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: a_i_romanov@mail.ru

Ways of the transition of the existing telecommunications infrastructure to an IP platform in accordance with the concept of IMS

IMS is a standard IP-architecture designed to ensure convergence of various types of networks and multimedia applications. The system has a modular design and open interfaces. Control is implemented with the help of multi-platform with a set of proxy servers. It provides a solution to problems of compatibility of equipment, software QoS requirements, high performance networks.

Одной из основных задач концепции IMS является обеспечение постепенного переноса существующей телекоммуникационной инфраструктуры на современную IP платформу. Появление IMS (IP Multimedia Subsystem) связано с проблемами взаимодействия сетевого оборудования различных производителей. И в первую очередь это касалось несовместимости оборудования SoftSwitch разных производителей, на которые возлагалось решение основных задач управления в телекоммуникационных сетях.

Концепция IMS представляет собой набор регламентирующих документов по трансформации NGN из сетей с пакетной передачей голоса и данных в реальные мультисервисные сети, конвергирующие с любыми другими сетями.

IMS представляет собой стандартную IP - архитектуру, которая позволяет обеспечить процесс конвергенции фиксированных и мобильных телекоммуникационных сетей, взаимодействие различные типов сетей и мультимедийных приложений. С помощью IMS, может быть обеспечено интегральное обслуживание всех видов сообщений - голос, текст, изображения и видео, вне зависимости от типа сети, в которой находятся конечные абоненты. Процесс обслуживания заявок и взаимные соединения абонентов различных сетей (например, аналоговой сети и сети с коммутацией пакетов) производится через открытые стандартные интерфейсы. Это позволяет упростить систему и снизить стоимость эксплуатационных расходов.

Архитектура IMS предполагает наличие нескольких независимых модулей, совместно использующих общие ресурсы. Эти модули могут добавляться к общей системе или исключаться из нее. Причем, модульность

реализована и по горизонтали, то есть соблюдается автономность услуг, и по вертикали — разделены уровни транспорта, управления и приложений.

В системе IMS классический SoftSwitch, обеспечивающий управление всем трафиком в точке подключения сети доступа, замещается мультисервисной платформой с набором прокси-серверов. Каждый сервер управляет получением услуг определенного типа и имеет собственный интерфейс для взаимодействия с транспортной сетью.

При этом все серверы подключены к единой базе данных. В нее заносится информация о профиле абонентов, трафике и предоставленных услугах. В базе имеется внешний интерфейс, позволяющий сторонним провайдерам получать информацию, необходимую для взаиморасчетов.

Система медиа-серверов и шлюзов, представляется в виде строительных блоков, которые позволяют поставщикам оборудования и разработчикам создавать экономически выгодную, модульную, высоко доступную, масштабируемую систему решений.

Чтобы обеспечить соединения вида абонент – абонент и абонент - контент, в IMS используется многоуровневая архитектура. Первый уровень обеспечивает преобразование сигналов управления и сигнализации традиционных сетей в вид, пригодный для передачи информации по сетям с пакетной коммутацией. Второй уровень обеспечивает транспортировку сигналов прикладного уровня. Третий уровень является хранилищем услуг, востребованных абонентами. Кроме того, в IMS имеются API шлюзы и службы приложений высокого уровня, обеспечивающие контроль доступа и установленных соединений между требуемыми точками сети.

IMS-архитектура предполагает четкое разбиение на уровни, каждый из которых отражает набор логических функций, выполняемых в процессе обслуживания поступившей заявки. Как правило, выделяют следующие три уровня (рис. 1):

- уровень транспорта и абонентских услуг;
- уровень управления вызовами и сеансами связи;
- уровень услуг.

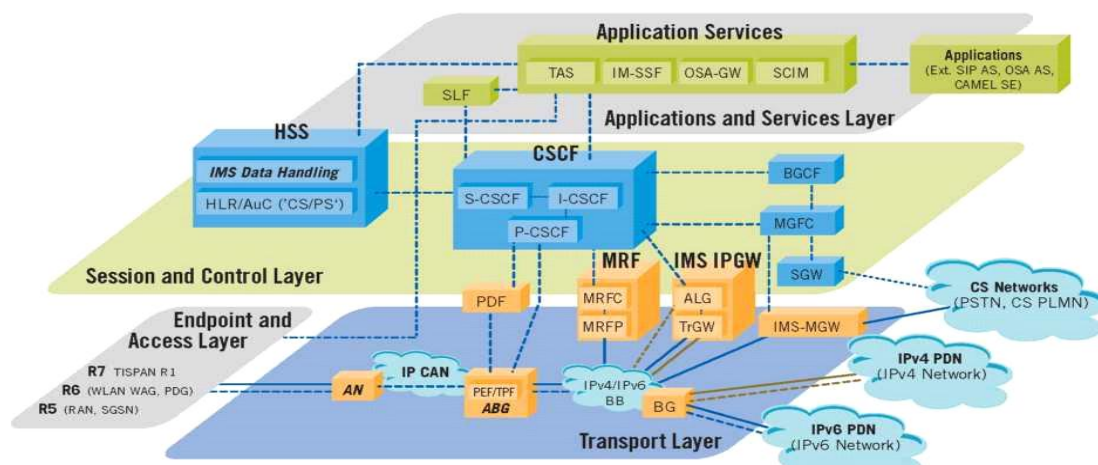


Рис. 1. Архитектура IMS

Рассмотрим задачи каждого уровня.

На уровне транспорта и абонентских устройств решается задача по объединению сигналов аналоговых, цифровых и широкополосных форматов. Для этого необходимо:

- обеспечить преобразование речи из аналоговой или цифровой формы в IP-пакеты;
- преобразовать телефонные потоки формата TDM в транспортные потоки VoIP.

Решение этих задач предполагает преобразование всех видов абонентской нагрузки в IP-пакеты с использованием протокола RTP (Realtime Transport Protocol), а всех видов данных сигнализации к протоколу SIP.

Решение этих задач обеспечивается медиа-серверами и шлюзами сигнализации.

При этом, медиа-серверы предоставляют различные медиасервисы, в том числе конференц-связь, воспроизведение оповещений, сбор тоновых сигналов, распознавание речи, синтез речи и т.п. Ресурсы медиасервера доступны всем приложениям, т.е. любое приложение (голосовая почта, бесплатный номер 800, интерактивные VXML-сервисы и т.д.), которому необходимо воспроизвести оповещение или получить цифры набранного номера, может использовать общий сервер.

Медиасерверы также поддерживают и нетелефонные функции, например, тиражирование голосовых потоков для оказания сервиса мгновенной многоточечной связи (PTT - push-to-talk).

Так как, медиа-серверы являются общими для всех приложений, это обеспечивает максимизацию показателя статистического использования оборудования и создание общей базы медиа-услуг без жесткой привязки оборудования к сервисам и приложениям.

На уровне управления вызовами и сеансами связи обеспечивается управление логическими связями между различными элементами сети. Здесь решаются задачи по регистрации конечных точек, маршрутизации сообщений SIP, общей координации и решению задач сигнализации. Основными элементами данного уровня являются:

- CSCF (Call Session Control Function) - функция управления вызовами и сеансами;
- HSS (Home Subscriber Server) – сервер абонентских данных;

Элемент CSCF определяется не как физическое устройство, а как обобщенная функция.

Литература

1. Новиков Константин IP Multimedia Subsystem// Электронное издание, 2009г.
2. Боровков Андрей. Сервисная архитектура подсистемы IP-мультимедиа (IMS) <http://www.connect.ru/article.asp?id=6333>.
3. Wikipedia. IP Multimedia Subsystem /<http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/577403>.

ЗНАХОДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ВТРАТИ ПАКЕТІВ ВНАСЛІДОК ЗАВАНТАЖЕНОСТІ МЕРЕЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Пасько С. П., Богдан П. А, Пасько В. П.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: kirrov@bigmir.net

Coefficient of the packet loss as a result of workload network's equipment

The focus of the work is finding approaches to calculate the coefficient of packet loss in many transit networks. As software implemented model of packet loss on the router connection direction

Коефіцієнт втрати пакетів один з трьох основних параметрів якості обслуговування, котрі вимірюються/обчислюються на магістральних мережах. Даний коефіцієнт обчислюється як відношення загальної кількості втрачених пакетів до загальної кількості відправлених пакетів. Втрати виникають в результаті двох основних чинників – відмов обладнання (показники надійності) та неспроможності обладнання виконати поступаюче навантаження. Дана стаття описує другий чинник.

У процесі розв'язку завдання передбачається використовувати ряд допущень:

- 1) Продуктивність вузлів і ліній на всіх ділянках мережі однакова й не залежить від часу;
- 2) Довжина пакета не залежить від типу й виду переданої інформації і є величиною постійної;

В якості вхідних даних слугують:

- 1) Граф, або матриця зв'язності IP-мережі;
- 2) Дані про розподіл трафіку. Тобто скільки пакетів передавалось по лініям і напрямкам зв'язку, розподіл пакетів в часу. Ці цифри можуть бути взяті з систем моніторингу або/і прогностичних моделей поведінки користувачів. В даній статті розглядається нормальний закон розподілу (середнє значення завантаженості ρ_0 , математичне очікування, середньоквадратичне відхилення σ) $F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$. Даний розподіл вибрано на основі показників знятих з найбільшої телекомунікаційної мережі України.

Для розв'язку задачі необхідно перерахувати навантаження котре обслуговує кожен прилад (маршрутизатор) відомими методами розрахунку телекомунікаційних мереж. Фактичне обчислені навантаження розділені на пропускну здатність (потужність) маршрутизатора і є значенням ρ_0 -математичного очікування розподілу навантаження для приладу в напрямку зв'язку.

Втрати виникають коли обладнання не може обробити пакет, тобто в випадку коли при його надходженні $\rho \geq 1$. (Дещо «згладжує» ситуацію буфер, проте ефективність його використання напряму залежить від порядку поступання навантаження, для якісної картини розглядаємо ситуацію при нульовому розмірі буфера). Див рис.1:

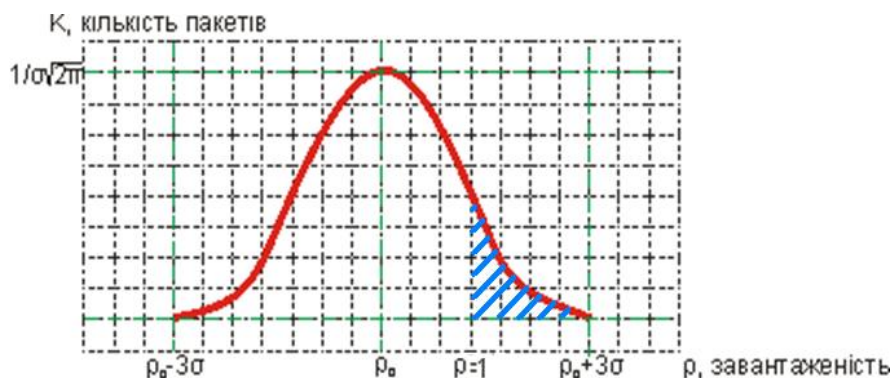


Рис.1. Поступаюче навантаження. Показано частку в якій відбуваються втрати пакетів в результаті зайнятості обладнання

Ці втрати p обчислюються як функція від хвоста розподілу з врахуванням того, що навіть при перевантаженні обладнання мережі (маршрутизатори) виконують навантаження рівне їх пропускній здатності, тобто:

$$p = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_1^{\infty} (e^{\frac{-(x-\rho_0)^2}{2\sigma^2}} - 1) dx$$

На кожний наступний вузол надходить навантаження без пакетів, втрачених на попередньому. Таким чином втрати на наступному маршрутизаторі будуть менші чим на попередньому.

$$\begin{cases} \rho_{0,1} = \rho_0 \\ \rho_{0,i+1} = \rho_{0,i}(1 - p(\rho_{0,i})) \end{cases}$$

Тоді, загальні втрати p_{Σ} :

$$p_{\Sigma}(N) = 1 - \prod_{i=1..N} (1 - \rho_{0,i+1})$$

В цілому результати досить схожі на [1], хоч і йшли дещо іншим шляхом.

Проведені підрахунки та моделювання показали, що при рівномірно розподіленому навантаженню в мережі практично всі втрати виникають на 1-ому маршрутизаторі в ланцюгу.

Також можна знайти частку пакетів час доставки котрих перевищує допустимий в залежності від завантаження в мережі і кількості проміжних маршрутизаторів. На рис.2, для прикладу, показана така залежність для $\rho_0=0.8$, $\sigma=0.2/3$, $t_{\text{доп}}=750\text{мс}$ (максимальний допустимий час затримки), та параметрів маршрутизаторів аналогічних [1].

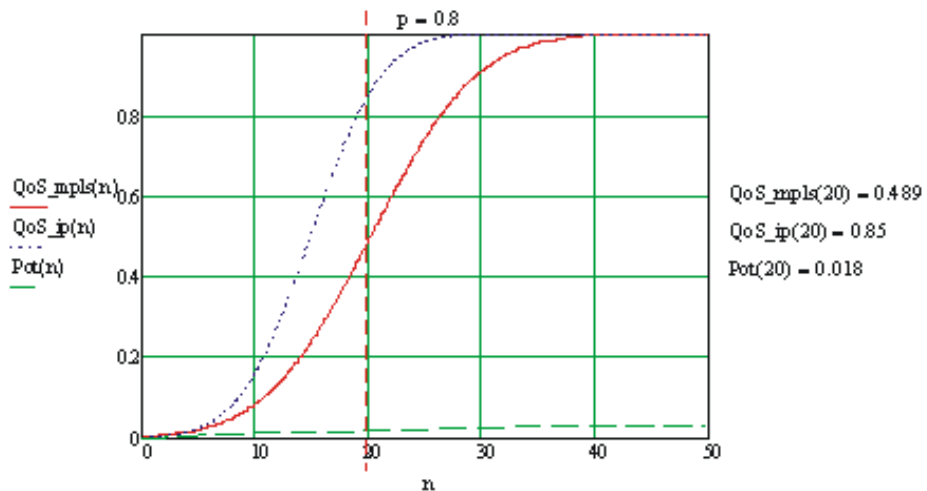
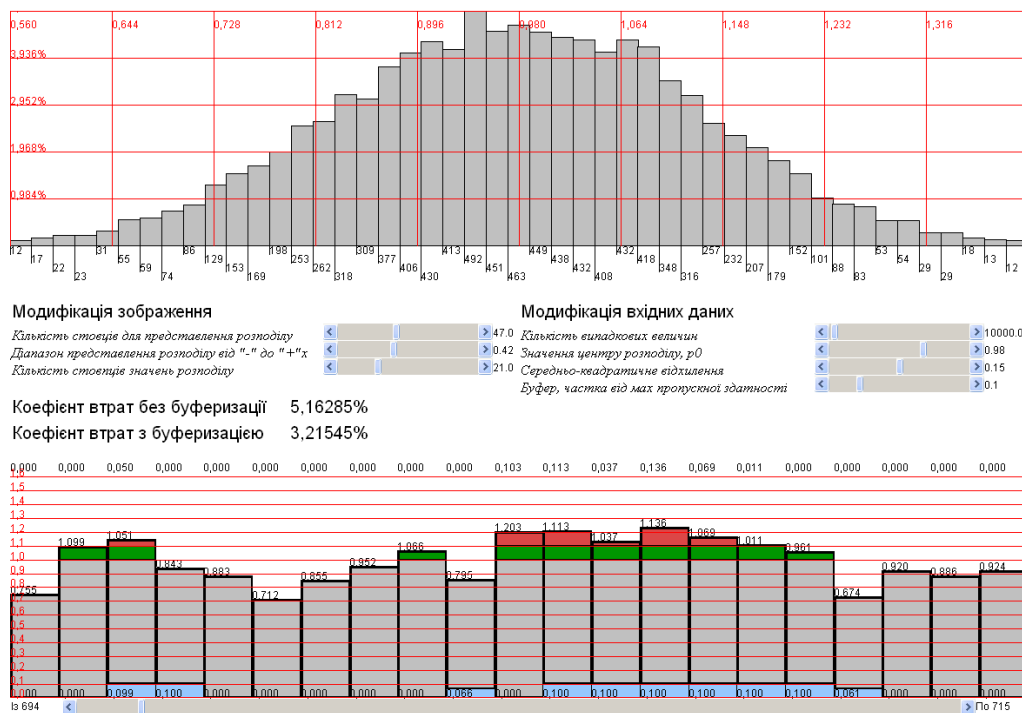


Рис.2. Коефіцієнт втрат та частка пакетів з часом доставки понад допустимий

Для нашого прикладу взяли параметри мереж IP та IP/MPLS. Тоді при таких умовах і довжині ланцюгу $N=20$: затримка 49% пакетів при використанні IP/MPLS перевищить $t_{\text{доп}}$, 85% при IP, 1,8% пакетів буде втрачено.

Для оцінку впливу розподілу трафіку на коефіцієнт втрати пакетів, та визначення доцільності використання буферу на мові програмування Java був створений програмний продукт для напряму зв'язку в маршрутизаторі. Він імітує поступання навантаження як дискретні відліки (щоб можна було взяти показники системи моніторингу, порівняти обчислювані показники з знятими з обладнання), задаються параметри розподілу. В даному випадку це нормальний закон, проте розподіл виступає як інтерфейс – досить легко можна ввести інший. Поступаюче, виконане та втрачене навантаження представлено як відносні величини, пропускна здатність маршрутизатора за відлік рівна одиниці. Графічний інтерфейс на рис.3:



Програма створює ряд випадкових величин, кількість яких встановлюються бігунком «Кількість випадкових величин», вони розподіляються по нормальному закону розподілу навколо «Значення центру розподілу», в межах трьох «Середньо-квадратичних відхилень».

В кожен відлік надходить нове навантаження та навантаження з попереднього відліку, котре збереглося в буфер («Буфер, частка від пропускної здатності»). В текучий відлік маршрутизатор виконує відносну одиницю навантаження, та зберігає в буфер те що не мав змоги виконати. Те навантаження, котре не було оброблено, або збережено в буфер втрачається.

В результаті моделювання добре спостерігалася тенденція, що використання буферів, в цілому, не бажане, кращий вихід – підвищення пропускної здатності маршрутизаторів. Чим більший пікфактор трафіку тим гірші показники. Найбільш ефективно використовуються буфери з об'ємом 5-10% від пропускної здатності.

Отже, був запропонований метод знаходження коефіцієнту втрат пакетів в залежності від поступаючого навантаження (не враховувалися показники надійності). Створений програмний продукт котрий імітує роботу маршрутизатора в напрямку зв'язку.

Коефіцієнт залежить в першу чергу від співвідношення поступаюче навантаження / пропускна здатність та пікфактору трафіку. По результатам моделювання – для зменшення коефіцієнту втрат найкращий шлях збільшувати потужність обладнання (проте дорогий економічно), також цей параметр можна покращити за рахунок використання буферів, котрі найбільш ефективно використовуються з об'ємом 5-10% від пропускної здатності.

В майбутньому на базі даної моделі/програми та методів [2] планується створити метод для оцінки значення джиттера – одного з основних параметрів якості обслуговування, котрі вимірюються/обчислюються на магістральних мережах.

Література

1. *Кутузов О.И., Татарникова Т. М.* Моделирование телекоммуникационных сетей // Электронное издание, 1999г.
2. *Романов О.І., Пасько, С.П.* Оцінка часу затримки в мережах IP і MPLS при обслуговуванні повідомлень у складних багатотранзитних напрямках зв'язку// Науково-технічний журнал «Наукові вісті НТУУ “КПІ”» №5-2011, с.11-20.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ QoS В MPLS-МЕРЕЖІ МЕТОДАМИ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ

Лапшикова М.А., Латуха А.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: mlapshykova@gmail.com

Research providing QoS parameters at MPLS-network with traffic management methods

This paper shows that results of research QoS parameters at MPLS-network with QoS architectures are better than QoS parameters at MPLS-network without it. Also it proposes ways of future researches.

В даний час для користувачів мультисервісних мереж все більший інтерес представляють послуги IP-телефонії, відео-конференції, інтерактивних ігор тощо. Тому висувуються жорсткі вимоги до якості надання послуг, тобто до параметрів QoS (Quality of Service), таких як затримка, джиттер, відсоток втрат. Одним з варіантів забезпечення ефективної передачі трафіку з підтримкою параметрів QoS є використання технології MPLS (MultiProtocol Label Switching). QoS реалізується за допомогою технологій інжинірингу трафіку TE (Traffic Engineering) за рахунок використання механізмів вибору оптимального маршруту проходження трафіку, використання процедур резервування та розподілу завантаження мережі, балансування трафіку і механізмів запобігання перевантажень. Тому останні декілька років актуальна задача управління трафіком для забезпечення QoS.

Управління надмірною завантаженістю каналів може здійснюватися шляхом зміни порядку посилення пакетів відповідно до наданим їм пріоритетам. QoS являє собою сукупність технологій, які дозволяють додаткам вимагати і отримувати прогнозований рівень послуг з точки зору пропускної здатності, джиттера і загальної затримки доставки даних. [1]

IEFT визначає для QoS наступні дві архітектури:

1. інтегровані послуги (IntServ);
2. диференційовані послуги (DiffServ).

IntServ для явного задання QoS використовує протокол RSVP. Всі вузли мережі вздовж шляху отримують повідомлення про необхідність резервування визначених ресурсів, встановлюється RSVP-тунель, по якому потім передається трафік. Продуктивність IntServ напряму залежить від кількості потоків, що обробляються, отже таку модель практично неможливо реалізувати в мережі з мільйонами користувачів. IntServ доцільно використовувати на прикордонній IP-мережі і не рекомендується застосовувати на транзитних IP-мережах.

DiffServ використовує в IP-заголовку DSCP (DiffServ Code Point), щоб вказати необхідні рівні QoS. Змінюючи це значення, різні види трафіку можна розподілити за різними пріоритетами в черги, що і визначає подальше

просування пакету на кожному проміжному вузлі – PNH-політику (Per-Hop-Behavior). [2]

Виникає актуальна науково-практична задача дослідження покращення параметрів CoS із застосуванням заданих архітектур CoS сумісно з MPLS. Існує два шляхи проведення такого дослідження: моделювання мережі із найбільшим наближенням моделі до реальної мережі та побудова лабораторного стенду з використанням реального мережевого обладнання. В роботі застосований перший метод з економічних міркувань.

Для дослідження параметрів CoS в графічному симуляторі мереж GNS3 була змодельована мережа заданої топології з використанням реальних образів маршрутизаторів Cisco серії c7200 (рис. 1).

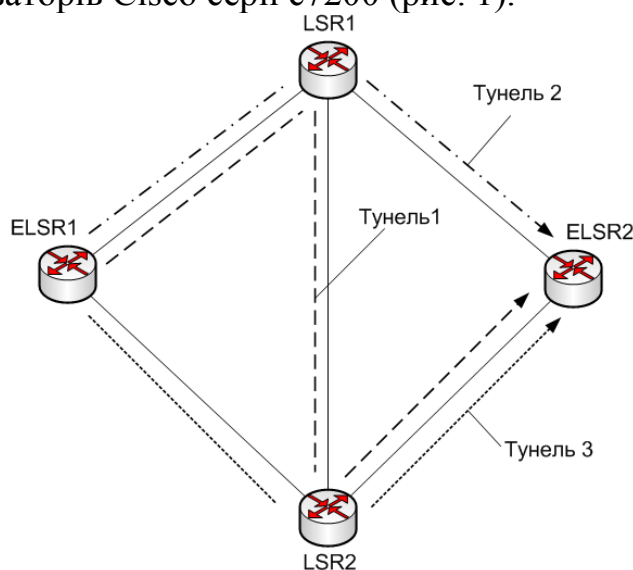


Рис. 1. Тунелі в опорній мережі MPLS

Вимірювання параметрів якості обслуговування без застосування архітектури CoS. Для імітації вхідного навантаження у тунелі лінійно збільшувався трафік, що генерувала утиліта Iperf. Час моделювання - 300 с. Для аналізу пакетів застосована програма аналізатор трафіку WireShark.

При збільшенні навантаження в тунелі зростає затримка проходження пакетів. Це викликано збільшенням затримки пакетів в буфері маршрутизатора. При цьому затримка в тунелі 1 має найбільші значення – близько 50 мс при навантаженні в каналі 250 кбіт/с. Тоді як затримка в тунелях 2 та 3 приблизно однакова – 35-40 мс при навантаженні 250 кбіт/с. Це спричинено наявністю додаткового маршрутизатора в тунелі 1. Значення джитеру для всіх тунелів коливається в межах 4-7 мс.

Вимірювання параметрів якості обслуговування при застосуванні архітектури DiffServ. Для дослідження взаємодії архітектури DiffServ з MPLS трафік у тунелі 3 класифіковано вищим пріоритетом, тоді як трафік тунелю 1 передається без пріоритету. Значення DSCP задається у полі EXP мітки MPLS. Пропускна здатність між LSP2 та ELSR2 має обмеження в 200 кбіт/с, що реалізується завдяки функції шейпінгу трафіку. В якості алгоритму обробки черг обрано WFQ, що обробляє в першу чергу трафік з вищим пріоритетом. На рис. 2 представлені результати моделювання оцінки

параметрів якості обслуговування в тунелі 3 при використанні MPLS та при комбінації MPLS з DiffServ.

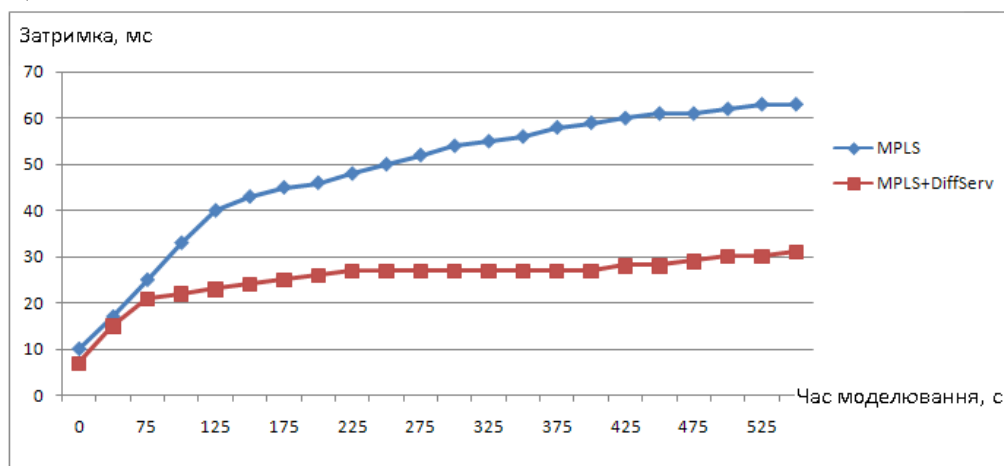


Рис. 2. Залежність затримки від часу моделювання при MPLS та комбінації MPLS з DiffServ

Інтенсивність навантаження каналу передачі перевищує наявну пропускну здатність, в основному за рахунок трафіку з нижчим пріоритетом. Тому й спостерігається зростання затримки (до 60 мс) розповсюдження пакетів з часом моделювання. З рис. 2 видно, що при обробці вихідного потоку алгоритмом WFQ показники затримки пакетів в тунелі 3 знизились до 20-30 мс.

На рис. 3 показано залежність джитеру при функціонуванні чистого MPLS (10 мс) та комбінації MPLS з DiffServ (6 мс).

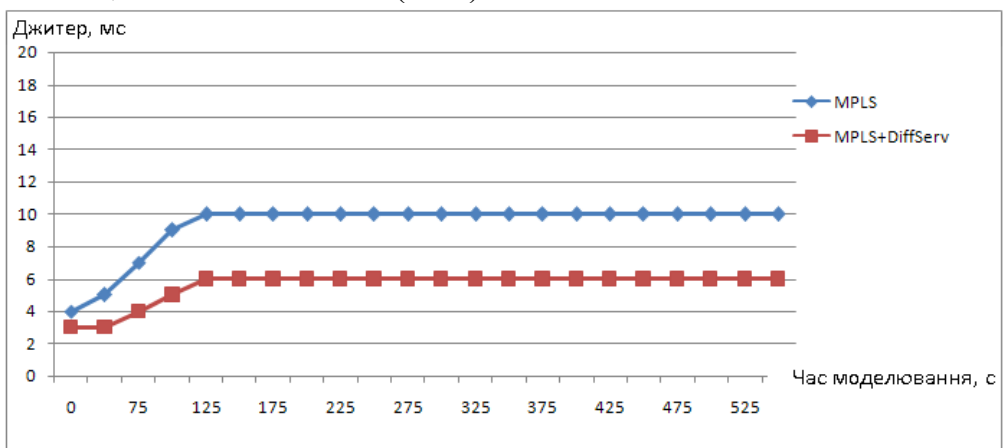


Рис. 3. Залежність джитеру від часу моделювання при MPLS та комбінації MPLS з DiffServ

Висновки. З погляду на проведене дослідження, можна зробити висновок про покращення параметрів якості обслуговування, таких як затримка та джитер, при застосуванні сумісного застосування DiffServ та MPLS.

Майбутній розвиток цього дослідження вбачається в сумісному застосуванні IntServ та DiffServ на мережі з MPLS, де недоліки однієї архітектури компенсуватимуться перевагами іншої.

Література

1. Семенов Ю.А. «Алгоритмы телекоммуникационных сетей. Часть 1 Алгоритмы и протоколы каналов и сетей передачи данных» // Электронное издание – 2007 г.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. «Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник» // 4 издание, 2010 г., с.-214.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТОКОЛА SNMP В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ЕГО ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Москвитина А.А., Латуха А.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: fuffypickly@gmail.com

Importance of using SNMP in data networks and its practical implementation

This article provides the basic information about the interaction of the SNMP components on the example of the elementary network which built in emulator Cisco Packet Tracer.

Для успешного администрирования любой сети важна возможность удаленного контроля за ее параметрами и состоянием. Нередко бывает так, что сеть состоит из устройств различных производителей, поэтому возникла потребность в создании такого языка, который бы могли понимать все сетевые устройства.

Таким решением стал протокол управления сетью SNMP (Simple Network Management Protocol), разработанный изначально для оборудования Unix-систем, но вскоре получивший признание и у большинства других производителей. Этот протокол прикладного уровня получил минимальный набор команд, позволяющих выполнять практически весь спектр задач управления сетевыми устройствами – от информации о местонахождении устройства до возможности производить его тестирование.

SNMP использует концепцию менеджера и агента. Менеджер, обычно хост (компьютер или сервер, подключенный к локальной или глобальной сети), управляет и контролирует набор агентов, обычно это – маршрутизаторы.

Агент сохраняет характеристики информации в базе данных (MIB). Менеджер имеет доступ к содержимому базы данных. Также менеджер может заставить маршрутизатор выполнить некоторые действия. Агенты могут также внести вклад в процесс управления. Управляемая программа сервера, выполняемая агентом, может проверить внешнюю среду, и если она замечает что-то необычное, она может послать сообщение предупреждения (названное ловушкой, trap) менеджеру.

Управление достигается с помощью простого взаимодействия между менеджером и агентом по двум UDP портам 161 и 162.

Существует пять типов сообщений (PDU), которыми обмениваются менеджер и агент (см. рис. 1):

Первые три сообщения отправляются от менеджера к агенту (по 161 порту UDP), а последние два от агента к менеджеру (по 162 порту). Так как

используются два разных порта, одна система может выступать в роли менеджера и агента одновременно.

Вся информация об объектах системы-агента содержится в MIB (management information base) - базе управляющей информации. Доступ к объектам в MIB осуществляется по иерархической древовидной структуре, напоминающую DNS. Имя для каждого объекта уникально и называется идентификатором объекта (object identifier - OID). OID можно записать как в числовой форме, так и в символьном виде. Например, имя, соответствующее идентификатору объекта 1.3.6.1.2.1, это iso.org.dod.internet.mgmt.mib.

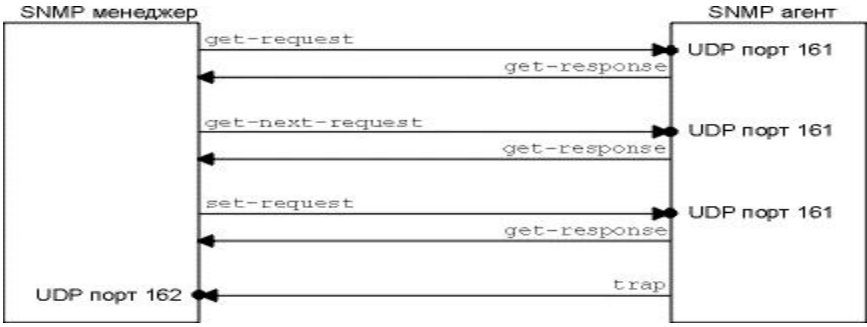


Рис. 1. Пять операторов SNMP

Рассмотрим процесс получения информации об агенте на примере элементарной топологии сети (рис. 2). В качестве эмулятора возьмем Cisco Packet Tracer 6.0.1. Настроим адресацию в сети в соответствии с таблицей 1.

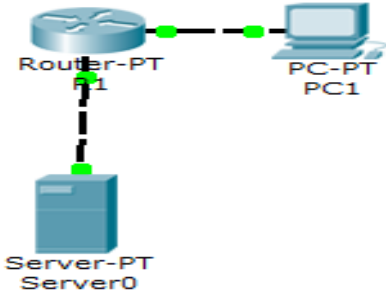


Рис. 2.

Таблица 1. Адресация в заданной сети

Устройство	Интерфейс	IP адрес	Маска подсети	Шлюз по умолчанию
R1	Fa0/0	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
	FA1/0	192.168.2.1	255.255.255.0	N/A
PC1	NIC	192.168.1.5	255.255.255.0	192.168.1.1
Server0	NIC	192.168.1.6	255.255.255.0	192.168.1.1

Настроим R1 в качестве SNMP-агента. Для этого необходимо задать имя community

```
R1(config)#snmp-server community test ro
```

Сообщества (communities) - это способ группировки SNMP-агентов со сходными ограничениями на доступ с управляющими объектами, которые удовлетворяют этим ограничениям. Проще говоря, сообщество определяет «кто имеет доступ».

Далее перейдем к PC1 и во вкладке Desktop выберем MIB Browser. В поле address необходимо ввести адрес нашего агента (192.168.1.1) и, нажав кнопку advanced указать имя созданной нами community (test) в поле read community. Далее, разворачивая древо MIB можно выбрать интересующий нас оператор и кликнуть GO.

В режиме симуляции можно отследить прохождение пакетов и убедиться в том, что SNMP действует на 7м уровне иерархической модели (см. рис. 4)

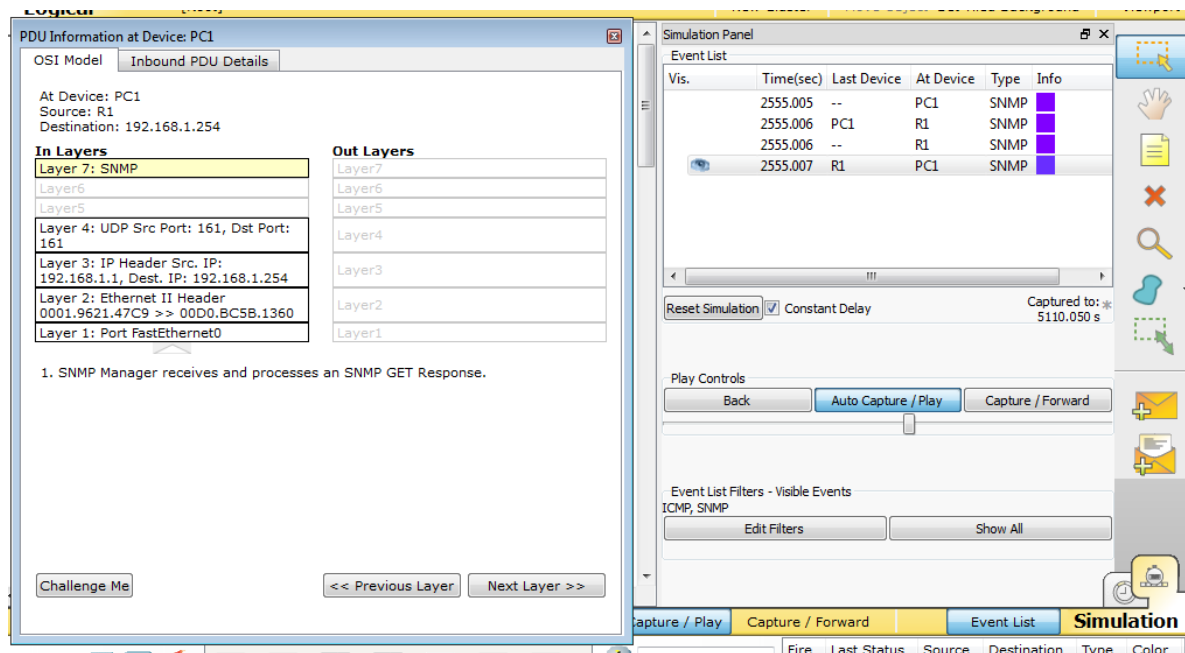


Рис. 4. Процесс обмена сообщениями в SNMP

Стоит отметить, что речь идет лишь о элементарной версии SNMPv1, которая на данный момент используется наиболее широко. В более поздних версиях реализованы следующие возможности:

- v1 - не предусматривает никакой безопасности, кроме строки community;
- v2 - кроме community string можно шифровать трафик между менеджером и агентом;
- v3 - помимо шифрования, используется имя пользователя (user), а не community.

Пользователь может быть в разных группах (group), которым могут быть назначены разные права на чтение и запись различных mib.

В рамках данной работы была рассмотрена актуальность применения SNMP в сетях передачи данных, принцип его действия. Приведена сравнительная характеристика различных версий SNMP и особенности взаимодействия менеджер-агент на примере элементарной топологии сети в эмуляторе Cisco Packet Tracer.

Литература

- W. Richard Stevens. TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols, pages 600 (Addison-Wesley, 1994).
- А. Берлин. Основные протоколы интернет. Учебный курс лекций НОУ ИНТУИТ. Лекция 15: Простой протокол управления сетью.
- http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/configfun/configuration/guide/ffun_c/fcf014.html Configuring SNMP Support.

ВИКОРИСТАННЯ VM VIRTUAL BOX ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ GNS3 ПРИ МОДЕЛЮВАННІ РОБОТИ DNS- СЛУЖБИ

Нестеренко М.М., Маньківський В.Б., Доманчук В.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: nesterenko_nik@mail.ru

Using VM Virtual Box for expansion possibilities in GNS 3 simulation of DNS-service work

The complexity of building information and communication networks requires the prior establishment stands of the models in GNS3 for testing effectiveness of the designed topology. But, for the modeling of network services most appropriate VM Virtual Box integrated into GNS3.

Однією з основних функцій сучасних інфокомунікаційних мереж являється надання необхідного спектру послуг кінцевому користувачу. Тому при налаштуванні та організації функціонування таких мереж виникають задачі не тільки інсталяції та конфігурування мережевого обладнання, а також розгортання мережевих служб що забезпечують підтримку інформаційних послуг.

На теперішній час, існує спеціальне програмне забезпечення, яке призначене для емуляції роботи мереж та мережевих служб. Насамперед це GNS3 – графічний симулятор мережі, який дозволяє змоделювати віртуальну мережу з комутаторів, маршрутизаторів та віртуальних машин. GNS3 працює практично на всіх платформах існуючих операційних систем та відмінно підходить для створення стендів на десктоп машинах. Однією з найцікавіших особливостей GNS3 є можливість з'єднання спроектованої топології (емульованої мережі) з реальною мережею. Це дає унікальну можливість перевірити на практиці, будь-який проект, без використання реального обладнання. Однак, функціональних можливостей GNS3 не достатньо для повноцінного моделювання мережевих операційних систем на базі яких можна налаштовувати відповідні служби.

Для усунення цього недоліку необхідно використовувати VM Virtual Box, який здійснює віртуалізацію роботи гостьової машини (комп'ютера) і відповідно емуляцію встановленої на ній операційної системи (ОС), в тому числі і мережевої (серверної) ОС. Окрім того, функціональні можливості VM Virtual Box дозволяють проводити з'єднання емуляваної ОС з реальною мережею та інтеграцію в GNS3. В зв'язку з вище приведеним, GNS3 в сукупності з VM Virtual Box являються потужним інструментом для моделювання інфокомунікаційної мережі та дослідження процесів, що в ній протікають [1].

Однією з основних мережевих служб, яка займає ключову позицію при організації взаємодії протоколів мережевого рівня та служб прикладного рівня, а також уніфікації доступу до інформаційних ресурсів мережі є служба доменних імен DNS (Domain Name Service). В свою чергу, основне призначення служби доменних імен DNS – перетворення символьних (доменних) імен комп'ютерів в IP-адреси і навпаки. А саме, система DNS грає роль проміжної сполучної ланки між сервісами прикладного рівня та мережевим активним обладнанням та являє собою розподілену базу даних, що дозволяє реалізувати концепцію уніфікації багаторівневих доменних імен. Тобто, DNS використовується для маршрутизації електронної пошти та організації доступу до web-серверів.

В загальному розумінні система DNS визначає наступні складові [2]: ієрархічний простір імен комп'ютерів і IP-адрес; таблицю відповідності імен та IP-адрес комп'ютерів, реалізовану у вигляді розподіленої бази даних; вдосконалені засоби маршрутизації і

аутентифікацію відправників повідомлень електронної пошти; механізм пошуку служб в мережі; протокол обміну службовою інформацією про доменні імена. З цього випливає, що працездатність та оптимальність конфігурування служби *DNS* для мережі є критичною.

Ключовим поняттям при організації роботи *DNS* служби, являється домен. Тобто це група хостів об'єднаних на логічному рівні. При чому, для зберігання таблиць відповідності імен та *IP*-адрес про всі підлеглі вузли домену використовуються *DNS*-сервери.

На практиці, домени повинні обслуговуватися як мінімум двома *DNS*-серверами, хоча рекомендується використовувати три сервера, розташованих в різних місцях. Найчастіше один з цих серверів призначається головним (первинним), на якому зберігається основна копія даних домена. Решта серверів, які обслуговуються визначений домен, є резервними (вторинними). Вони автоматично завантажують інформацію з головного сервера організації. При чому, зміни в конфігурації *DNS* відображаються на резервних серверах без втручання адміністратора.

Недоступність *DNS*-сервера в реальній мережі може бути спричинена безліччю факторів: недоступність проміжного мережевого обладнання; непрацездатність програмного порта або некоректне налаштування фаєрвола; непрацездатність мережевого інтерфейсу на сервері; обривом лінії зв'язку; знеструмлення сервера; збої програмного забезпечення (ПЗ) сервера; регламентні роботи з ПЗ на сервері; *flood*-атакою на сервер.

Іншим актуальним питанням при конфігуруванні *DNS*-сервера є встановлення оптимальних значення тривалості записів (час протягом якого запис є актуальним та достовірним), адже чим менше значення часу актуальності запису, тим частіше будуть надходити уточнюючі запити до сервера, що призведе до збільшення об'єму службової інформації в мережі.

Для часових параметрів необхідно встановити наступні значення [3]: час життя записів для кореневих серверів – 42 доби, в доменах першого та другого рівнів 1-3 діб; періодичність звернення резервних (*slave*) *DNS*-серверів для оновлення даних до основних (*master*) – 1-6 годин; періодичність повторного звернення *slave* *DNS*-серверів до *master* *DNS*-серверів у випадку якщо вони не відповідають – 20-40 хв.; період часу в якому може працювати *slave* *DNS*-сервер випадку непрацездатності *master* – 7-30 діб; час життя у кеші негативних відповідей (недоступність) – 1-3 години.

Вище вказані значення часових параметрів не змінюються при конфігуруванні *master* *DNS*-серверів та в стабільних мережах, як правило, не залежать від їх розмірності. Але для мереж, де проходять часті зміни ресурсних записів, часові параметри зменшуються значно збільшуючи завантаження на каналів та мережевого обладнання, проте забезпечує актуальність записів.

Проведемо моделювання роботи служби *DNS*, в програмному середовищі *GNS3* та *VM Virtual Box*. Стенд мережі представлений на рис. 1.

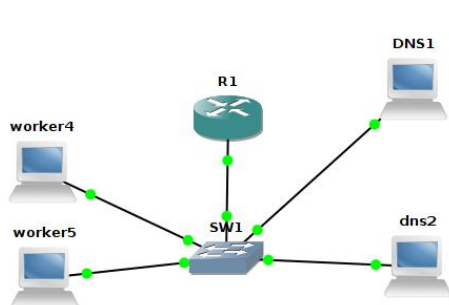


Рис. 1. *DNS*-сервери розміщені в одній LAN

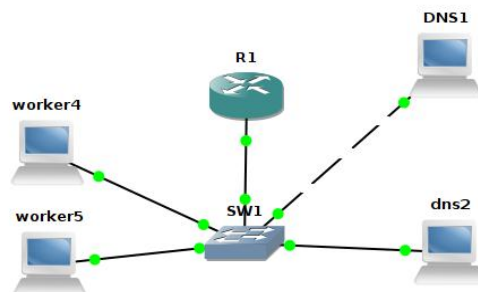


Рис. 2. *DNS1* недоступний для користувачів

В представленій топології рис. 1. *worker4*, *worker5* – клієнтські хости, які здійснюватимуть запити *DNS*-серверам та реалізовані за допомогою програми *Virtual PC Simulator*. Склад моделі: *worker4* (хост) *IP*-адреса 192.168.0.25; *worker5* (192.168.0.26); *sw1* – комутатор; *R1* – маршрутизатор, який виступатиме шлюзом (192.168.0.253); *DNS1* –

master DNS-сервер (ns1 – 192.168.0.18), реалізований засобами VM Virtual Box; dns2 – slave DNS (192.168.0.254), також реалізований засобами VM Virtual Box. Структура моделі імітації роботи DNS-служби з врахування інтеграції розглянутого програмного забезпечення представлена на рис. 3.

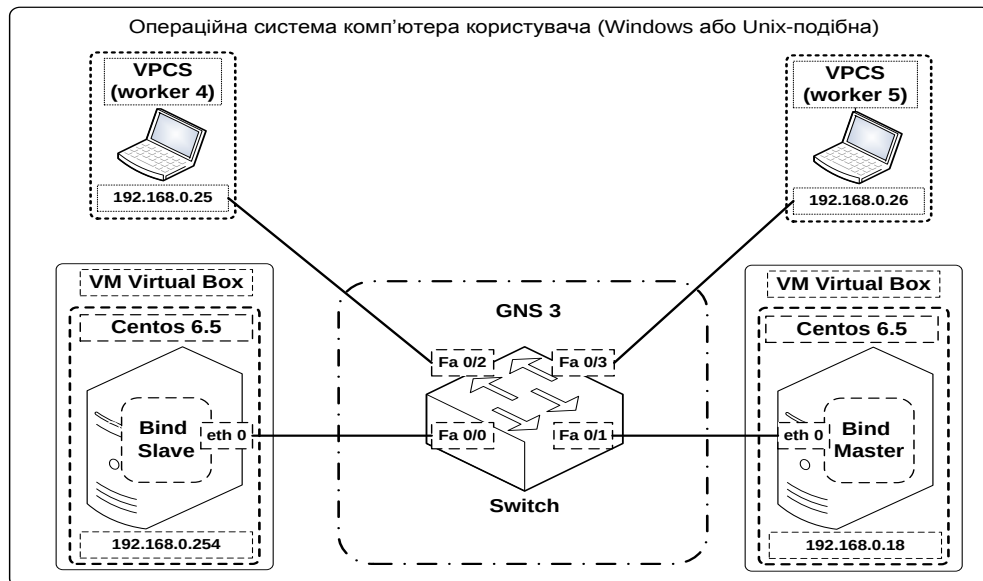


Рис. 3. Взаємозв'язки між програмними засобами імітаційної моделі DNS-служби

Для перевірки коректності роботи ns серверів „пінгуватимемо” по доменному імені з worker4 та worker5 інші хости мережі, при цьому по черзі будемо розривати зв'язки (link) між sw1 та dns2, sw1 та DNS1 (рис. 2) щоб пересвідчитись у працездатності обох серверів. Розриваємо link між sw1 та dns2 та як бачимо з рис. 4 хости отримують ICMP-відповіді. Потім, розриваємо link між sw1 та DNS1 (master DNS), однак проходить отримання resolved-відповіді по ICMP протоколу рис. 5., тобто служба DNS продовжує функціонувати.

```
VPCS[1]> ping worker5.kusu.edu
worker5.kusu.edu resolved to 192.168.0.26
192.168.0.26 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.167 ms
192.168.0.26 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.247 ms
192.168.0.26 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.111 ms
192.168.0.26 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.209 ms
192.168.0.26 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.711 ms

VPCS[1]> ping ns1.kusu.edu
ns1.kusu.edu resolved to 192.168.0.18
192.168.0.18 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.770 ms
192.168.0.18 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.714 ms
192.168.0.18 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.678 ms
192.168.0.18 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.657 ms
192.168.0.18 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.507 ms
```

Рис. 4. Перевірка працездатності DNS1 (master)

```
VPCS[1]> ping ns1.kusu.edu
ns1.kusu.edu resolved to 192.168.0.18
^Host (192.168.0.18) not reachable

VPCS[1]> ping ns2.kusu.edu
ns2.kusu.edu resolved to 192.168.0.254
192.168.0.254 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.626 ms
192.168.0.254 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.956 ms
192.168.0.254 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.750 ms
^C

VPCS[1]> ping worker5.kusu.edu
worker5.kusu.edu resolved to 192.168.0.26
192.168.0.26 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.159 ms
192.168.0.26 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.197 ms
192.168.0.26 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.221 ms
192.168.0.26 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.220 ms
^C
```

Рис. 5. Перевірка працездатності dns2 (slave)

Для коректної та надійної роботи домену, необхідно щоб домен обслуговували як мінімум два сервера, вони повинні бути територіально розділені та обов'язково знаходитись в різних мережах. При цьому необхідно пам'ятати, що не оптимально налаштовані часові параметри (час життя записів; періодичність звернення slave серверів; період часу автономної роботи slave серверу у випадку непрацездатності master; час життя у кеші негативних відповідей) можуть призвести до непрацездатності web-служби, поштової служби та інших мережевих служб.

Література

1. <http://www.gns3.net/documentation/gns3/introduction-to-gns3/>
2. Немет, Эви, Снайдер, Гарт, Хейн, Трент Бэн Уэйли Unix и Linux: руководство системного администратора, 4-е изд. : Пер. с англ. //Издательский дом “Вильямс”, 2012. – 1312 с.
3. Крикет Ли, Пол Альбитц DNS и BIND, 5-е издание //Издательство Символ-Плюс, 2008 – 712 с.

РОЗРАХУНОК ЧАСУ ЗАТРИМКИ КАДРУ МЕРЕЖІ ETHERNET В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТУПЕНЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ МЕРЕЖІ

Рудько Н.Д., Богдан П.А.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: nataliya.rudko@gmail.com

Calculation of the timing frame delay depending on the degree of congestion in Ethernet

Ethernet is the most widely-installed local area network (LAN) technology. It was created in 1973 and is still developing. New versions at 1 Gbps and 10 Gbps, and still higher have come out. The main goal of the work is finding the dependence between frame delay and the degree of congestion to define the efficiency of the network.

Розглянемо комутований варіант технології Ethernet.

Локальна мережа, побудована на основі технології Ethernet будується на комутаторах, об'єднаних дуплексними каналами зв'язку. Топологія у цьому випадку є топологією дерево, тобто така, при якій між двома будь-якими вузлами мережі існує рівно один шлях. У цьому випадку кожен пристрій може приймати і передавати дані незалежно один від одного.

Двобічний канал зв'язку допомагає повністю виключити колізію. Відправлений в канал зв'язку кадр благополучно досягне найближчий комутатор, який його комутує на необхідний порт і він відправиться по лінії зв'язку в наступну точку комутації. Так триватиме до тих пір поки кадр не досягне одержувача.

У такій мережі затримку в передачі кадру можна розрахувати наступним чином:

$$t_3 = t_{IPG} + t_k + t_s$$

де t_{IPG} - міжкадровий інтервал (Inter Packet Gap, IPG). В стандарті Ethernet складає 96 біт; t_k - середній час передачі кадру; t_s - середній час кадру в комутаторі.

Час передачі кадру і міжкадрового інтервалу можливо знайти виходячи з наступної рівності:

$$t = \frac{V_k}{R}$$

де V_k - розмір кадру, що складається з заголовка, який у стандарті Ethernet складає 26 байт і власне корисних даних

$$V_k = V_n + V_3$$

R - швидкість передачі інформації.

Тоді

$$t_3 = \frac{V_{IPG}}{R} + \frac{V_n + V_3}{R} + t_s$$

Таким чином видно, що час затримки кадру Ethernet в загальному випадку залежить від розміру корисних даних а також від часу обробки кадру в комутаторі.

Об'єм корисної інформації вибираємо середнім відносно максимального та мінімального значення - 800 Мбайт.

Для початку розрахуємо середній час перебування кадру в комутаторі. Базову функціональну модель вузла комутації трафіку (ВКТ) можна створити на основі положень теорії масового обслуговування. При цьому комутатор в першому наближенні представляється одноканальною системою масового обслуговування (СМО), з кінцевим вхідним буфером і дисципліною обслуговування заявок FIFO. Функціональна модель системи наведена на рисунку 1.

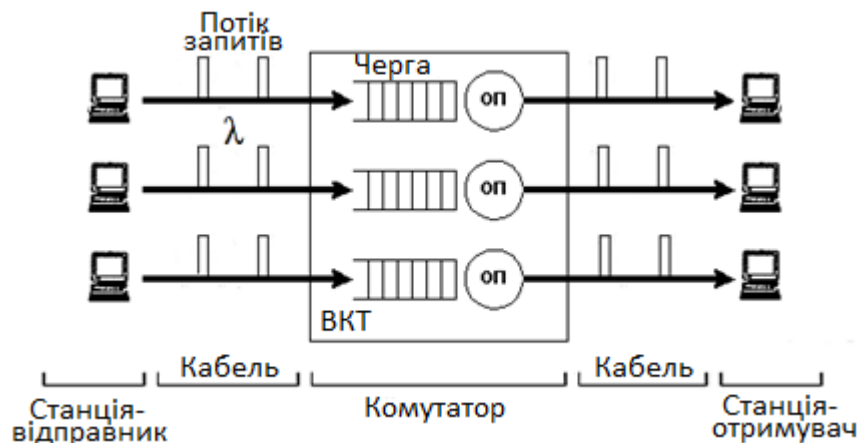


Рис. 1. Функціональна схема комутатора в термінах СМО

Час перебування заявки в системі можна записати як:

$$t_s = t_w + t_\mu$$

де t_w – середній час перебування заявки в черзі

t_μ – середній час обслуговування заявки.

Середній час обслуговування заявки залежить від інтенсивності обслуговування заявок μ - величина, яка диктується особливостями самої системи, тобто в даному випадку комутатора.

Таким чином

$$t_s = t_w + \frac{1}{\mu}$$

Така модель СМО також відповідає моделі M/G/1, тому для неї також справедлива формула Поллачека-Хінчина. Тоді:

$$t_s = \frac{\overline{N_w}}{\lambda} + \frac{1}{\mu} = \frac{\rho}{2 \cdot \mu \cdot (1 - \rho)} + \frac{1}{\mu}$$

Таким чином підставляючи отримані значення можемо отримати час затримки кадру в системі залежно від ступеня її завантаженості:

$$t_3 = t_{IPG} + t_k + t_s = \frac{V_{IPG}}{R} + \frac{V_{\pi} + V_3}{R} + \frac{\rho}{2 \cdot \mu \cdot (1 - \rho)} + \frac{1}{\mu}$$

Найбільше навантаження для комутатора представляють пакети невеликої довжини, тому що при цьому є велика кількість заголовків які необхідно обробити, що надходять з великою частотою прямування. Таким чином продуктивність комутатора як мінімум повинна впоратися з потоком дрібних кадрів.

$$\mu = \frac{R}{V_{\min \pi} + V_s} \left(\frac{\text{кадр}}{c} \right)$$

Побудуємо графік залежності часу затримки від ступеня завантаження системи Ethernet зі швидкістю 10 Мбіт/с.

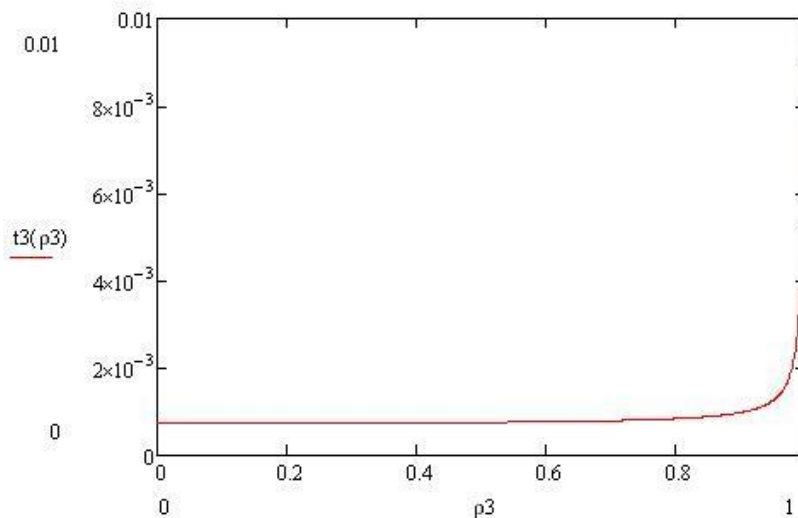


Рис. 2. Графік залежності часу затримки від ступеня завантаженості мережі

З рисунку 2 випливає, що комутований варіант Ethernet практично несприйнятливий до перевантажень в мережі. Як видно з графіка, перевантаження мають якийсь вплив на мережу тільки коли досягають понад 90%, в будь-якому ж іншому випадку час затримки кадру практично не змінюється.

Це пов'язано з тим що питання об'єднання декількох вузлів в мережу вирішує комутатор, а не канал зв'язку. Комутатор виступає досить «розумним» пристроєм що б знати який кадр необхідно передати на який порт, що виключає надлишковий трафік. А сам підхід дуплексної передачі даних виключає появу колізій.

Негативним ефектом такого підходу можна вважати подорожчання мережі за рахунок впровадження додаткових пристроїв і, можливо, збільшення довжини необхідного кабелю. Однак, слід зазначити, що включення в мережу комутатора дозволяє на багато розширити мережу без шкоди характеристик QoS, а також задіяти додаткові можливості такі як віртуальні локальні мережі, інжиніринг трафіку, блокування нелегальних MAC-адрес в цілях безпеки і т.д.

BREAK LOCALISATION IN TELECOMMUNICATIONS WITH DELAYS IN SIGNAL AND CONTROL DATA

Volodymyr Shmatko

National Aviation University

E-mail: kkz@ukr.net

Experience of exploitation of modern computer and telecommunication networks allows selecting following their descriptions [1]:

1. networks are built as self-organising and self restored; however foreseen possibility of intervention from an service personnel is in all cases;
2. the large degree of automation of processes of diagnosing and change of network and its separate components configuration is provided;
3. the local diagnosing of elements of network allows to find out the breaks and moment of their origin on purpose, and also at the periodic planned diagnosing;
4. the centralized diagnosing supposes a presence in the networks of centers of service, executing simultaneous to the function of collection and statistical data processing.

The method of search of disrepair, which provides minimum time on its discovery, is examined in work [2]. The account of the expended time on verification of the state of concrete object of control and probability of appearance in him of disrepair lies in basis of the program. It is adopted the two-staging chart of search optimum: on the first disrepair is searched in composition a block (groups of elements), on the second – a saying no element is determined in the found block.

Verification of blocks on the first stage is produced in order of growth of size

$$A_r = \frac{\tau_r + (1 - \delta_r)T_r}{\rho_r}. \quad (1)$$

On the second stage elements are checked up as far as the increase of index

$$A_{ri} = \frac{\tau_{ri} + (1 - \delta_{ri})R'_{ri}}{\rho_{ri}}, \quad (2)$$

where: τ_r and τ_{ri} is time of verification according to r^{th} block and i^{th} element in r^{th} block;

ρ_r and ρ_{ri} are probabilities of that disrepairs are in i^{th} element of r^{th} block;

δ_r and δ_{ri} are probabilities of correct decisions on determination of perfect state of i^{th} element in r^{th} block;

T_r is time of preparation of device of automatic search of disrepair;

R'_{ri} – time of replacement (repair) of i^{th} element and recheck of block after replacement of element.

Parameters entering in (1) and (2) are determined on the basis of statistical information on exploitation of the modern systems, possibilities of the checking, methods of verifications system, by a network and its elements structure and etc.

At the program of two-staging search (on the first a disrepair is searched in composition a block (groups of elements), on the second – a saying no element is determined in a defective block) not to find out a saying no element belonging to i^{th} block, taking into account repetition factor of verifications it is possible with probability

$$P_i = \left[q_i^{(1)n} + (1 - q_i^{(1)n}) \sum_{k_i} p_{ki} q_{ki}^{(1)n} \right], \quad (3)$$

where p_{ki} is probability of break in k^{th} element of i^{th} block;

$q_i^{(1)m}$ and $q_i^{(1)n}$ are probabilities of errors of 1st mode (omission of break) at inspection of i^{th} block and k^{th} element with m repetition inspection of block and with n repetition inspection of element.

Probability of omission of broken element for all first cycle of verification is equal $P = \sum_{i=1}^N p_i P_i$, where N is number of blocks in inspected system; p_i is probability of breakdown in i^{th} block.

The deciding rule of the program of one-at-time search of disrepair optimum on middle expenses taking into account multiple of verification and errors of 1st mode is determined by the following condition [3]:

$$\frac{p_r q_r^{(1)m} (1 - q_r^{(1)m})}{c_r (1 - p_r)} \geq \frac{p_s q_s^{(1)n} (1 - q_s^{(1)n})}{c_s (1 - p_s)}; \quad s \neq r, \quad (4)$$

where r and s are numbers of the checked blocks up (elements); c_r, c_s – expenses on conducting of the proper verification.

In Table 1 for $p_r=0,3$ и $n=0,4$ the conditional values of probabilities of failures of elements are resulted depending on the results of verification and different values of errors of recognition.

Table 1

Time search	Errors recognitions	Found out the break		Not found out the break	
		p_r^*	p_s^*	p_r^*	p_s^*
$T=20$ sec	$q^{(1)}=0,4$ $q^{(2)}=0,09$	0,74	0,131	0,16	0,48
$T=120$ sec	$q^{(1)}=0,22$ $q^{(2)}=0,065$	0,84	0,093	0,094	0,534

At last we consider the influence of delays in signal and control information on efficiency of search and localization of breaks, overloads and malfunctions in telecommunication networks as objects of control [4]. Typical model of network node as object of control is shown on the Fig. 1. z^{-m}, z^{-k} are the elements of delay which takes place at an exchange by information; in general case of value of delay

of information on the ascending and descending channels of exchange does not coincide ($k \neq m$); z^{-n} it is delay of packet processing in controlled object.

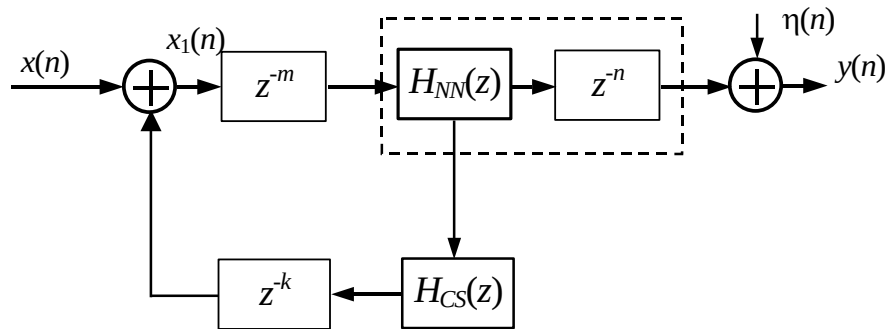


Fig. 1. Typical structure of transfer function of the network node (NN) with control system (CS).

We will write down expression for the transmission function $H_1(z) = x_1(z)/x(z)$ of controlled object with the control system:

$$H_1(z) = \frac{1}{1 - H_{\hat{o}\hat{e}}(z)H_{\hat{n}\hat{o}}(z)z^{-(m+k)}}. \quad (5)$$

The proper expression for the transmission function $H_y(z)$ of the system on the whole has the following kind:

$$H_y(z) = \frac{z^{-n}}{1 - H_{\hat{o}\hat{e}}(z)H_{\hat{n}\hat{o}}(z)z^{-(m+k)}} + \left\{ \frac{[X_1(z)H_{\hat{o}\hat{e}}(z)][X_z^*(z^{-1})H_{\hat{o}\hat{e}}^*(z^{-1})]}{\eta(z)\eta^*(z^{-1})} \right\}^{1/2}. \quad (6)$$

The second element in expression (6) is ratio of root of signal energy to root-mean-square value of external noise.

For the optimum choice of such important description of the control system, as permanent to time of reaction of the guided object, it is necessary constantly to analyse the delays of signalling and control information and tune the parameters of commutation knot under them. It's fully logical to choose time of reaction of the guided object of one order with the mentioned delays.

It is expedient to use the offered models and methods of management by network nodes for development and analysis of methods of control, diagnostics, search of disrepairs in a network.

References

1. A.S.Tanenbaum, Computer Networks, 5th Ed./ Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. – Prentice Hall, Cloth, 2011. – 960 pp.
2. Бестугин А.Р. Контроль и диагностирование телекоммуникационных сетей / А.Р. Бестугин, А.Ф. Богданова, Г.В. Стогов– СПб: Политехника, 2003. – 174 с.
3. Мозгалеvский А.В. Автоматический поиск неисправностей. Под редакцией Мозгалеvского А.В. / А.В. Мозгалеvский, Д.В. Гаспаров, Л.П. Глазунов, В.Д. Ерастов – М.: Машиностроение, 1967, 264 с.
4. Виленкин С.Я. Статистические методы исследования систем автоматического регулирования / С.Я. Виленкин – М: Сов. радио, 1967. – 184 с.

МОНІТОРИНГ МЕРЕЖ IP/MPLS ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОТОКОЛУ NETFLOW ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САСТІ

Штепа В.О., Міщенко В.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: tx7.vic@gmail.com

IP/MPLS networks monitoring using NetFlow protocol and Cacti software

This paper describes configuring NetFlow and Cacti to obtain data link, network and transport layers complex monitoring tool.

Моніторинг мереж є одним із головних способів забезпечення працездатності мереж та дотримання заданої якості обслуговування. Зростання різноманітності трафіку ставить нові вимоги до процесу моніторингу та свідчить про необхідність оновлення систем моніторингу.

Використання NetFlow надає наступні можливості:

для провайдерів:	для підприємств:
– моніторинг трафіку	• моніторинг доступу до Інтернету
– контроль паритету ресурсів	• моніторинг активності користувачів
– аналіз та планування мереж	• моніторинг додатків
– інженерія трафіку	– мережева безпека
– система білінгу та профілювання	
– мережева безпека	

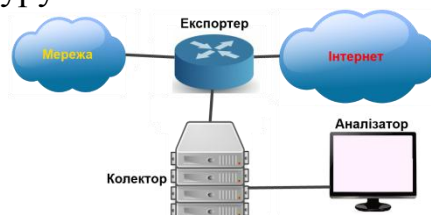
Дана стаття описує економічно малозатратний спосіб оновлення систем моніторингу.

У процесі розв'язку завдання передбачається використовувати ряд допущень:

1) На мережі використовується обладнання Cisco, хоча інші виробники теж підтримують протокол NetFlow або розробили власні аналогічні протоколи;

2) В якості графічного середовища моніторингу використовується Cacti – один із найбільш розповсюджених програмних пакетів;

Розглянемо архітектуру NetFlow:



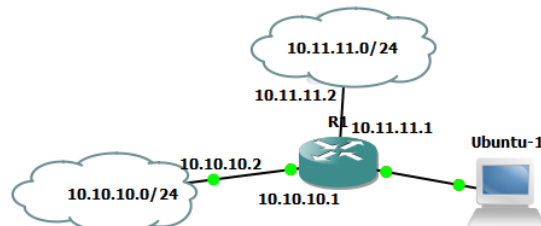
• Експортер. Збирає статистику по трафіку, що через нього проходить та надсилає її на колектор. Зазвичай експортером є маршрутизатор або L3-

комутатор, хоча можлива реалізація за допомогою технології зеркалювання порта на звичайному комутаторі.

- Колектор. Збирає інформацію від експортера та зберігає для подальшого аналізу. Надає можливість агрегації інформації перед її збереженням.

- Аналізатор. Аналізує зібрані колектором дані і формує придатні для читання людиною звіти.

У нашому випадку роль Експортера буде відігравати маршрутизатор Cisco 7200, а колектор та аналізатор будуть розташовані на сервері під керуванням операційної системи Ubuntu.



Адреса серверу – 172.17.17.17.

На маршрутизаторі R1 необхідно впровадити наступні налаштування:

1. *enable* – вхід в привілейований режим;
2. *configure terminal* – вхід до налаштувань терміналу;
3. *ip flow-export destination 172.17.17.17 9999* – задання адреси та порта колектора, куди буде експортуватись інформація про трафік;
4. *ip flow-export version 5* – використання 5-ої версії NetFlow;
5. *interface fa0/0* – вибір інтерфейсу, на якому проводитиметься збір інформації
6. *ip flow ingress* – моніторинг вхідного трафіку;

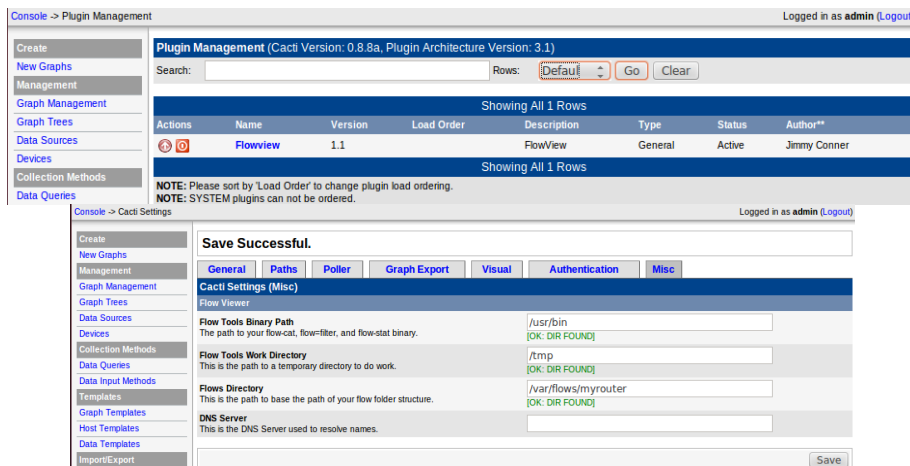
Кроки 1-4 робляться одноразово, кроки 5-6 – відповідно до кількості інтерфейсів, з яких збиратиметься інформація.

Для можливості зберігати на сервері необхідно інсталиувати вільно розповсюджуваний пакет *flow-tools* з репозиторіїв Ubuntu та відповідно його налаштувати за допомогою терміналу:

- `apt-get install flow-tools` – інсталяція пакету
- `cd /etc/flow-tools`
`nano flow-capture.conf` – редагування файлу конфігурації
- `-V 5 -E 15G -w /var/flows/MYROUTER 172.17.17.17/172.17.17.1/9999`
– додавання нашого маршрутизатора в список Експортерів з відповідними налаштуваннями
- `mkdir -p /var/flows/MYROUTER` – створення директорії для зберігання інформації.
- `/etc/init.d/flow-capture start` – запуск пакету.

Варто відмітити, що налаштування можуть частково відрізнятися від приведенного вище в залежності від версії програмних пакетів.

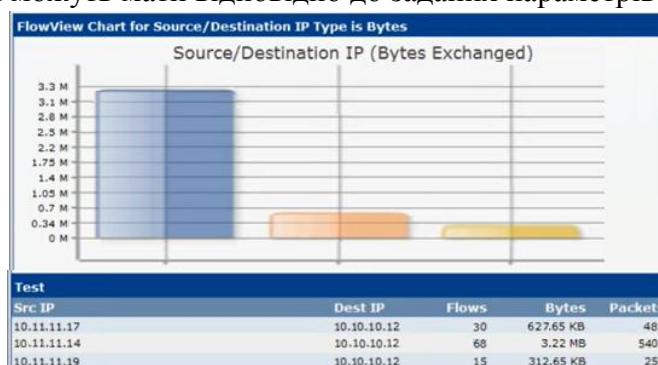
Останнім кроком налаштувань є підключення та конфігурація плагіну Flowview в Cacti:



Всі налаштування завершені. Можна переходити до процесу збору інформації.

У вікні «Filters» задаються необхідні для моніторингу параметри та час за який будуть відображені результати.

Отримані звіти можуть мати відповідно до заданих параметрів наступний вигляд:



Висновки. У роботі були проведенні необхідні налаштування для поєднання функціонування протоколу NetFlow та програмного забезпечення Cacti. Отримані результати надають можливості для детального моніторингу та аналізу мереж IP/MPLS на каналному, мережевому та транспортному рівнях.

Розглянута схема підключення Колектора до Експортера – в межах 1 хопу є оптимальною, проте не завжди можливою в реальних мережах. В таких випадках необхідне детальне планування розташування елементів системи моніторингу для уникнення зайвих навантажень на мережу.

Найбільш розповсюджені версії NetFlow – 5-та й 9-та. Розглянута в роботі 5-та версія є більш простішою в реалізації, проте має менші можливості в порівнянні з 9-ою, в якій додана підтримка шаблонів, які забезпечують значку гнучкість налаштувань та функціонування протоколу NetFlow. В подальших дослідженнях робота з NetFlow v9 є пріоритетнішою.

Література

1. Benoit Claise, Ganesh Sadasivan, Vamsi Valluri, Martin Djernaes, Request for Comments: 3954, October 2004.
2. NetFlow Configuration Guide, Cisco IOS Release 12.4 // Cisco Systems, Inc. 2011.
3. <http://docs.cacti.net/plugin:flowview>.

Секція 3. Інформаційні ресурси і мережі

УДК 621.39

МИКРОВОЛНОВАЯ МУЛЬТИСЕРВИСНАЯ СИСТЕМА АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА UMDS К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ

Ильченко М.Е.

НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ»

E-mail: Ilch@kpi.ua

Нарытник Т.Н., Войтенко А.Г., Свириденко В.Н.

СП «Институт электроники и связи УАИИП»

E-mail:director@mitris.com

MICROWAVE MULTISERVICE SYSTEM OF SUBSCRIBER ACCESS TO INFORMATIVE RESOURCES UMDS OF NETWORK ON BASE OF THIS SYSTEM

The problem of the provision of multi-service radio access to information resources on the territory of Ukraine, including rural areas. A description of the designed on the basis of radio technologies MITRIS microwave telecommunication system multiservice radio access with the use of the frequency range of 11.7-12.5 GHz direct channels and with the use of reverse channel in the frequency range of 12.75-13.25 GHz and 5,70-5,86 GHz. Offered methods and technologies of connection of subscriber terminals to the network, to ensure the minimization of the cost of subscriber equipment at an acceptable quality of service.

Введение. Эволюция современных телекоммуникационных сетей происходит по пути развития широкополосного (высокоскоростного) беспроводного доступа в микроволновом диапазоне [1-2]. Таким образом, широкополосный радиодоступ – это мировая тенденция телекоммуникаций и она актуальна для Украины.

Если территории больших городов в общем покрыты средствами обеспечения доступа (каналы ВОЛС и т.д.), то в сельских районах проблема практически не решена.

Микроволновый диапазон выбран потому, что именно он обеспечивает в условиях острого дефицита радиочастотного ресурса как требуемую пропускную способность, экологическую безопасность, так и меньшие энергозатраты.

В докладе, на основе анализа предложенной структурно-алгоритмической модели зоны обслуживания проанализирован ряд технологий подключения терминалов пользователей к сети доступа, а также описана телекоммуникационная система беспроводного доступа, которая позволяет охватить разными услугами значительную территорию по каналам моделей Гаусса, Райса, Релея.

Главная часть. Услуги предоставления доступа к информационным ресурсам должны предоставляться абонентам, включая расположенных в сельской местности, и в первую очередь к учебным заведениям, дислоцированным в сельской местности, и в целом должны включать у себя:

- доступ к услугам сети Интернет
- доступ к учебной информации (доступ к информационному серверу)
- доступ к информации в телевизионном формате.

Предложенная структурно-алгоритмическая модель зоны обслуживания (ЗО) [3] включает в себя центральную территорию, обычно это районный центр с

городской и пригородной застройкой – ЗО1, и населенные пункты с сельской застройкой - ЗО2.

В зоне ЗО1 данные передаются по каналам моделей Гаусса, Райса и возможные каналы Релея. Размер (радиус) этой зоны достигает до 25км. В этой зоне, как правило, дислоцирован провайдерский узел Интернет. Здесь же желательно размещать центральную станцию системы абонентского доступа.

В зоне ЗО2 данные передаются по каналу Гаусса и в ней размещено подавляющее большинство абонентов.

Для успешного предоставления услуг в зоне обслуживания система беспроводного абонентского доступа должна использовать в ЗО1 многочастотную модуляцию. В ЗО2 может использоваться одночастотная модуляция. Учитывая потребность в значительном размере зоны обслуживания, в расширении этой зоны при экономии частотного ресурса в качестве одночастотной модуляции следует использовать QPSK и каскадное помехоустойчивое кодирование.

На базе симбиоза радиотехнологий многоканального наземного телерадиовещания МИТРИС мультисервисного радиодоступа и широкополосного радиодоступа по стандарту IEEE 802.11 спроектирована гетерогенная микроволновая телерадиоинформационная система мультисервисного радиодоступа **UMDS** с использованием в диапазоне частот 11,7-12,5ГГц прямого канала как в формате DVB-S для предоставления услуг телевизионного вещания, так и в формате Wi-Fi – для передачи информации из сети Интернет в диапазоне частот 12,75-13,25 ГГц, и с использованием в диапазоне частот 5,70-5,86 ГГц обратного канала для запроса абонентами услуг доступа к сети Интернет.

Такое техническое решение позволяет в каждом обслуживаемом секторе подключить до 64 АС с предоставлением каждой станции скорости 150 Мбит/с. Система может строиться в различных конфигурациях, что позволяет обеспечить достаточно плотное покрытие территории.

Микроволновая телерадиоинформационная система мультисервисного радиодоступа UMDS (см. рисунок) включает в себя подсистему телевизионного вещания и подсистему доступа к службам Интернет.

Подсистема телевизионного вещания системы UMDS в условиях прямой видимости **позволяет:**

- Транслировать в зону покрытия в радиусе до 50 км до 160 ТВ программ в SD качестве и стандарте сжатия MPEG-2;
- Транслировать в зону покрытия в радиусе до 50 более 100 ТВ программ в HD качестве и стандарте сжатия MPEG-4;
- Уменьшить мощность излучения передатчика более чем в 1000 раз по сравнению с эфирным вещанием в стандарте DVB-T/T2;
- Обеспечить гибкое наращивание подсистемы от минимальной конфигурации до максимальной;

Архитектура системы

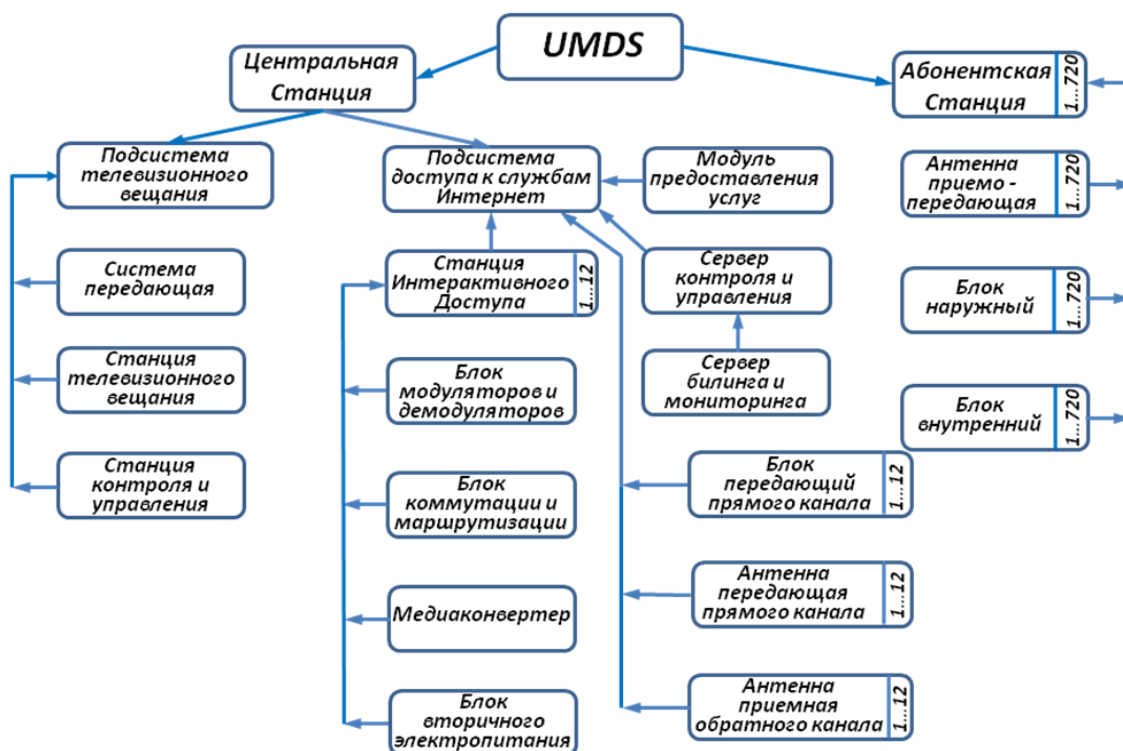


Рисунок. Структурная схемы системы UMDS

Подсистема доступа к службам Интернет системы UMDS позволяет:

- Обеспечить максимальную пропускная способность прямого канала подсистемы ~ 1920 Мб/с;
- Обеспечить максимальную пропускная способность обратного канала подсистемы ~ 960 Мб/с;
- Обеспечить максимальную пропускная способность прямого канала одного сектора подсистемы ~ 160 Мб/с;
- Обеспечить максимальную пропускная способность обратного канала одного сектора подсистемы ~ 80 Мб/с;
- Обеспечить обслуживание в пределах одного сектора подсистемы до 60 абонентских станций (точек доступа);
- Обеспечить радиус зоны покрытия 20...25км в условиях прямой видимости;
- Гибкое наращивание подсистемы от минимальной конфигурации до максимальной.

При построении прямого и обратного каналов ЦС подсистемы доступа к службам Интернет использован метод чередования частот и поляризаций через сектор. В соседних секторах поляризация излучаемых и принимаемых волн чередуются: вертикальная (V) – горизонтальная (H) - вертикальная (V) и т.д. При этом в каждом секторе используются 2 частоты, центральные частоты которых отличаются на 80 МГц. Данный метод позволяет использовать при построении систем всего 4 частоты в прямом и обратном канале. Кроме того, вследствие использования чередования поляризаций, существенно (на 25...30 дБ) снижается влияние помехи со стороны соседнего канала.

Достоинствами спроектированной системы UMDS являются:

1. Интегрированность предоставления услуг доступа в Интернет и обмена данными с телевидением (DVB-S).
2. Легкость в разворачивании;
3. Гибкость построения зон покрытия;
4. Возможность многоэтапного внедрения, несложного масштабирования;
5. Рациональное использование радиочастотного ресурса;
6. Прямой и обратный каналы работают на разных частотах. Скорость передачи данных в прямом канале никак не зависит от загруженности обратного канала, и наоборот;
7. Для исключения коллизий на приемной части Центральной станции (ЦС) организовано временное разделение обратного канала (TDMA) между Абонентскими станциями (АС). АС передают пакеты по очереди, по командам от ЦС. Периодичность и продолжительность работы каждой АС задается динамически.

Доступ в Интернет, обмен данными и некоторые службы ТВ предусматривают наличие в системе обратного канала [4-11]. На использовании технологии семейства Wi-Fi разработано техническое решение [12], позволяющее:

- снизить стоимость абонентского оборудования
- повысить качество обслуживания
- обеспечить минимизацию «мертвых» зон.

Так, снижение стоимости абонентского оборудования заключается в подключении к абонентской станции (АС) множества абонентов, между которыми делится стоимость АС. Если в предложенном ранее решении пользователи подключаются посредством проводной локальной сети, то сейчас предлагается использовать создание беспроводной локальной сети посредством технологии IEEE 802.11.

Такое техническое решение существенно упрощает создание локальной сети, например, в сельской местности, где создание проводной сети часто оказывается невозможным.

Для решения этой задачи предлагается вариант решения путем введения узла доступа Wi-Fi в состав АС, которая входит в состав сети оператора. В этом случае беспроводная мультисервисная сеть выполняет функции опорной сети.

Качество обслуживания предполагает повышение плотности дислокации обслуживаемых пользователей и увеличении предоставляемой абонентам скорости. Это достигается увеличением числа предоставляемых каналов передачи и, соответственно, скорости передачи по каждому каналу.

Минимизация «мертвых» зон реализуется также использованием системы доступа посредством применения технологии 802.11, что позволяет предоставить доступ абонентам в условиях сложного рельефа, сложной застройки и так далее. При этом доступ пользовательских терминалов в сеть, может обеспечиваться как методами, использующими проводные технологии (Ethernet, PLC), так и беспроводные (802.11a/g, 802.1n) [13, 14].

На систему UMDS разработаны технические условия ТУУ 26.3-19123337-018:2013, которые зарегистрированы в Госпотребстандарте Украины. Решением Национальной комиссии по государственному регулированию связи и информатизации от 23.07.2013 №462 центральная и абонентская станции системы UMDS включены в Реестр радиоэлектронных средств, которые могут быть применены на территории Украины в полосах радиочастот общего пользования. С

Министерством коммуникаций Судана подписан меморандум о построении в Судане Национальной телерадиоинформационной сети на базе системы UMDS.

Заключение. Предложенные технические решения позволяют покрыть территорию Украины основными услугами передачи данных и цифрового телевидения. Система может выполняться в разных конфигурациях в зависимости от востребованных услуг в конкретном регионе.

В дальнейшем, достигнутые и представленные в работе результаты, могут быть использованы при создании высокоразвитой информационно-телекоммуникационной инфраструктуры как одного из элементов системы Государственного управления.

Конкурентоспособность системы, которая подтверждена патентами Украины на изобретения, полезные модели и зарубежными патентами на изобретения, а также соответствие международным стандартам и соответствие используемого радиочастотного ресурса Международной таблице распределения частот, позволяет ее внедрения за рубежом на условиях лицензионных условий, создание совместных предприятий и т.д.

Литература

1. М.Ю. Ильченко, С.О. Кравчук. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. -К.: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2009.-312с.
2. М.Е.Ильченко, Т.Н.Нарытник. Микроволновые телекоммуникационные технологии и биологическая безопасность. Наука и культура, №35, 2010.-с.17-29.
3. Спосіб розширення зони обслуговування безпроводової системи доступу до інформаційних ресурсів з одночастотною модуляцією. Патент України на корисну модель №59212, дата публікації 10.05.2011, Бюл.№9.
4. Микроволновая интегрированная телерадиоинформационная система МИТРИС-К. Патент Украины на изобретение №50877 от 15.11.2002р. с приоритетом от 30.11.2000р.,
5. Микроволновая интегрирована телерадиоинформационная система МИТРИС-ИНТ. Декларационный патент Украины №51495А с приоритетом от 12.04.2002р.
6. Нарытник Т.Н., Сайко В.А., Булгач В.Л., Казимиренко В.Я. Интерактивная система беспроводного доступа к информационным ресурсам //З'вязок.-№2.(94).-2011.-С.32-36.
7. Казимиренко В.Я., Нарытник Т.Н. Система беспроводного доступа к информационным ресурсам// 4-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2011. Сборник научных трудов.- Том II. Международная информация «Телекоммуникационные системы и технологии».-Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ.-2011.-с.229-232.
8. Ильченко М.Ю., Нарытник Т.М.. Етапи еволюційного розвитку системи МИТРИС та концепція побудови мікрохвильової інтегрованої телерадіоінформаційної системи мультисервісного радіо доступу UMDS. //Науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» збірник тез. К.:НТУУ «КПІ», 2012.-с.40-43.
9. Ильченко М.Е.,Нарытник Т.Н. Направления создания телекоммуникационных систем мультисервисного доступа с использованием радиотехнологии МИТРИС // Материалы 22-ой Международной Крымской конференции КрыМиКо'2012.-С.289-291.
10. Ксьонзенко П.Я., Нарытник Т.М., Химич П.В. Особливості побудови міських мереж передачі даних на базі технології МИТРИС/ Наукові вісті НТУУ "КПІ".-2011.-№6.-С.16-29.
11. Универсальная мультимедийная дистрибутивная система UMDS - 30. Патент Украины на корисну модель №17376 от 15.09.2006 с приоритетом от 12.04.2006 г.

О ПРЕДСТАВЛЕНИИ СВОЙСТВ МОНОТОННЫХ СИСТЕМ СТРУКТУРНЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Зайченко Ю.П., Васильев В.И., Виштал Д.М.

Факультет прикладной математики НТУУ «КПИ»

E-mail: d.vishtal@kpi.ua

About presentation of properties of monotonous systems by structural functions

Questions of presentation of properties of monotonous systems of the big dimension with complex structural organization by corresponding structural functions are considered

Для автоматизированного решения задач структурно-параметрического анализа коммуникационных сетей требуется разработка соответствующего математического, алгоритмического и программного обеспечения. Первая проблема, требующая решения – это проблема представления свойств соответствующими структурными функциями.

Структурно-параметрический анализ надежностных свойств коммуникационной сети на всех этапах ее жизненного цикла – проектирования, создания, эксплуатации и развития, предполагает установление зависимости ее вероятностно-временных характеристик от соответствующих характеристик ее элементов, структурной организации сети и критерия работоспособности сети.

Пусть $G(Y;X)$ – связный граф, представляющий структурную организацию сети, где

$Y=[y_1, \dots, y_m]$ – множество вершин (узлов сети);

$X=[x_1, \dots, x_n]$ – множество ребер (дуг).

С целью упрощения узлы сети считаются абсолютно надежными.

Состояние ребер (дуг) задается индикаторами

$$x_k(t) = \begin{cases} 1, & \text{если в момент } t \text{ элемент } x_k \text{ работоспособен;} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Каждому k -му ребру x_k поставим в соответствие альтернирующий случайный процесс восстановления (Θ_k, ξ_k) , $k=\overline{1, n}$, где Θ_k – случайное время работоспособности k -го элемента, а ξ_k – случайное время восстановления k -го элемента. Граф может быть неориентированным, частично или полностью ориентированным. В качестве простейшей модели коммуникационной сети, представляющей эволюцию ее структуры во времени, рассматривается стохастический граф.

Интерес представляют вероятностно-временные характеристики сети относительно заданного свойства (отношения) Q на множестве элементов графа.

Например, граф обладает свойством $(s-t)$ связности, если между узлами s и t существует, по крайней мере, один простой путь. Граф обладает свойством связности, если существует, по крайней мере, одно остоное дерево. Граф обладает свойством двусвязности, если между каждой парой узлов существует, по крайней мере, один простой цикл. Наконец, свойство может задаваться сценарием допустимых связей между узлами при ограничениях на длину путей, циклов и т.п.

Разумно заданные свойства образуют некоторую алгебраическую структуру. Если некоторое свойство Q имеет структурную интерпретацию, то его можно представить соответствующей структурной функцией. Основанием такого представления служат законы Буля [1-3]. Первый из законов отвечает на вопрос, когда свойства образуют булеву алгебру?

I закон Буля: Пусть свойства обозначены буквами, слова "и", "или", "не" символами " $\wedge$ ", " $\vee$ ", " $\neg$ ", а высказывание "из x следует y " – как $[x] \subseteq [y]$. Тогда свойства образуют булеву алгебру.

II закон Буля: Соответствие $x \rightarrow [x]$ между свойством и классом объектов, обладающих данным свойством, является изоморфизмом между булевой алгеброй свойств и булевой алгеброй классов:

$$x \wedge y = [x] \wedge [y]; \quad x \vee y = [x] \vee [y]; \quad x' = [x]'$$

В силу этих законов многие задачи комбинаторной логики свойств и классов могут быть решены алгебраическим путем. Так как булевы алгебры (булевы решетки) суть частично упорядоченные множества, то этим обстоятельством можно воспользоваться при представлении свойства соответствующей структурной функцией. Множество всех подграфов графа с отношением включения имеет структуру дистрибутивной решетки и так как в этой решетке каждый элемент имеет дополнение, то это по определению булева решетка. Чтобы воспользоваться порядковыми соображениями для нахождения минимальной по литералам [2] структурной функции, соответствующей свойству Q, требуется, в зависимости от того что проще, либо находить полное семейство минимальных подграфов, обладающих свойством Q (это будет семейство минимальных трансверселей свойства Q) или находить полное семейство максимальных подграфов, не обладающих свойством Q. В дальнейшем отрицание свойства Q обозначим как Q'. Кольцевая сумма графа сети с каждым максимальным подграфом - носителем свойства Q', дает полное [10-11] семейство минимальных трансверселей, двойственных по отношению к семейству минимальных трансверселей свойства Q.

Подграф графа по отношению к свойству Q называется минимальным, если он обладает свойством Q и не содержит собственного подграфа, обладающего этим свойством.

Подграф графа по отношению к свойству Q' называется максимальным, если он обладает свойством Q' и не является собственным подграфом никакого другого подграфа, обладающего этим свойством.

Аналогичным образом задаются понятия минимального и максимального подмножества некоторого множества относительно заданного на этом множестве свойства. Интуитивно ясно, что эти два двойственных семейства минимальных трансверселей соответствуют двум двойственным по отношению друг к другу структурным функциям, а их минимальные трансверсали суть простые импликанты соответствующих структурных функций. Сказанное может быть резюмировано простым, но важным, утверждением.

Теорема. В любой дистрибутивной решетке, каждая структурная функция представима в виде $\bigvee_{\{f_i\} \in I} \left(\bigwedge_{k_i \in \{f_i\}} x_{k_i} \right) = \varphi(x_1, \dots, x_n) = \bigwedge_{\{\psi_j\} \in J} \left(\bigvee_{r_j \in \{\psi_j\}} x_{r_j} \right)$, где:

$I = \{\{f_1\} \dots \{f_k\}\}$ – семейство минимальных трансверселей, ассоциированных с заданным свойством Q.

$\{f_i\}$ – множество индексов элементов (переменных), образующих минимальный подграф, обладающий свойством Q, или просто минимальный носитель свойства.

$J = \{\{\psi_1\} \dots \{\psi_r\}\}$ – семейство двойственных минимальных трансверселей, ассоциированных с заданным свойством Q.

$\{\psi_j\}$ – множество индексов элементов (переменных), представляющих двойственную минимальную j-ю трансверсаль, ассоциированную со свойством Q.

Операции $\wedge$, $\vee$ трактуются соответственно как min, max.

Замечание 1. Утверждение теоремы о представлении структурной функции верно для любых неотрицательных переменных, как дискретных так и непрерывных, что позволяет определять “время жизни” сети относительно заданного свойства Q, если заданы “времена жизни” элементов.

Замечание 2. Так как бинарные решеточные операции $\wedge$, $\vee$ изотонны, то и представляемая с их помощью структурная функция изотонна. В работе [4] системы, свойства которых представимы изотонной структурной функцией, называются

монотонными системами. В отличие от работы [4], мы не отождествляем структурную функцию с понятием монотонной системы, так как для одного и того же графа сети можно рассматривать разные структурные функции.

Замечание 3. В качестве критерия работоспособности сети можно рассматривать любой элемент булевой алгебры свойств или соответствующей ей булевой алгебры формул. Чтобы найти компактное представление соответствующего свойства структурной функцией минимальной [2] по литералам, требуется находить хотя бы одно из двойственных семейств минимальных трансверселей в зависимости от того, что менее трудоемко. Так как эти задачи, как и почти все задачи на графах, относятся к классу так называемых “трудновычислимых задач”, то с помощью теоремы можно получать оценки структурно-параметрических характеристик больших сетей, имея неполные наборы двойственных семейств [5] минимальных трансверселей “снизу” и “сверху”. Из теоремы почти непосредственно с учетом структурной коррелированности переменных следуют все известные в литературе оценки-неравенства для коэффициента готовности систем с независимо функционирующими элементами.

Заключение. Для автоматизации решения задач структурно-параметрического анализа надежности коммуникационных сетей (монотонных систем) требуется программное обеспечение для нахождения семейств минимальных носителей свойства. В качестве таковых могут выступать, в зависимости от свойства (отношения) заданного на структуре графа, произвольные графовые конфигурации, например, деревья, остовы, циклы, разрезающие множества графа, а не только (s-t)-пути и (s-t)-сечения. Разработанный в теории надежности релейно-контактных схем [6-8] метод оценки вероятности правильного срабатывания схем на “замыкание”, “размыкание” при отказах типа “обрыв” и “короткое замыкание” и получивший название метод минимальных путей и минимальных сечений [9] применительно к коммуникационным сетям таким образом обобщается.

Литература

1. Г. Биркгоф. Теория решеток - М.: Наука, 1984.
2. Г. Биркгоф, Т. Барти «Современная прикладная алгебра» М.: «Мир» 1976 г.
3. Р. Сикорский. Булевы алгебры. - М.: Мир - 1969.- 375 с.
4. Р. Барлоу, Ф. Прошан “Статистическая теория надежности и испытания на безотказность” М., “Наука”, 1984 г. – 327 с.
5. Зайченко Ю.П., Васильев В.И., Вишталь Д.М., Гвоздев В.С. “Булев метод исследования структурных свойств сети связи в классе бинарных стохастических моделей”. Матеріали Четвертої Міжнародної науково-технічної конференції і Другої студентської науково-технічної конференції “Проблеми телекомунікацій” (20-23 квітня 2010 р., м.Київ, Україна).- 2010 с. 55.
6. Е. Мур, К. Шеннон. «Надежные схемы из ненадежных реле» М.: «ИЛ» 1963г (русский перевод).
7. Birnbaum Z., Esary Y., Saunders S. “Multicomponent systems and structures and their reliability” – Econometrics, 1961, vol. 3 #1.
8. Дж. Фон Нейман «Вероятностная логика» Calif.: Inst. Technol. 1952г (русский перевод).
9. В.Л. Волкович, А.Ф. Волошин, В.А. Заславский, И.А. Ушаков . Модели и методы оптимизации надежности сложных систем. Киев. Наукова думка. 1993 г. - 311 с.
10. Васильев В.И., Вишталь Д.М., Гвоздев В.С., Галушко М.Е. “Детерминированные и вероятностные свойства монотонных бинарных структур в задачах анализа надежности сетей связи”. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції “Системний аналіз та інформаційні технології” (25 -29 травня 2010 р., м.Київ, Україна).- 2010, с.57.
11. Васильев В.И., Вишталь Д.М., Гвоздев В.С. “Точные и интервальные оценки вероятности связности сетевых структур”. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції “Системний аналіз та інформаційні технології” (23 -28 травня 2011 р., м.Київ, Україна).- 2011, с.66.

ИЕРАРХИЧЕСКИЙ МЕТОД МАРШРУТИЗАЦИИ ЗАПРОСОВ В ГИБРИДНЫХ СЕТЯХ ДОСТАВКИ КОНТЕНТА С ГАРАНТИРОВАННЫМ КАЧЕСТВОМ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Евсеева О.Ю., Мохаммед Б. Кадер

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина,
E-mail: evseeva.o.yu@gmail.com

Hierarchical method for request routing in hybrid content delivery networks with guaranteed quality of service

A hierarchical method on request routing in hybrid content delivery network that integrates P2P and CDN architectures is offered. The method is based on a flow mathematical model which allows ensuring quality of service requirements and solving request routing problem in optimal way.

Гибридные сети доставки контента (Hybrid Content Delivery Network, HCDN), создаваемые поверх транспортной инфраструктуры Internet, призваны обеспечить, эффективное хранение и доставку пользователям практически любого типа контента. Как правило, они строятся путем интеграции двух типов сетей: традиционных сетей доставки контента (Content Delivery Network, CDN) и пиринговых (одноранговых) сетей (Peer-to-Peer, P2P) (рис.1). В рамках гибридной сети пользователь может загрузить контент с сервера CDN, с выполняющих роль серверов хостов P2P или использовать оба типа источника. В результате HCDN демонстрируют высокую масштабируемость, возможность обеспечения гарантий относительно качества обслуживания, контролируемость и управляемость процесса хранения и доставки контента [1, 2].

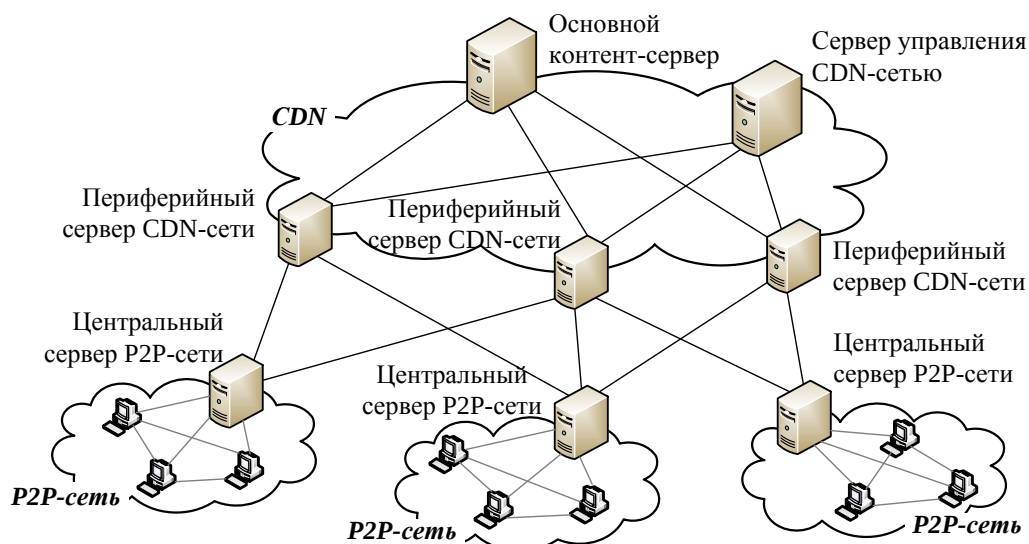


Рис. 1. Принцип построения гибридной сети доставки контента

Усложнение сетевой архитектуры неизменно сопряжено с усложнением системы управления, как с точки зрения технической эксплуатации, так и точки зрения протоколов управления трафиком (размещение контента,

маршрутизация запросов и пр.). С переходом к гибридным сетям HCDN к их системам управления выдвигаются следующие требования:

- поскольку архитектура HCDN носит четко выраженный иерархический характер, ее система управления так же должна быть иерархической, т.е. сочетать в себе централизованный, основанный на информации о глобальном состоянии подход, используемый в CDN, и принципы локального, децентрализованного управления, реализуемого в P2P;

- с целью предоставления услуг гарантированного качества (Quality of Service, QoS) управление запросами в HCDN, включая выбор сервера или совокупности серверов и непосредственно доставку контента, должно осуществляться исходя из типа услуги и запрашиваемого качества ее предоставления;

- с целью организации эффективного использования всех типов ресурсов распределение нагрузки между CDN и P2P-сетями, а также использования ресурсов внутри каждой из них должно быть сбалансированным;

- поскольку сети доставки контента по своей сути являются оверлейными сетями, в процессе принятия управляющего решения необходимо учитывать состояние нижележащей инфраструктуры, т.е. управление вычислительными ресурсами серверов CDN и P2P должно быть скоординировано с распределением канальных и буферных ресурсов телекоммуникационной сети (ТКС), обеспечивающей транспортные функции по доставке контента.

В соответствии с перечисленными требованиями был предложен иерархический метод маршрутизации запросов в HCDN. Метод ориентирован на сети с интеграцией технологий CDN и P2P по принципу CAP (CDN-aided P2P), где основная роль отводится P2P-сети. P2P-сеть дополняется CDN-серверами, которые будут задействованы только в том случае, если запрашиваемый контент не может быть предоставлен P2P-сетью. В рамках метода предполагается два уровня, где нижний уровень связан с управлением запросами в пределах P2P-подсетей, а верхний отвечает за распределение запросов между серверами CDN (рис.1). Т.е. на сервера CDN поступают запросы не отдельных пользователей, а агрегированные запросы от P2P-подсетей.

С целью выработки оптимальной стратегии маршрутизации запросов к серверам CDN была разработана потоковая математическая модель, в рамках которой маршрутизация трактуется как распределение доступных канальных и вычислительных ресурсов между поступающими на обслуживание запросами. Модель подробно изложена в работе [3]. В качестве управляющих выступают переменные двух типов: одни связаны с использованием сервера в качестве источника контента, а другие указывают на долю трафика, передаваемого по трактам передачи нижележащей ТКС. Введение переменных первого типа связано отсутствием четко заданного источника трафика (источника контента) в CDN и необходимостью его выбора, причем в общем случае, поскольку речь идет об агрегированных запросах, целесообразно принимать в рассмотрение одновременно несколько источников. Переменные второго типа сопряжены с процессом маршрутизации трафика в ТКС от сервера CDN до сервера P2P. На переменные управления накладывается ряд ограничений, обусловленные их

физическим смыслом и ограниченностью сетевых ресурсов. С целью доставки контента с гарантированным качеством обслуживания в модель введены дополнительные QoS-условия, синтезированные в ходе тензорного описания ТКС и гарантирующие доставку в рамках требуемых значений скорости и задержки передачи. В целом разработанная математическая модель позволяет формализовать задачу маршрутизации запросов в CDN как оптимизационную, при этом обеспечивает гарантированное качество обслуживания, сбалансированную загрузку контент-серверов CDN и маршрутизаторов сети за счет многопутевой маршрутизации в транспортной телекоммуникационной сети.

Разработанная математическая модель положена основу иерархического метода маршрутизации запросов в HCDN, который предполагает следующие шаги. На нижнем уровне управления на основании оценки текущего состояния сети (в первую очередь числа активных пиров) и анализа поступающих запросов сервер управления P2P-сетью принимает решение о возможности обслужить данный запрос без обращения к внешним серверам CDN. Если числа активных пиров с запрашиваемым контентом недостаточно для загрузки с требуемыми показателями QoS, P2P-сервер направляет запрос к основному CDN-серверу (центр управления верхнего уровня). После выполнения процедур авторизации и аутентификации в случае положительного решения основной сервер передает запрос на сервер CDN-провайдера для дальнейшего обслуживания. Сервер CDN-провайдера принимает решение о маршрутизации запроса на один или несколько зеркалирующих серверов. Это решение формируется в ходе решения описанной выше оптимизационной задачи, заключающейся, во-первых, в выборе одного или нескольких серверов в качестве источников контента, во-вторых, в расчете маршрутов доставки контента сначала к P2P-серверу, а потом к конечному пользователю.

Выводы. Таким образом, предлагаемая модель и синтезированный на ее основе иерархический метод маршрутизации запросов в HCDN позволяет сформулировать данную задачу как оптимизационную; скоординировать в ее рамках решение задач управления вычислительными ресурсами CDN и канальными ресурсами ТКС, заключающиеся в выборе контент-сервера и маршрутов его доставки; обеспечить гарантированное качество обслуживания по скоростным и временным показателям сетевого уровня; достичь высокой эффективности использования сетевых и вычислительных ресурсов за счет многопутевого способа маршрутизации и перераспределения запросов между серверами CDN.

Литература

1. ZhiHui Lu, Ye Wang, Yang Richard Yang An Analysis and Comparison of CDN-P2P-hybrid Content Delivery System and Model // Journal of Communications. – 2012. – Vol. 7, N. 3. – P. 232 – 245.
2. Efficient large-scale content distribution with combination of CDN and P2P networks // International Journal of Hybrid Infomational technology. – 2009. – Vol.2, N.2. – P. 13 – 24.
3. Евсеева О.Ю., Кадер М.Б. Математическая модель управления ресурсами гибридной сети доставки контента с гарантированным качеством обслуживания // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2013. – Вып. 175. – С. 00 – 00.

ОЦІНКА ЗАЛЕЖНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ВІД ВХІДНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СЕРВЕРІ МОБІЛЬНОГО ОПЕРАТОРА

Заставенко А.А., Скулиш М.А., Яндович І.Є.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: mb_s@ukr.net

Estimation of dependence resource use on the input load on the servers of mobile operators

A system for monitoring the workload of servers, determine the level of resources used in the current time of day services, accounting for different types of services and stages of their service

Проблеми обслуговування абонентів сервером мобільного зв'язку пов'язані з великою кількістю різнорідних абонентських заявок, які обслуговуються одночасно, нерівномірністю вхідного потоку та неоднорідністю використання ресурсів серверу при забезпеченні обслуговування кожної заявки. Тому питання оцінки залежності використання ресурсів від кількості заявок на обслуговування які надходять до головного серверу оператора мобільного зв'язку – є актуальною задачею.

Обслуговування кожної заявки на сервері складається з виконання набору операцій, які виконуються у заданій послідовності, послідовність операцій розділяється на етапи. Логічно завершений етап називатимемо функціональним блоком (ФБ).

Для обслуговування абонентських заявок у ФБ застосовуються ресурси, такі як оперативна пам'ять, процесорний час, мережевий ресурс (зайнятість каналу сигнальним трафіком), об'єм постійної пам'яті на дисках. Обслуговування кожної заявки у заданому ФБ, потребує заданого об'єму ресурсу. Відомо протягом якого часу використовується кожний з ресурсів при обслуговуванні у заданому ФБ. Якщо ресурс зайнятий, тоді заявка очікує звільнення ресурсу. Таким чином, виникають затримки в обслуговуванні, які ведуть за собою втрату успішно обслужених заявок. Саме тому система моніторингу використання ресурсів різними типами сервісу побудована з урахуванням особливостей етапів обслуговування заявок на сервері оператору мобільного зв'язку буде корисною при організації системи керування трафіком.

Завдання: знайти скільки заявок заданого типу сервісу може бути обслуговано додатково при наявному ресурсі системи, якщо відомо скільки ресурсу використовує одна заявка заданого типу сервісу на кожному з етапів обслуговування (ФБ), час обслуговування заявки у ФБ, тривалість використання ресурсу у відповідному ФБ.

Припустимо, що заявки на обслуговування рівномірно надходять до системи. Процес обслуговування однієї заявки включає в себе перебування (обслуговування) заявки в одному з n функціональних блоків, для обслуговування використовується G типів ресурсів. Нехай на обслуговування поступають заявки від m типів сервісів. Відома статистика часу перебування заявки i -го типу сервісу ($i = \overline{1, m}$) в j -му функціональному блоці ($j = \overline{1, n}$). Необхідно знайти розподіл заявок між функціональними блоками та за типами сервісів, які обслуговуються в системі у поточний момент часу.

Визначимо матрицю $T = \{t_{ij}\}$, кожний елемент якої відповідає математичному очікуванню часу перебування заявки i -го типу ($i = \overline{1, m}$) в j -му функціональному блоці ($j = \overline{1, n}$), що розраховується за допомогою методу моментів, метод розрахунку винесений у окремий підпункт статті.

Визначимо матрицю $V^{sg} = \{v_{ij}^{sg}\}$, кожний елемент v_{ij}^{sg} якої відповідає об'єму ресурсу g -го типу який використовується при обслуговуванні заявки i -го типу ($i = \overline{1, m}$) в j -му функціональному блоці ($j = \overline{1, n}$). Тоді сумарна кількість ресурсу g -го типу ($g = \overline{1, G}$), що займається i -м сервісом у поточний момент часу визначається за формулою

$$v_i^{sg} = \sum_{j=1}^n k_{ij} v_{ij}^{sg} \quad (1)$$

де k_{ij} – кількість заявок i -го типу, що обслуговуються у поточний момент часу у j -му функціональному блоці;

v_i^{sg} - об'єм ресурсу g -го типу, який займається заявками i -го типу сервісу у поточний момент часу.

Припущення про рівномірний вхідний потік є суттєвим для моделі. В реальних системах вхідний потік заявок від сервісів може бути описаний за допомогою закону Пуассона. У даній роботі будемо користуватися припущенням про рівномірний вхідний потік протягом оцінюваного інтервали часу.

Для визначення

Таким чином, задачу аналізу завантаженості ресурсів серверу треба вирішити у два підходи:

1. Провести аналіз використання ресурсів системи за умови, що відомо скільки заявок та якого типу сервісу надходило до системи у кожний період часу, що дозволяє побудувати систему моніторингу, яка визначить поточні проблеми щодо використання ресурсів системи.

2. Провести аналіз використання ресурсів системи протягом тривалого часу, для чого потрібно проаналізувати вибірки великого об'єму для визначення «вузьких місць» у системі. Така задача буде розглянута у подальших роботах.

З метою оцінки об'єму ресурсу, що використовується заявкою вибраного типу трафіку, у поточний момент часу, необхідно врахувати кількість заявок, які надійшли у систему та у поточний момент часу обслуговуються в одному з функціональних блоків. Заявки надходять в систему безперервно, однак припустимо, що система моніторингу знімає

показники кількості заявок, що надійшли, через заданий малий інтервал часу Δt (наприклад, $\Delta t = 1 \text{мс}$).

Кількість заявок i -го типу сервісу визначається за номером заявки, залежить від моменту часу для якого проводиться вимірювання, позначається $k_i(t_l), l = \overline{0, \infty}, t_{l+1} = t_l + \Delta t$. Позначимо множину даних системи моніторингу про кількість заявок i -го типу, що надійшли через TS_i .

Графік розподілу завантаженості ресурсів різними сервісами може бути побудований на основі формули (1) і t_0 – мітка поточного часу, K - кількість заявок заданого типу сервісу, яка обслуговується на сервері відповідним ресурсом у поточний момент часу.

Вхідні дані:

1. Статистичні дані про кількість заявок i -го типу ($i = \overline{1, m}$), які надійшли на обслуговування в систему в заданих інтервалах часу, записані в множество TS , яке складається з

2. Матриця T відповідає середньому часу перебування заявки в функціональному блоці.

Принцип розв'язку задачі.

Для кожного типу сервісу створюється матриця статистики (TS_i) кількості надходжень заявок від абонентів за одиничний інтервал часу. Матриця $TS_i = \{\overline{k_i(t)}, \vec{t}\}$ об'єднує два вектори стовпці $\overline{k_i(t)}$ – вектор кількості заявок, що надійшли у момент часу t , $\vec{t}$ – вектор відповідних моментів часу для яких проводилися вимірювання.

Залежно від часу перебування сервісу у відповідному функціональному блоці (дані з матриці T) з матриці статистики TS відбирається сумарна кількість заявок i -го типу $k_{ij}(t_{pr})$, які надійшли у відповідний інтервал часу та обслуговуються у поточний момент в j -му функціональному блоці (див. приклад).

Тоді загальна кількість об'єму g -го ресурсу, що займається у поточний момент часу i -м сервісом може бути визначена за формулою:

$$v_i^{sg} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^{sg} k_{ij}(t_{pr}), \quad (2)$$

$$k_{ij}(t_{pr}) = \sum_{t=t_{pr}-t_{\Sigma ij}}^{t_{pr}-t_{\Sigma ij}} k_i(t) \quad (3)$$

де $k_{ij}(t_{pr})$ – кількість заявок i -го типу сервісу, які обслуговуються у j -му функціональному блоці, оскільки надійшли протягом періоду часу t_{ij} , який почався у $(t_{pr} - (t_{i1} + \dots + t_{ij}))$ та закінчився у $(t_{pr} - (t_{i1} + t_{i2} + \dots + t_{ij-1}))$;

t_{pr} – поточний час для якого здійснюється оцінка завантаженості ресурсів серверу;

$t_{\Sigma ij} = \sum_{s=1}^j t_{is} = t_{i1} + t_{i2} + \dots + t_{ij}$ – сумарний час, який заявка i -го сервісу перебувала на обслуговуванні на сервері з першого по j -й функціональний блок, t_{is} – елементи матриці $T = \{t_{ij}\}_{i=\overline{1, m} \ j=\overline{1, n}}$.

$t_{\Sigma i(j-1)} = \sum_{s=1}^{j-1} t_{is} = t_{i1} + t_{i2} + \dots + t_{ij-1}$ – сумарний час, який заявка і-го сервісу перебувала на обслуговуванні у на сервері з першого по (j-1)-й функціональний блок.

Попередні розрахунки

1. Збір статистичних даних про тривалість використання ресурсу g-го типу при обслуговуванні і-го типу сервісу у j-му функціональному блоці (τ_{ij}^{sg}) залежно від кількості заявок, які розділяють використання ресурсу.

2. Збір статистичних даних та розрахунок матриць $T = \{t_{ij}\}_{i=\overline{1,m}, j=\overline{1,n}}$

математичного очікування часу обслуговування заявок заданого типу у функціональних блоках системи. Такі матриці розраховуються для кожного періоду часу з відомою щільністю вхідного потоку

Поточні операції

3. Запис матриці TS статистики кількості заявок, що надходять на обслуговування у одиницю часу.

4. Розрахунок об'єму g-го ресурсу, що використовується за формулою

$$v_i^{sg} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^{sg} \frac{f_{ij}^{sg}(k_{ij})}{t_{ij}} k_{ij}(t_{pr}),$$

де $k_{ij}(t_{pr})$ розраховується за формулою (3) на основі матриці TS, та показує кількість заявок і-го типу, що обслуговуються у j-му ФБ у поточний момент часу;

v_{ij}^{sg} – об'єм g-го ресурсу, який потрібен для обслуговування заявки і-го сервісу у j-му функціональному блоці.

5. Виведення результатів на екран для кожного g-го ресурсу.

Висновки. В доповіді розглянуто для системи моніторингу завантаженості серверів визначення обсягу ресурсу, який використовується у поточний момент часу кожним з сервісів, яке враховує особливості різних типів сервісів та етапів їх обслуговування, застосування якого дозволить визначити запас ресурсів для забезпечення обробки додаткової кількості заявок вибраного типу сервісу.

Література

1. Пилипенко А.Ю., Чердынцева В.Ф. «Метод уменьшения нагрузки на биллинговую систему в режиме критического состояния» // Материалы 23-й Международной Крымской конференции “СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” (КрыМиКо’2013). – г. Севастополь. – 2013.

ПЕРЕДАЧА ГОЛОСА В СЕТИ LTE

Жолдасулы М., Нурбаев С.

Национальный технический университет Украины «КПИ»

E-mail: manas07@list.ru

Voice transmission in LTE

Voice transmission has been designed by special software. The results and figures gives us appropriate decisions.

Сети LTE предназначены для передачи пакетной информации, голоса в этой сети нет в том смысле, в котором мы это понимаем на примере традиционных сетей GSM/UMTS. Но, есть возможность это изменить. В настоящий момент ведется тестирование и настройка технологии CSFB, которая использует существующий сейчас, традиционный CS (Circuit switching) домен сетей 2G/3G. Это делается потому, что оригинальная технология передачи голоса в LTE — VoLTE (Voice over LTE), где голос передается уже по IP-сети, используя средства LTE без задействования сетей прошлых поколений, зависима от очень многих решений и разрешений государственного уровня. Но при таком раскладе без обратной совместимости с более старыми технологиями внедрение LTE окажется мероприятием весьма и весьма сомнительным. Никто не готов к резкому переходу на новые телефоны, новую технологию [1].

CSFB (Circuit Switched FallBack) - это возможность организовывать звонки с LTE-устройств и на них через стандартные мобильные сети с коммутацией каналов. Таким образом, переход будет плавным: покупая телефон LTE, абоненту не нужно беспокоиться, как будут проходить звонки и будут ли вообще. Выбранная технология имеет важный недостаток — задержка перед установлением голосового соединения. Именно величина задержки и возможные факторы, влияющие на нее, экспериментально исследуется в работе [2].

Эксперимент заключался в измерении времени установления голосового соединения между абонентским терминалом, подключенным к сети LTE и абонентским терминалом, подключенным к сети предыдущего поколения (GSM, UMTS).

При проведении эксперимента использовалась имитационная модель, в основе которой лежало программное обеспечение «HUAWEI Local

Maintenance Terminal». Данная программа позволяет ставить на трассировку каналы сигнализации. Таким образом, полностью отслеживается процедура установления голосового соединения [3].

Благодаря трассировке, были получены данные о последовательности обмена сигнальными сообщениями между элементами сетей (call flow) для установления голосового соединения, с точным указанием времени каждого действия. И уже, с помощью этих данных было рассчитано время установления голосового вызова.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты измерения времени установления исходящего/входящего голосового вызова в зависимости от того, в какую сеть происходит переключение (UMTS/GSM).

На основании данных таблиц 1 и 2 были построены гистограммы зависимостей времени установления голосового соединения от того, на какую сеть происходит переключение вызова. Это время так же зависит от направления вызова (исходящий, входящий). Поэтому рассматриваются они по отдельности.

Таблица 1. Результаты расчета времени установления исходящего вызова

Тип сети	UMTS	GSM
Обычный вызов	4000 мс	3900 мс
Вызов с CSFB	6530 мс	6460 мс

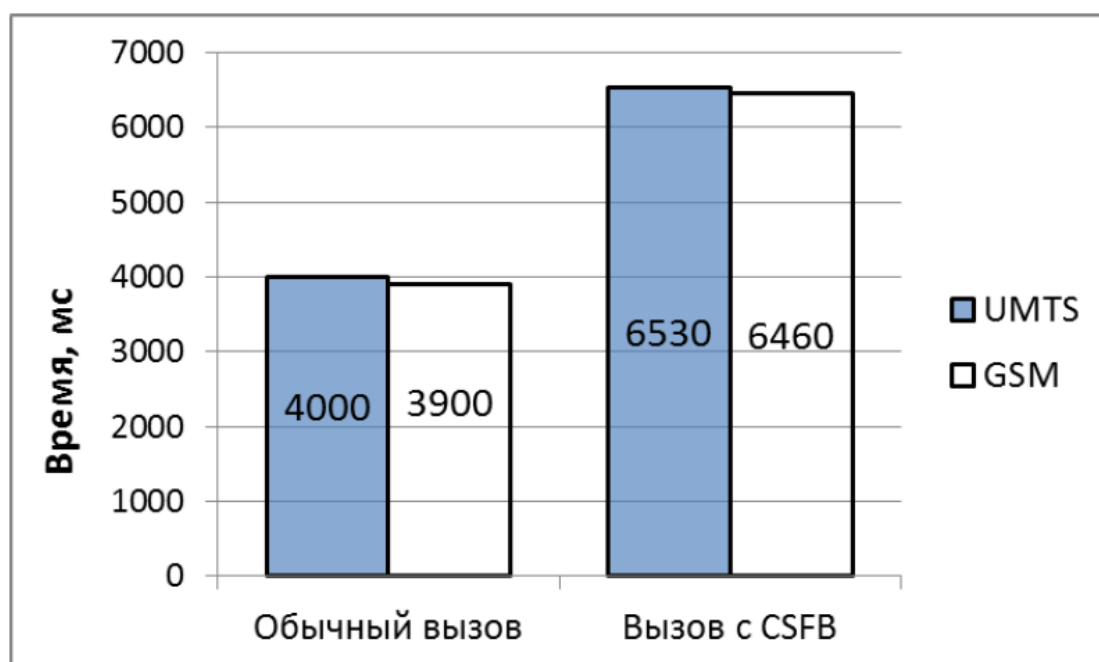


Рис. 1. Время установления исходящего вызова

Таблица 2 Результаты расчета времени установления входящего вызова

Тип сети	UMTS	GSM
Обычный вызов	2640 мс	2500 мс
Вызов с CSFB	5170 мс	5060 мс

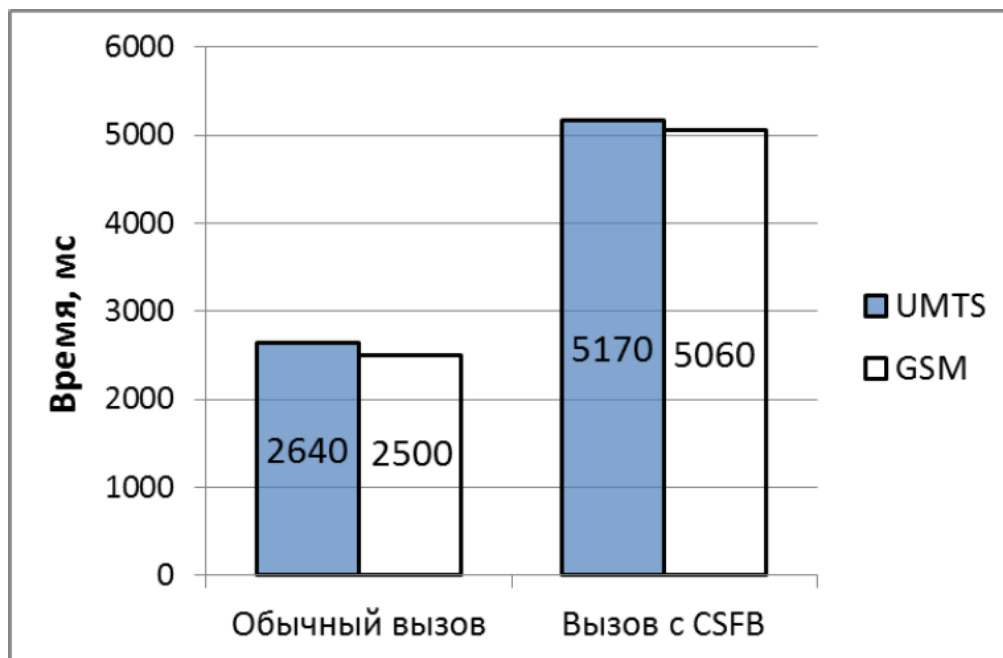


Рис. 2. Время установления входящего вызова

Из рисунков 1, 2 видно, что с применением технологии CSFB установка голосового соединения происходит дольше на 2.5 секунды, вне зависимости от направления вызова и типа сети, на которую происходит переключение вызова.

Литература

1. 3GPP TS 23.272 — Circuit Switched (CS) fallback in Evolved Packet System (EPS); Stage 2.
2. 3GPP TS 23.401 — General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access.
3. 3GPP TS 43.129 — Packet-switched handover for GERAN A/Gb mode; Stage 2.

МАТРИЧНІ МЕТОДИ СТИСНЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Жураковський Б.Ю.

Державний університет телекомунікацій, Україна

E-mail: bogdan68@ukr.net

Matrix method of data compression in telecommunication networks

This work is devoted to the study of matrix methods of data compression in telecommunication networks. Considered several options matrix compression techniques and their comparison.

Розглянемо кілька найпоширеніших способів стиснення даних, які застосовуються при передачі їх. До них належать лінійні, матричні, комбіновані, каскадні та каскадно-комбіновані способи, що гарантують повне відновлення початкового стану стисненої та переданої інформації.

Стиснення з апіорно заданими розмірами матриць. Цей алгоритм матричного стиснення повністю збігається з класичним матричним стисненням, однак при цьому введені такі умови:

- геометрія масиву вибірки постійна і задана апіорно як у передавальному, та і у приймальному пристроях;
- розміри матриць задані апіорно як у передавальному, так і у приймальному пристроях;
- кожній матриці заздалегідь ставиться у відповідність деякий символ вторинного алфавіту.

Слід зазначити, що на коефіцієнт стиснення даного алгоритму буде впливати відповідність підібраних апіорно матриць (їх параметри) характеру вхідного інформаційного потоку. Розміри таких матриць, найменш чутливих до характеру інформаційного потоку, які, у той же час, дозволяють досягти найбільшого коефіцієнта стиснення, визначаються, як правило, за допомогою експертних оцінок.

Як основну перевагу даного алгоритму у порівнянні з іншими, можна відзначити досить високий коефіцієнт стиснення завдяки відсутності передачі у вихідному потоці будь-якої службової інформації про розміри матриць, які заздалегідь зафіксовані у передавальному і приймальному пристроях.

Стиснення з попереднім аналізом вхідного інформаційного масиву. Алгоритм такого стиснення аналогічний наведеному вище. Однак, при цьому розміри матриць не задаються апіорно, а визначаються у результаті аналізу масиву вибірки. Іншими словами, даний алгоритм є багато прохідним: на першому проході визначаються всі можливі матриці даного масиву вибірки, далі виконується аналіз – визначення декількох (перших двох для алфавіту $q = 4$, перших шести при $q = 8$ тощо) матриць, які покривають найбільшу площу масиву вибірки; у другому проході виконується згортка масиву

вибірки за допомогою звичайного алгоритму матричного стиснення. Далі масив вибірки передається у вихідний інформаційний потік, в кінці якого записується стоп символ, кількість і розміри визначених матриць. Розгортка повідомлень у приймальному пристрої виконується так само, як і у попередньому випадку, з тією різницею, що спочатку завантажується з вхідного потоку вся інформація до стоп-символу, далі зчитуються розміри матриць, і тільки після цього виконується дійсно розгортка.

Навіть без попереднього аналізу можна зазначити, що цей алгоритм буде трохи програвати попередньому, з огляду на багато прохідність, за часом, та, якщо врахувати необхідність передачі разом зі згорнутим масивом додаткової інформації про розміри матриць, за коефіцієнтом стиснення. Однак, стиснення самого інформаційного масиву виконується краще, тому що розміри матриць адаптуються до даного конкретного масиву вибірки [1].

Стиснення за допомогою типових матриць. Даний спосіб стиснення використовує тільки деякі елементи загального алгоритму матричного стиснення. За цим алгоритмом сканується масив вибірки вхідного потоку і після того, як знаходиться будь-яка матриця, у вихідний потік записуються: символ матриці, один з рядків матриці, кількість рядків матриці. Нестиснуті символи вхідного потоку записуються у вихідний інформаційний потік без будь-яких змін. Розгортання повідомлення у приймальному пристрої виконується за аналогією з описаними вище алгоритмами двох матричних способів стиснення. Як перевагу цього алгоритму можна зазначити високу швидкість розгортання і досить високий коефіцієнт стиснення, з огляду на адаптацію до кожного конкретного масиву вибірки [2].

Дамо оцінку матричних способів стиснення [1]. Знаючи, що коефіцієнт стиснення визначається як $K_{CT_M} = \frac{R_{BUX}}{R_{BX}}$, а також виходячи з рівності кількості інформації у вхідному і вихідному інформаційних потоках, маємо

$$K_{CT_M} = \frac{I_{BUX} T_{BX}}{T_{BUX} I_{BX}} = \frac{N_1 t_i}{(N_2^{j_0} + n_1 + n_2 + \dots + n_k) t_j}, \quad (1)$$

$$T_{BUX} = [N_2^{j_0} + n_1 + n_2 + \dots + n_k] t_j,$$

де t_j - тривалість передачі одного елемента (символу) вихідного інформаційного потоку; $N_2^{j_0}$ - число одиничних елементів (символів) у вихідному інформаційному потоці; N_1 - загальна кількість елементів (символів) вхідного інформаційного потоку; $n_1, n_2, \dots, n_k$ - число матриць різної розмірності. Як правило, час передачі одного символу у вхідному і вихідному інформаційних потоках однаковий, тобто $t_i = t_j$. Тоді

$$K_{CT_M} = \frac{N_1}{N_2^{j_0} + n_1 + n_2 + \dots + n_k}. \quad (2)$$

Вираз (2) справедливий для матричного способу стиснення з апіорно заданими розмірами матриць. У разі застосування способу з попереднім

аналізом вхідного інформаційного потоку, коли параметри матриць необхідно передавати на приймальну станцію, коефіцієнт стиснення буде визначатися як

$$K_{CT_M} = \frac{N_1}{N_2^{j_0} + n_1 + n_2 + \dots + n_k + n_M} \quad (3)$$

де n_M - число елементів, якими передаються розміри матриць визначених після попереднього аналізу вхідного інформаційного потоку.

Скориставшись розробленою програмою, котра дозволяє оцінити ефективність методів стиснення, що використовуються, покажемо порівняння трьох варіантів матричного стиснення [1]:

1 – з апіорно заданими розмірами матриць; 2 – з використанням типових матриць; 3 – з попереднім аналізом вхідного потоку.

Результат порівняння приведено на рис. 1.

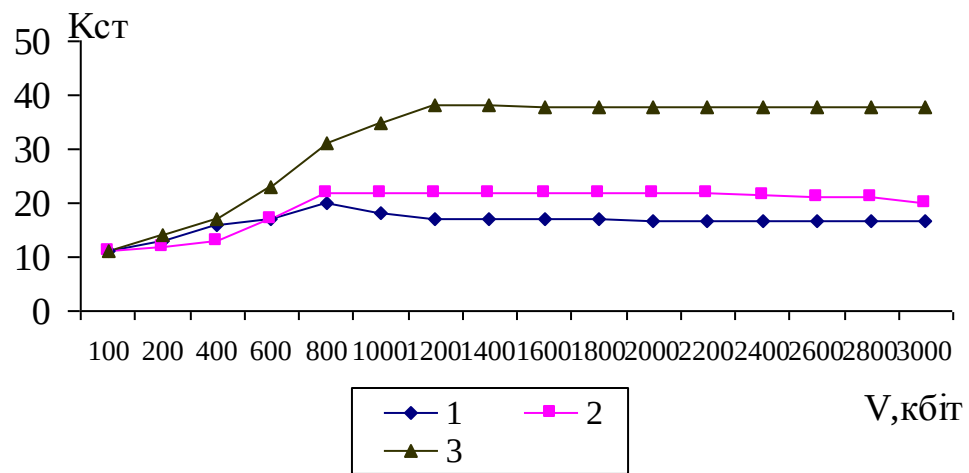


Рис. 1. Порівняння методів матричного стиснення

З рисунка бачимо, що найкращим варіантом матричного стиснення є третій варіант – з попереднім аналізом вхідного потоку. Але ця перевага починає проявлятися при величині вхідного потоку не менше 1200 кбіт.

Література

1. Жураковський Б.Ю. Матричне стиснення при передаванні даних / Герасимчук Д.В., Жураковський Ю.П., Жураковський Б.Ю. // Зв'язок №5(25), 2000. – С.58-59.
2. Жураковський Б.Ю. Матричні та комбіновані способи стиснення даних при передачі / Жураковський Б.Ю. // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку № 2(26), 2013. – С.28-32.

ОСОБЕННОСТИ СЕТИ LTE ADVANCED И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В Г. АЛМАТЫ

Нурбаев С., Жолдасулы М.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail:seriknurbayev@gmail.com

Features network LTE ADVANCED and use Almaty city

The article investigates the signal propagation conditions in the city of Almaty in relation to LTE-A (4G).

Технология LTE-A расширяет и усиливает базовую платформу технологии LTE. В частности, это касается более гибкого и эффективного использования частотных ресурсов, более высокой спектральной эффективности, более простой и оптимизированной архитектуры сети и способности снизить совокупные затраты (ТСО) и предоставлять больше услуг. Технология LTE-A обратно совместима с LTE и представляет собой плавную эволюцию последней. Технология LTE-A должна поддерживать полосу частот до 100 МГц, пиковую скорость на даунлинке до 1 Гбит/с со спектральной эффективностью, улучшенной до 30 бит/с на 1 Гц, и пиковую скорость на аплинке до 500 Мбит/с со спектральной эффективностью, улучшенной до 15 бит/с на 1 Гц и расширение MIMO на аплинке и даунлинке до 8x8 и 4x4 соответственно [1].

При проектировании сотовой сети должны учитываться эффекты распространения сигнала: максимальный уровень мощности передачи на базовой станции и чувствительности на принимающем устройстве; высота антенны принимающего устройства; высота антенны базовой станции. В условиях г. Алматы необходимо также учитывать пересеченный характер местности [2].

Произведем расчет зоны покрытия БС по модели Окумура-Хата и проанализируем зависимость радиуса зоны покрытия как от высоты подвеса антенны БС, так и от высоты приемной антенны, т.к. приемные устройства сети LTE могут располагаться на высоте. Отличной от 1,5 м, заявленной в модели Окумура-Хата.

Результаты анализа сравним с экспериментальными данными, полученными для двух БС с разными высотами подвеса антенн, т.к. на территории большого города, каким является Алматы имеется густонаселенный центр с высотными зданиями и обширные районы с низкоэтажной застройкой. Исследуем зависимость величины потерь от таких переменных параметров, как высота подвеса антенны БС и высота подвеса принимающей антенны [3].

Наиболее известной и используемой является модель предсказания Окумура и Хата. Эта формула (метод прогнозирования Окумура) имеет следующий вид [4].

$$L_p = \{A + B \lg(r) \quad (1)$$

где r – расстояние между антеннами базовой и подвижной станции, км. Радиочастота несущей f_0 , МГц, высота антенны базовой станции h_b , м и высота антенны подвижной станции h_m , м; величины A и B выражаются соответственно следующим образом:

$$A = a(f_0, h_b, h_m) = 69.55 + 26.16 \lg(f_0) - 13.82 \lg(h_b) - a(h_m) \quad (2)$$

$$B = B(h_b) = 44.9 - 6.55 * \lg(h_b) \quad (3)$$

где

$$a(h_m) = 3.2 * [\lg(11.75 * h_m)]^2 - 4.97 \quad (4)$$

Эта модель Оокура и Хата возникла в результате адаптации эмпирических формул Хата к графикам, составленным Оокура и его соавторами.

Данными формулами можно пользоваться, если выполняются следующие условия:

- f_0 : от 150 до 1500 МГц;
- h_b : от 30 до 200 м; возможно расширение диапазона (от 1,5 до 400 м);
- h_m : от 1 до 10 м;
- r : от 1 до 20 км; возможно расширение диапазона (от 2 м до 80 км).

Могенсен с соавторами предложил расширить модели Оокура и Хата на частотный диапазон от 1,5 до 2 ГГц. В этом диапазоне использование модели Оокура и Хата приводит к недооценке затухания сигнала. Модель COST231-Хата справедлива для несущих частот в диапазоне от 1,5 до 2 ГГц, высоте антенны базовой станции от 30 до 200 м, высоте антенны подвижной станции от 1 до 10 м и расстоянию между ними от 1 до 20 км. Модель позволяет оценивать затухание по формуле:

$$L_p = 46.3 + 33.9 \lg(f_0) - 13.83 \lg(h_b) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \lg(h_b)] \lg r + C \quad (5)$$

где C – постоянная: для средних городов и пригородных районов с умеренной растительностью $C = 0$ и для центров крупных городов $C = 3$.

Используя (4) для высот подвеса антенны принимающего устройства определим $a(h_m)$. На основании которой строим график зависимости потерь от высоты подвеса антенны принимающей станции (см. рисунок 1). Так как сети LTE используются, в основном, для передачи данных при построении мультисервисных сетей, принимающие радиосигнал устройства как правило, располагаются на значительной высоте; крыше здания, стенах и т.п. Поэтому важно оценить, как такое расположение повлияет на величину зоны покрытия.

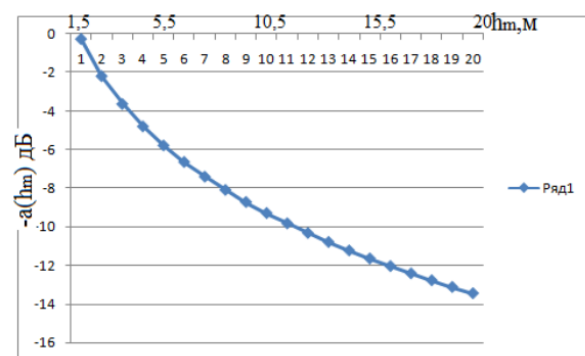


Рис. 1. График зависимости потерь от высоты подвеса антенны принимающей станции

По (5) определим зависимость потерь от высоты подвеса антенны БС для выборочных высот подвеса антенны принимающей станции

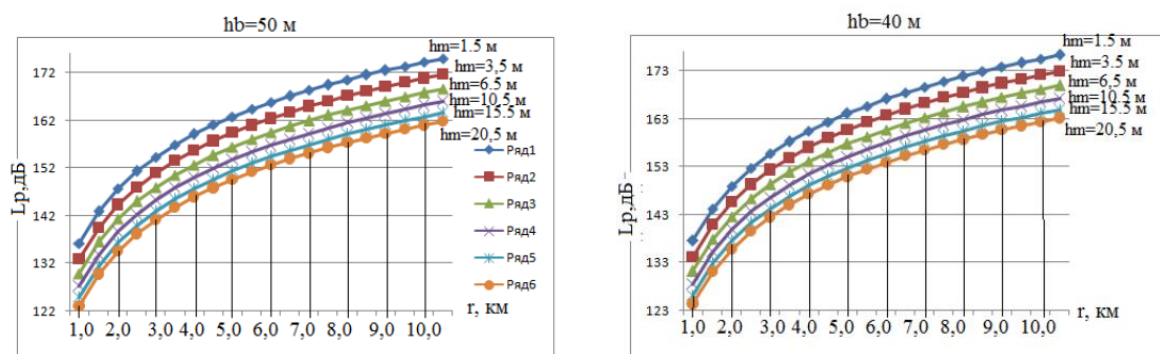


Рис. 2. График зависимости потерь при $h_b=50$ м и $h_b=40$ м

В процессе работы был произведен расчет и анализ уровня мощности радиосигнала при различных высотах подвеса принимающего устройства. Полученные графики могут иметь практическое значение для оперативной оценки зоны покрытия при расширении сети связи.

Литература

1. Stefan Parkvall, Erik Dahlman, Anders Furuskär et al; *LTE Advanced — Evolving LTE towards IMT-Advanced*; IEEE 68th 21-24 Sept. 2008 P. 1 - 5.
2. Ликонцев Д.Н. Специальные вопросы курса распространение радиоволн. Ташкент – 2008, с. 71-73.
3. К.А. Спорышев, А.М. Ткачев, А.С. Постольный. Анализ подходов к оценке прогнозируемых зон обслуживания базовыми станциями в системах подвижной радиосвязи. Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, 2008 г.
4. Y.Okumura et al. Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile radio service // Review of the Electr. Commun. Lab. —1968. — vol. 6. — p. 825 -873.

SMARTGRID ТЕХНОЛОГИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Лунтовский А.О.¹, Семенко А.И.², Губанков С.В.²

¹ - Беруфсакадемия, г. Дрезден, Германия

² - Национальный университет телекоммуникаций, г. Киев, Украина

E-mail: setel@ukr.net; andy@rn.inf.tu-dresden.de

Smart Grid technology in electrical networks

Considers the problems of modern electrical networks. Is Shown The necessity of using smart grid technology for increasing efficiency of functioning electrical networks.

В современном мире чрезвычайно важной задачей является энергообеспечение жизнедеятельности всего человечества. Даже информационные технологии потребляют значительную долю электроэнергии около 1,5 тыс. тераватт-часов электроэнергии в год, это почти 10% от всей энергии, потребляемой человечеством. Основная доля потребления электроэнергии в сетях приходится на Дата-центры.

Основным источником энергии на планете, в силу его дешевизны, по-прежнему остается уголь. Уголь не только самый дешевый, но и самый «грязный» из всех главных источников энергии. При его сжигании атмосфера особенно сильно загрязняется парниковыми газами.

В последнее время, как дальнейшее развитие энергосети, появилась технология "Smart grid", которая направлена на мониторинг и оптимизацию расхода электроэнергии, обеспечение безопасности электросетей. На рис. 1 приведена сетевая архитектура Smart Grid.

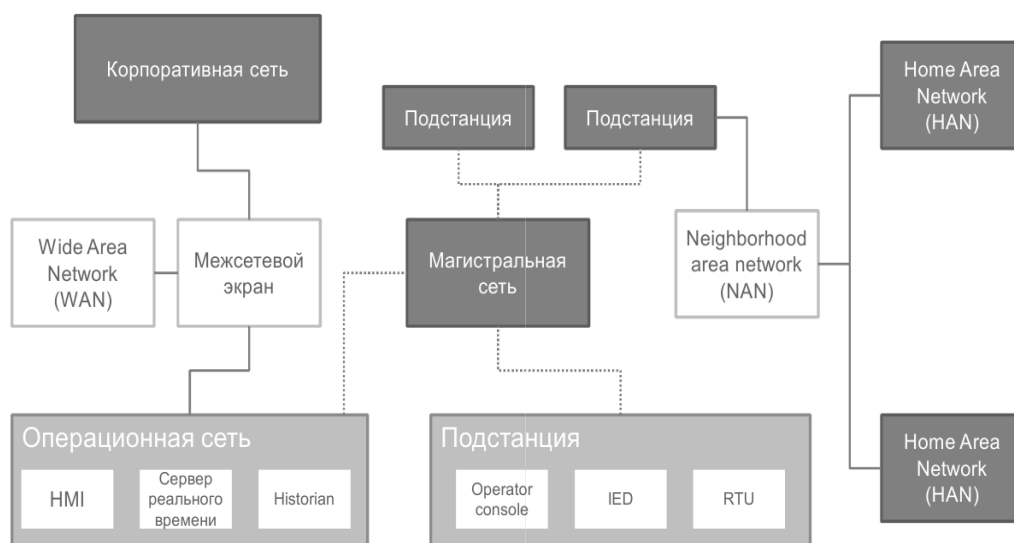


Рис.1. Сетевая архитектура Smart Grid

Действующую электроэнергетическую систему без Smart Grid можно охарактеризовать как пассивную и централизованную, особенно в части

последней цепочки – от распределительных сетей до потребителей. Именно в этой части цепочки поставки электроэнергии технология «Smart Grid» наиболее существенно изменяет принципы функционирования, предлагая новые принципы активного и децентрализованного взаимодействия. Для понимания основных принципов текущей системы по отношению к принципам функционирования Smart Grid, рассмотрим пример отдельного здания как конечного потребителя.

В настоящий момент здание с точки зрения взаимодействия с распределительной сетью является практически полностью пассивным элементом. Это, в первую очередь, касается влияния здания как потребителя в реальном масштабе времени на генерируемую и распределяемую сетью электроэнергию. Здание никак не может влиять ни на объемы электрической мощности, ни на выделенные ресурсы инфраструктуры сети. Более того, сами распределительные сети в большинстве случаев не обладают полной информацией об электропотреблении здания в реальном масштабе времени. Реализация автоматической системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) осуществляется исключительно в целях коммерческого учета электроэнергии в рамках ежемесячного интервала.

Коммерческая составляющая взаимодействия, в свою очередь, также выглядит пассивной и однонаправленной. Сети в виде энергосбытовых организаций узнают о зданиях и их потребностях только в моменты ежемесячных коммерческих взаиморасчетов. Потребители платят по фиксированным централизованным тарифам, распространяющимся на целые районы и города. Тарифы для конечных потребителей изменяются централизованно организационными процедурами с участием государства на длительных интервалах времени. Никакой обратной связи, с точки зрения информации о состоянии энергопотребления в здании, возможности взаимодействия, тем более в режиме реального времени, у здания с сетями и тем более централизованными производителями энергии, на данный момент нет.

Теперь представим себе общую картину, в которой крупные производители электроэнергии генерируют и поставляют электроэнергию в объеме, в режимах и по стоимости, практически не зависящих от реального состояния энергопотребителя в масштабе реального времени. Таким образом, между спросом и предложением отсутствует оперативная связь. Для потребителя такая схема является крайне уязвимой с точки зрения надежности функционирования такой сети в условиях дефицита мощности и высоких требований, поскольку не может оперативно выявлять проблемы и реагировать на них.

Дальше подумаем о конечных потребителях не только как об отдельных зданиях, но и как о крупных предприятиях, районах, городах. Особенно это критически важно для крупнейших мегаполисов с централизованной схемой электроснабжения, когда единые параметры энергоснабжения касаются большого количества разнообразных потребителей и учитывают их индивидуальные характеристики.

Важно отметить, что текущая схема с точки зрения энергоснабжения является полностью односторонней – потребитель лишь получает электрическую энергию.

В последнее время развиваются схемы с аккумуляторами и распределителями энергии, позволяющими накапливать, трансформировать и распределять электрическую энергию между сетями и потребителями. В отличие от текущей схемы, Smart Grid знает о таких элементах и умеет управлять ими. Таким образом, Smart Grid является комплексной технологией, затрагивающей принципы не только взаимодействия участников и генераторов электроэнергии, но и распределения самой электрической энергии.

Потребители имеют точную информацию о стоимости и могут оптимизировать свои затраты на электрическую энергию. Бизнес, в свою очередь, может оптимально планировать и формировать затраты на эксплуатацию и развитие генерации и распределительных сетей, потребителей можно классифицировать в рамках технологии Smart Grid.

Основные преимущества технологии Smart Grid:

- Smart Grid предотвращает массовые отключения, обеспечивает поставку чистой электроэнергии;
- Smart Grid постоянно контролирует все элементы сети с точки зрения безопасности их функционирования;
- Smart Grid обеспечивает снижение потребления электрической энергии и операционных затрат.

Самый главный эффект применения технологии Smart Grid достигается за счет снижения количества и мощностей генерирующих элементов сети, что ведет к снижению выброса углекислого газа в атмосферу.

Выводы. Для энергетического обеспечения жизнедеятельности человечества на планете расходуется большое количество природных ресурсов, что кроме того приводит к ухудшению экологии среды. Радикальным способом повышения эффективности энергосистем является использование технологии Smart Grid.

Література

1. <http://www.nnz-ipc.ru/images/items/1872274/files/energyn.pdf>.
2. www.nethaus.ru/tags/smartgrid.
3. NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 2.0. Февраль 2012. Авторы: NIST (Национальный институт технологий и стандартизации, США), Государственный коммерческий департамент США. Концепция и дорожная карта по стандартам взаимодействия для Smart Grid.
4. Тенденции развития технологий Smart Grid Санатов Д.В., руководитель проектного направления Фонд «ЦСР «Северо-Запад» 10.09.2013
5. <http://www.sgiclearinghouse.org>.
6. <http://www.slideshare.net/skukraine/huawei-smart-grid-rus>.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛОВ УПРАВЛЕНИЯ КЛЮЧАМИ С КОДОВОЙ ЗАЩИТОЙ

Никифоренко К.Б.
Киевский колледж связи
E-mail: knikiforenko@mail.ru

Security systems for electronic document based key management protocol with security codes

Quality cryptographic transformation essentially depends on the algorithm used in it and the initial data (key) for this algorithm. Statistical properties of a key, its cryptographic quality largely determine the efficiency of cryptographic information security systems. The mechanisms of a cryptographically high-quality keys based on the concept of the wire-tap channel investigated of security systems for electronic document.

Качество криптографического преобразования существенно зависит от используемого в нем алгоритма и исходных данных (ключа) для этого алгоритма. Статистические свойства ключа, его криптографическая качество в значительной степени определяют эффективность функционирования криптографических систем защиты информации. Исследованы механизмы получения криптографически качественных ключей на основе концепции отводного канала при работе систем электронного документооборота.

Криптографические системы с информационно-теоретической стойкостью в свою очередь могут быть разбиты на 2 класса – это квантовые системы и вероятностные системы. Анализ квантовых систем управления ключами показал наличие следующих проблем на современном этапе развития:

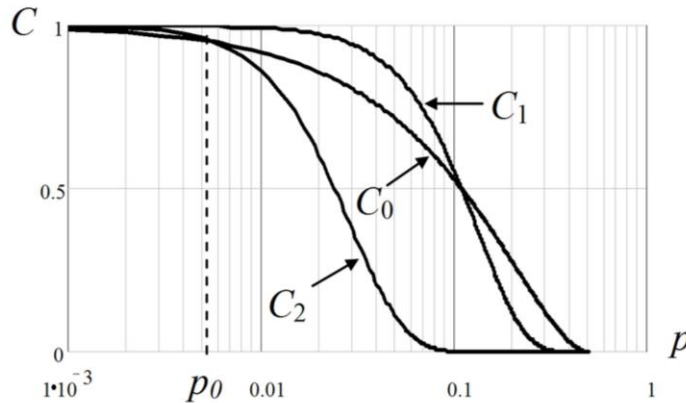
- Низкая скорость передачи
- Небольшие расстояния
- Невозможность создания квантовых повторителей
- Интенсивность импульсов квантов
- Атаки злоумышленников на квантовый канал

За счет вероятностно-криптографических преобразований достигается информационно-теоретическая стойкость передачи ключей по основному каналу.

Основными параметрами которых являются:

- Показатели неопределенности в канале отвода
- Показатели пропускной способности расширенного канала отвода
- Показатели количества информации в канале отвода
- Показатели вероятности попадания УС в список заданного объема

Показники пропускної спроможності розширеного відвідного каналу

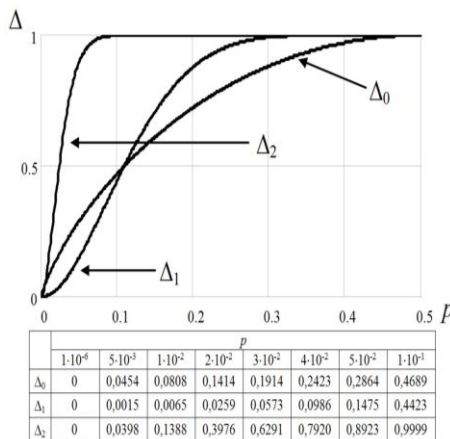


Варіант 1: G – код Ріда-Маллера (16,11); V – код БЧХ (16,5).
Варіант 2: G – код БЧХ (64,57); V – код БЧХ (64,51).

	p							
	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	0,1	0,2	0,5
C_0	1	0,9192	0,8056	0,7136	0,6340	0,5310	0,2780	0
C_1	1	0,9935	0,9426	0,8524	0,7394	0,5576	0,1236	0
C_2	1	0,8612	0,3708	0,1076	0,0230	0,0012	0	0

Видно, что в области значений $p_m < p_0$ комбинированный кодер в большей степени проявляет свойства помехоустойчивого кода. В этом случае обеспечивается достаточно достоверная передача информации. В этом диапазоне вероятностей случайная компонента фактически не влияет на пропускную способность. И наоборот, при $p_{mw} > p_0$ комбинированный кодер в большей степени подобен кодеру со случайным кодированием. При этом выполняется условие защищенности информации в виртуальном канале отвода. Свойства случайного кодера становятся доминирующими при $p > 0,1$.

Показники невизначеності в каналі відводу

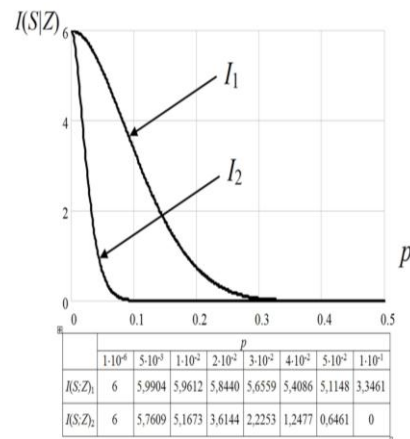


Варіант 1: G – код Ріда-Маллера (16,11); V – код БЧХ (16,5).
Варіант 2: G – код БЧХ (64,57); V – код БЧХ (64,51).

	p							
	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Δ_0	0	0,0454	0,0808	0,1414	0,1914	0,2423	0,2864	0,4689
Δ_1	0	0,0015	0,0065	0,0259	0,0573	0,0986	0,1475	0,4423
Δ_2	0	0,0398	0,1388	0,3976	0,6291	0,7920	0,8923	0,9999

1)

Показники кількості інформації у відвідному каналі



Варіант 1: G – код Ріда-Маллера (16,11); V – код БЧХ (16,5).
Варіант 2: G – код БЧХ (64,57); V – код БЧХ (64,51).

	p							
	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$
$I(S, Z)_1$	6	5,9904	5,9612	5,8440	5,6559	5,4086	5,1148	3,3461
$I(S, Z)_2$	6	5,7609	5,1673	3,6144	2,2253	1,2477	0,6461	0

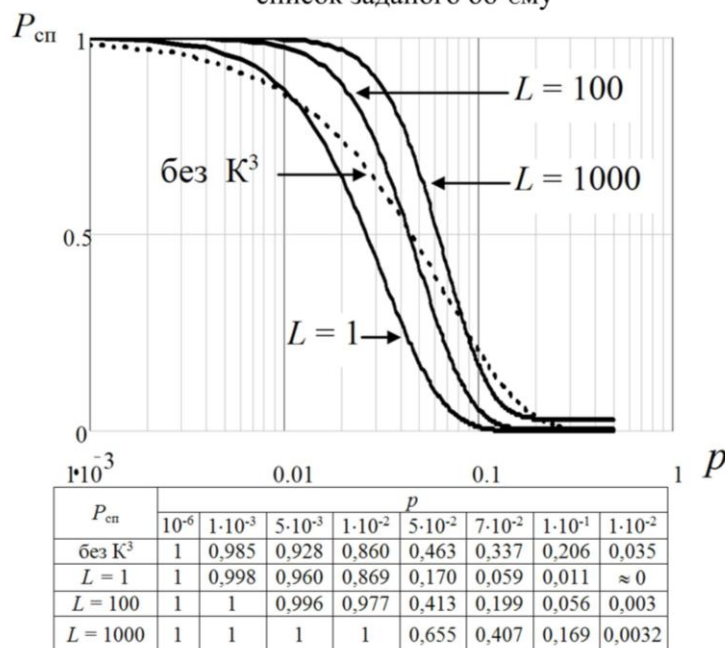
2)

То есть в первом случае комбинированный кодер в большей степени проявляет свойство помехоустойчивого кода.

И наоборот, во втором случае, комбинированный кодер в большей степени подобен кодеру со случайным кодированием. показано, что для соотношения ошибок в основном и отводном каналах вида $p_m < p_0 < p_w$ при использовании комбинированного случайного кодирования и правильном выборе кодов, в основном канале обеспечивается сколь угодно надежная

передача информации, а прием сообщений в канале отвода оказывается невозможным.

Показники вірогідності попадання унікального повідомлення в список заданого об'єму



Из графиков представленных выше видно, что при использовании метода K^3 вероятность правильного декодирования сообщения длиной $k = 15$, в области $p < 10^{-2}$, даже при небольших объемах списка, в частности $L = 1$, остается довольно высокой. И наоборот, при увеличении вероятности ошибки в канале связи и при значительном увеличении объема списка, вероятность правильного декодирования уникального сообщения оказывается даже ниже вероятности правильного приема сообщения без использования какого-либо избыточного кодирования.

Литература

1. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Под ред. Р.Л.Добрушина и О.Б. Лупанова. – М.: Изд-во ин. лит-ры, 1963. – 829 с.
2. Мессе Дж.Л. Введение в современную криптологию // ТИИЭР, 1988. – Т. 76. – С. 24–42.
3. Santha M., Vazirani U.V. Generating Quasi-random Sequences from Semi-random Sources // Journal of computer and system sciences.– 1986.– № 33.– С. 75–87.
4. Пат. 98073538 Україна, МКИ G06F7/58. Спосіб генерації випадкових чисел □ Горицький В.М., Іванченко С.А., Паршуков С.С. (Україна). – № 25294А; Заявл. 06.07.98.
5. Maurer Ueli M. A Universal Statistical Test for Random Bit Generators // Journal of Cryptology, vol. 5. – no. 2. – 1992. – P. 89–105.
6. Горицький В.М. Вероятностная криптография в системах защиты информации: кодовая защита // Электроника и связь, – 1998. – Вып. 5. – С. 140–145.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СУДОХОДСТВА В ЗАДАЧЕ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СИЛ И СРЕДСТВ

Селезень Я. Ю., Боран-Кешишьян А. Л.
*ФГБОУ ВПО «Государственный морской университет
имени адмирала Ф.Ф. Ушакова»*

Using of shipping monitoring systems in the task of attracting search and rescue facilities

There observed the possibility of using the shipping monitoring systems in the task of attracting search and rescue facilities. Analyzed the shipping monitoring systems approved by International Convention for the Safety of Life at Sea in the framework of the problem.

С получением информации о судоходстве целесообразным является оценка привлечения конкретных подвижных ресурсов в целях проведения поисково-спасательных операций.

Так образом, рассмотрение проблемы использования современных систем мониторинга судоходства, позволяющих получать оперативную информацию о конкретных судах и их характеристиках, в задаче привлечения поисково-спасательных сил и средств является актуальной и способствует эффективному использованию имеющихся ресурсов.

Целью данной публикации является рассмотрение и анализ систем, используемых для мониторинга судоходства утвержденных Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74) [1], определение их значения в указанной проблеме.

Общий состав потенциальных сил и средств в рамках рассматриваемой проблемы целесообразно представить в виде совокупности профессиональных и непрофессиональных подвижных ресурсов, привлекаемых к поисково-спасательным операциям. Наибольшей полнотой данных координатор операций, как правило, обладает о профессиональных поисково-спасательных средствах, базирующихся в районе ответственности и находящихся в постоянной готовности. Любые их изменения докладываются в спасательно-координационный центр участниками организации системы поиска и спасания в районе ответственности и могут так же уточняться координатором операций по рассматриваемым далее системам мониторинга судоходства.

В целях оперативности могут привлекаться непрофессиональные силы и средства, как правило, их дислокация постоянно изменяется, и координатор операций не обладает той полнотой данных о тактико-технических характеристиках, навигационных параметрах, их готовности и способности участия в поисково-спасательных операциях. Основные оперативные данные об указанных потенциальных силах и средствах могут быть первоначально получены координатором операций по системам мониторинга судоходства и в

дальнейшем уточнены сеансом связи.

В настоящее время системы мониторинга судоходства представлены следующими ниже рассматриваемыми системами, утвержденными СОЛАС-74.

Система судовых сообщений (ССС). Предусматривает систематический обмен информацией через радиоканалы между судном, находящимся на переходе, и береговыми структурами. Эта информация позволяет получить данные, используемые в целях, поиска и спасания, службы управления движением судов, прогноза погоды и предотвращения загрязнения моря. Эта информация, передаваемая судами, формализована по типам сообщений и по кодам содержания отдельных сведений в типе сообщений, в отдельных национальных системах возможны отступления от формата, вызванные местными условиями.

Участие судов в деятельности систем может быть, как обязательным, так и добровольным. Должны быть четко определены подробности, касающиеся типов судов и районов, на которые распространяется система, времени и географических точек предоставления сообщений, береговых учреждений, ответственных за эксплуатацию системы, а также предоставляемых услуг. Интервал между сообщениями СССР поиска и спасания не превышает 24-х часов. Информативность определена используемой системой, типом сообщения, в общем случае сообщение содержит: название, позывные или опознавательные данные судовой радиостанции и флаг судна, время, местоположение и т.д. [2].

Современные технологии позволяют реализовывать автоматические СССР, что улучшит периодичность и частоту сообщений без нагрузки на деятельность экипажа.

Система опознавания судов и слежения за ними на дальнем расстоянии (ОСДР). Предназначена для глобального опознавания и слежения в автоматическом режиме за местоположением судов, с использованием системы связи, которая обеспечивает охват всех районов, в которых эксплуатируется судно. Информация предоставляется договаривающимся правительствам и поисково-спасательным службам, передается в шестичасовые интервалы, если не оговорились более частые, либо после вызова, имеется возможность дистанционной настройки интервалов. Судовым оборудованием ОСДР передаются следующие данные: идентификатор судового оборудования, данные о местоположении, отметка времени [3].

Автоматическая идентификационная система (АИС). Обеспечивает автоматический обмен навигационными данными между судами и береговыми станциями в ОВЧ диапазоне морской подвижной службы. Существует возможность использования режима дальней связи, например, по спутниковым каналам ИНМАРСАТ позволяющим расширить зону мониторинга, в таком случае АИС определяют, как спутниковые.

Информацию, передаваемую системами АИС, представляют, как совокупность статических, динамических и рейсовых сведений, так же предусмотрена возможность использования коротких сообщения, касающиеся безопасности плавания. Характер данных сведений и требования к ним регламентированы и освещены в Резолюции *IMO MSC. 74 (69)*, 1998 и Резолюции *IMO 917 (22)*, 2001. Отметим, что из всех вышеуказанных систем,

АИС обладает наибольшей информативностью. Сообщения о статистических и рейсовых данных передаются каждые 6 минут и при изменении данных и по запросу. Интервалы между сообщениями динамической информации зависят от режима движения судна и не превышают трех минут. Сообщения по безопасности мореплавания используются при необходимости. Таким образом, целесообразно отметить, что информация, передаваемая АИС, соответствует «реальному времени».

Недостатком системы является открытость информации, она передается без каких-либо средств защиты от несанкционированного доступа. Достоверность и качество принятой информации зависит от достоверности вводимой информации на наблюдаемых судах и качества функционирования датчиков, выдающих данные для АИС.

Помимо использования судами возможна установка АИС на летательных аппаратах, участвующих в поисково-спасательных операциях на море.

Система управления движения судов (СУДС).

В настоящее время СУДС представляют собой автоматизируемые системы, и интегрирует в себе ССС, технологии АИС, ОВЧ радиопеленгаторы, береговые радиолокационные станции (БРЛС) и другие системы. Совместным использованием данных систем частично компенсируются их недостатки. А использование БРЛС позволяет производить мониторинг судов, на которые не распространяются требования применения рассмотренных ранее систем.

Выводы. Обобщая вышеизложенное, укажем, что к системам, обладающим наибольшей достоверностью и информативностью, целесообразно отнести СУДС. При этом глобальный мониторинг способны обеспечить ССС, ОСДР, спутниковые АИС, использование АИС с точки зрения автора является весьма актуальным при устранении или учете их недостатков.

Системы мониторинга судоходства в рамках рассматриваемой проблемы целесообразно отнести к основным источниками, используемым для получения первичной информации о характеристиках, предполагаемых к привлечению непрофессиональных сил и средств. На основании данной первичной информации может рассматриваться предположение о целесообразности использования конкретного подвижного ресурса. Применительно к профессиональным силам и средствам информация систем мониторинга судоходства, как правило, носит уточняющий характер.

Литература

1. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года: СОЛАС-74 (текст, измененный Протоколом 1988 года к ней). — СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2008. — 928с.
2. Revised performance standard and functional requirements. Resolution MSC.263(84) adopted on 16 May 2008 Add.2 Annex 9, 2008 — 24p.
3. General principles for ship reporting system and ship reporting requirements, including guidelines for reporting incidents involving dangerous goods, harmful substance and/on marine pollutants for the long range identification and tracking of ships. Resolution A.851(20) adopted on 27 November 1997, 1997 — 15 p.

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ С РАЗНОРОДНЫМ ТРАФИКОМ

А.С. Савченко

Национальный авиационный университет

E-mail: alina@inet.ua

Approach to performance evaluation of computer networks with heterogeneous traffic

Key parameters for the functioning of computer networks can be evaluated using information entropy measures. Comparative characteristics of the differential entropy of continuous distributions with «heavy tails» allow for the self-similarity of modern traffic networks.

При системном подходе к проблеме повышения качества обслуживания (QoS) в корпоративных компьютерных сетях (ККС) невозможно обойтись без надежных методов анализа качества обслуживания заявок на услуги в реальных условиях формирования их потоков и с учетом свойств циркулирующего трафика. Разнородный трафик ККС могут быть описаны с помощью распределений с так называемыми «тяжелыми хвостами» (Парето, Вейбулла, логарифмически нормальное распределения) [1].

В качестве нижнего порога производительности ККС, в которых циркулирует разнородный трафик, можно получать некие асимптотические сравнительные оценки, например, информационно-энтропийные меры вероятностных распределений [2].

На практике, в ККС чаще встречаются источники информации, множество возможных состояний которых составляет континуум. Поэтому исследование информационно-энтропийных характеристик сетевого трафика ККС с самоподобными свойствами, описываемых непрерывными распределениями с «тяжелыми хвостами», является актуальной задачей.

Неопределенность выбора значения непрерывной случайной величины связана с плотностью распределения вероятностей этих значений через дифференциальную энтропию непрерывного источника информации [3]:

$$H(x) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \log f(x) dx.$$

Ее можно трактовать как среднюю неопределенность выбора случайной величины с произвольным законом распределения по сравнению со средней неопределенностью выбора случайной величины изменяющейся в диапазоне, равном единице, и имеющей равномерное распределение.

Интерес представляет не абсолютное значение дифференциальной энтропии, а сравнение энтропий различных распределений. Рассмотрим, какие непрерывные распределения с «тяжелыми хвостами» (Парето,

Вейбулла, логарифмически нормальное) обладают наибольшей дифференциальной энтропией.

Для распределения Парето с плотностью

$$f(x) = \frac{\alpha}{k} \left(\frac{k}{x} \right)^{\alpha+1},$$

где α – параметр формы; k – минимальное значение случайной величины x , дифференциальная энтропия равна

$$H_P(X) = - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\alpha}{k} \left(\frac{k}{x} \right)^{\alpha+1} \log \left(\frac{\alpha}{k} \left(\frac{k}{x} \right)^{\alpha+1} \right) dx = \log \frac{\alpha}{k} - \frac{1}{\alpha} - 1.$$

Для распределения Вейбулла с плотностью

$$f_W(x) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}, & x \geq 0; \\ 0, & x < 0, \end{cases}$$

где $\lambda > 0$ – параметр масштаба, $k > 0$ – параметр формы, дифференциальная энтропия равна

$$H_W(X) = - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \log \left(\frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \right) dx = \gamma \left(1 - \frac{1}{k} \right) + \left(\frac{\lambda}{k} \right)^k \log \left(\frac{\lambda}{k} \right).$$

Для логарифмически нормального распределения с плотностью

$$f_L(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, & x > 0; \\ 0, & x \leq 0, \end{cases}$$

где $\sigma > 0$ – среднеквадратическое отклонение, μ – математическое ожидание, дифференциальная энтропия равна

$$H_L(X) = - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \log \left(\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \right) dx = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \log(2\pi\sigma^2) + \mu.$$

Для сравнительного анализа рассчитана зависимость дифференциальной энтропии от параметра, представляющего среднеквадратическое отклонение распределения (рис. 1–4).

По результатам анализа полученных графиков можно сделать выводы:

- для распределения Парето можно наблюдать монотонный рост энтропии, следовательно, рост потребного ресурса обмена данными при увеличении параметра α ;

- для распределения Парето с параметром H в пределах $0,5 < H < 1$, что характеризует наличие самоподобных свойств, также наблюдается монотонный рост энтропии (по модулю). Т.е. чем выше степень самоподобия, тем выше степень неопределенности, соответственно, потребуется больший ресурс для обмена данными;

- для распределения Вейбулла при росте параметра формы k степень неопределенности уменьшается;

– для логарифмически нормального распределения – чем сильнее разброс значений от математического ожидания, тем выше степень неопределенность, т.е. необходим больший ресурс для обмена данными.

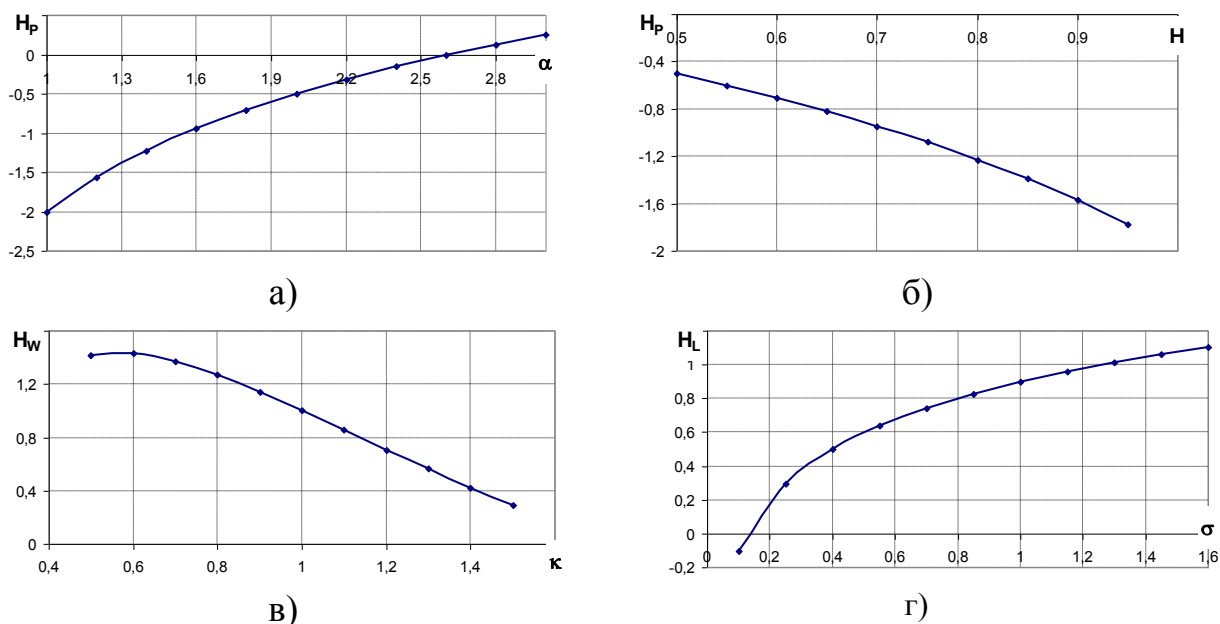


Рис.1. Зависимость дифференциальной энтропии распределения
а) Парето от параметра α ; б) Парето от параметра H ; в) Вейбулла от параметра формы k ; г) логарифмически нормального от среднеквадратического отклонения

Таким образом, рассчитывая дифференциальную энтропию для распределений Парето, Вейбулла и логарифмически нормального распределений интенсивности разнородного сетевого трафика, можно получать обобщенные сравнительные характеристики эффективности функционирования сетей в широком диапазоне статистических параметров. Эти характеристики можно использовать в тех случаях, когда получить оценки моментов или стационарных значений вероятности (например, через уравнения Колмогорова) не представляется возможным.

Целью дальнейших исследований является получение оценок производительности ККС в зависимости от параметров трафика, выраженных через дифференциальную энтропию источника сообщений.

Литература

1. Столлинс В. Современные компьютерные сети. 2-е издание / В. Столлинс. – СПб.: Питер, 2003. – 783с.
2. Амирханов Э.Д. Оценивание производительности специализированных беспроводных сетей при произвольных статистиках длины пакетов данных / Э.Д. Амирханов // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку: зб. наук. праць. – К.: УНДІЗ, 2012. – Вип.2(22). – С. 60 – 65.
3. Стратонович Р.Л. Теория информации / Р.Л. Стратонович. – М.: Сов. радио, 1975. – 424с.

**ПРИПУСТИМЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА МІЖВУЗЛОВІ
КАНАЛИ IP МЕРЕЖІ З УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПАРАМЕТРІВ QoS ВІДПОВІДНО СТАНДАРТУ ITU Y.1541**

Тарбаєв С.І., Недашківський О.Л., Чумак Н.С.

Державний університет телекомунікацій

E-mail: tarbaev@voliacable.com, al_1@ua.fm, chumakns@ukr.net

**Permissible load on the channels of IP network in terms of QoS parameters,
respectively recommendation ITU Y.1541**

In this paper, we calculated the relative degree of permissible load on the inter-node channels of IP network basis of providing QoS parameters in accordance with the recommendation ITU Y.1541.

Правила (протоколи) мережі Інтернет на мережевому та транспортному рівнях на протязі багатьох років залишаються практично незмінними. Швидко змінюється лише фізичний рівень у кількісному боці, а саме у збільшенні швидкостей передавання. Яким чином ці зміни впливають на параметри якості передавання (QoS) - параметри важливі в першу чергу для інтерактивного мультимедійного зв'язку?

Головним чинником погіршення параметрів QoS в IP мережі є черги у буферах передавання вузлів (маршрутизаторів) мережі. Зміни довжини черг призводять до варіації затримки, переповнення буферів – до втрат пакетів. Параметри погіршуються при збільшенні завантаження каналів. У цій роботі зроблена спроба розрахунку припустимого ступеню завантаження міжвузлового каналу зв'язку для мережі з політикою передавання Best Effort Delivery від пропускної спроможності каналу, маючи на увазі мету – забезпечення мережевих норм QoS.

На якість мультимедійного зв'язку головним чином впливають такі параметри QoS: середня затримка пакетів (IPTD), варіації затримки пакетів (IPDV) та коефіцієнт втрат пакетів (IPLR). Міжнародні норми на параметри QoS «з кінця в кінець» (тобто від стику з кінцевим пристроєм на одному кінці мережі до такого ж стику на іншому кінці мережі) для IP мереж представлені у рекомендації ITU Y.5141 [1]. Стандарт визначає норми для ряду класів. З них класи 0 та 1 націлені на інтерактивний мультимедійний зв'язок. Для класу 0 норми складають (не вище): для середньої затримки $IPTD_N = 100$ мс, для варіації затримки $IPDV_N = 50$ мс, для втрат пакетів $IPLR_N = 10^{-3}$. В рекомендації наведена також методика розрахунку мережевих параметрів QoS на базі вимірних даних секцій (вузлів) мережі. На її основі визначимо норми на вузол мережі. Будемо розглядати шлях пакетів через мережу, як шлях, що складається з трьох ділянок: ділянка доступу – магістральна

ділянка – ділянка доступу. При теперішньому стані мережі великих IP мереж (наприклад, Інтернет) головна доля втрат якості припадає на ділянки доступу. Прийнемо, що на обидві ділянки доступу виділена α частина загальної норми ($0 < \alpha < 1$), на ділянках доступу пакет проходить N вузлів (маршрутизаторів).

Для втрат пакетів нормується середнє значення. Оскільки при малих величинах втрати сумуються норма на вузол складає

$$IPLR_{node} = \frac{\alpha}{N} IPLR_N \quad (1)$$

Варіація затримки визначається [1] як

$$IPDV = IPTD_{upper} - IPTD_{min} \quad (2)$$

де: $IPTD_{upper} - 1-10^{-3}$ квантиль IPTD на оцінюваному інтервалі,

$IPTD_{min}$ – мінімальна затримка на оцінюваному інтервалі.

Варіація затримки обумовлена затримкою пакетів у буферах вузлів мережі. Мінімальна затримка у буферах, вочевидь, дорівнює нулю. Відповідно до [1] без врахування третього моменту розподілу маємо

$$IPTD_{upper} = \sum_{n=1}^N d_n + x_p \sqrt{\sum_{n=1}^N \sigma_n^2} \quad (3)$$

де N – число вузлів (секцій) мережі,

d_n – середній час затримки у вузлі n ,

σ_n – середньоквадратичне відхилення часу затримки,

x_p – величина, що задовольняє $\Phi(x_p)=p$, тут Φ означає стандартну функцію нормального розподілу, для $p=0,999$ $x_p=3,09$.

Для вузла мережі на основі наведених в [2] співвідношень витікає, що при припущенні про експоненціальний розподіл потоку заявок та часу обслуговування (система типу $M/M/1$) середня величина d та середньоквадратичне відхилення σ часу чекання обслуговування, відповідно, дорівнюють

$$d = t_s \frac{1}{1 - \rho} \quad (4)$$

$$\sigma = t_s \frac{\sqrt{\rho(2 - \rho)}}{1 - \rho} \quad (5)$$

де ρ – відносне навантаження системи масового обслуговування (відношення інтенсивності вхідного потоку заявок λ до інтенсивності їх обслуговування μ),

$t_s = 1/\mu$ – середній час обслуговування.

У виразі (5) величина чисельника при ρ близьких до одиниці дуже близька до одиниці. Тому при цікавих для нас значень $\rho > 0,8$

$$d \cong \sigma \quad (6)$$

З урахуванням (3), (6) та прийнявши рівний розподіл затримки у вузлах, отримуємо припустиму величину середньої затримки у вузлі

$$d_{node} = \frac{\alpha * IPDV_N}{N + 3,09\sqrt{N}} \quad (7)$$

Припустиму величину навантаження на канал ρ_{max1} для отриманого d_{node} находимо з (4). Підставивши значення t_s , яке визначається середньою довжиною пакету L і пропускною здатністю каналу B ($t_s=L/B$), отримуємо

$$\rho_{max1} = 1 - \frac{L}{Bd_{node}} \quad (8)$$

З іншого боку припустиме навантаження на канал визначається втратами пакетів з-за переповнення буферу. Для системи $M/M/1/N$ (N ємність буферу) втрати пакетів розраховуються [3] за формулою

$$P_{loss} = \frac{(1 - \rho) \rho^N}{1 - \rho^{N+1}} \quad (9)$$

Припустиму величину навантаження на канал ρ_{max2} для заданого P_{loss} можна знайти чисельним способом.

При визначній пропускній спроможності каналу припустима величина навантаження каналу визначається нормою на втрати пакетів і нормою на варіації затримки. Зі збільшенням пропускної спроможності затримки у буфері зменшуються. Тому при малих величинах припустиме навантаження визначається варіаціями затримки, при великих – втратами пакетів. Величину пропускної спроможності B_b , нижче якої припустиме навантаження визначають втрати пакетів можна отримати з (8)

$$B_b = \frac{L}{(1 - \rho_{max2}) d_{node}} \quad (10)$$

У якості прикладу розрахуємо величину B_b для трафіку класу 0 за Y.1541 для таких умов: доля норми на обидві ділянки доступу мережі 80%, число вузлів на ділянках доступу 8, розмір буферу 40 пакетів (величина за замовчанням в маршрутизаторах фірми Cisco System з операційною системою IOS), середня довжина пакетів 600 байт. Отримуємо, що при зростанні пропускній спроможності каналу до 11,8 Мбіт/с відносне припустиме завантаження збільшується і досягає значення 0,83; далі залишається незмінним.

Література

1. ITU-T Recommendation Y.1541. Network performance objectives for IP-based services. Geneva: International Telecommunication Union. Dec 2011.
2. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1966. –429 с.
3. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. –М: Техносфера, 2003. –512 с.

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Толстикова Е.В.

Національний авіаційний університет

E-mail: tolstikova_alena@mail.ru

Optimal tuning of the artificial neuron networks

The problem of the optimum tuning of parameters of artificial neural network of arbitrary structure is considered. It is shown that for the wide class of artificial neural networks it is possible to apply the modified gradient methods of search of optimum parameters for work of network in the conditions of presence of errors of measuring results and external noises.

Для эффективного построения моделей практически любых нелинейных структур искусственные нейронные сети (ИНС) представляются универсальным средством. С их помощью можно решать задачи распознавания образов, оптимизации, идентификации, управления динамическими объектами.

Процесс решения перечисленных задач с помощью ИНС основан на итерационном подборе некоторых параметров, доставляющих экстремум функции качества, которая, как правило, не обладает свойствами непрерывности и гладкости. Поэтому существенным недостатком такого подхода является не только невозможность обеспечения каких бы то ни было гарантий оптимальности применяемых методов и алгоритмов, но даже отсутствие предпосылок получения хотя бы асимптотических оценок сходимости к оптимальному решению.

Сделана попытка применения регулярных статистических методов для построения ИНС с оптимальной настройкой параметров для некоторых классов задач, решаемых с помощью искусственных нейронных сетей.

Основными элементами ИНС являются формальные аналоги нейрона – адалина Уидроу или персептрон Розенблатта [1,2] – нелинейные элементы с симметричной или несимметричной относительно оси ординат амплитудной характеристикой активационной функции в самых разных структурах сети.

По существу, персептрон (или адалина) представляют собой настраиваемые или самонастраивающиеся системы. Настройка (самонастройка) осуществляется по множеству параметров c_k , статистические характеристики которых – моменты, вероятностные распределения – или неизвестны вообще (непараметрическая априорная неопределенность), или известны с точностью до параметров (параметрическая априорная неопределенность).

Определение условий оптимальности прежде всего является необходимым для преодоления априорной неопределенности [3] и синтеза ИНС. В многочисленной литературе по нейронным сетям данная проблема даже не затрагивается. Единственным исключением является работа Я.З. Цыпкина [4], в

которой рассмотрены условия оптимальности и синтезированы алгоритмы настройки нейронной сети (НС), т.е. решена задача статистического синтеза ИНС как информационной системы.

Элементы (адалина или персептрон), образующие НС, вообще говоря, могут быть соединены самым произвольным образом, образуя практически неограниченное число возможных структур. Наиболее широко распространенными являются слоистые структуры, в которых сигналы передаются от слоя с меньшим номером к ближайшему слою с большим номером, т.е. слои в такой структуре соединены последовательно. Входом первого слоя является внешнее воздействие, а выход последнего слоя является выходом всей НС. Далее для определенности будем рассматривать персептрон в качестве базового элемента НС.

Пусть число слоев НС равняется K . Число персептронов в k -м слое, $k = \overline{1, K}$, полагаем равным M_k . Размерность вектора входных сигналов $\mathbf{X}_{k-1}(m)$ для k -го слоя будет равна M_{k-1} , а размерность вектора входных сигналов $\mathbf{X}_k(m)$, соответственно, M_k . Соотношение между $\mathbf{X}_{k-1}(m)$ и $\mathbf{X}_k(m)$ имеет вид:

$$\mathbf{X}_k(m) = \Phi[\mathbf{W}_k^T \mathbf{X}_{k-1}(m)], \quad (1)$$

где $\mathbf{W}_k = [\mathbf{w}_{k1} \ \mathbf{w}_{k2} \ \dots \ \mathbf{w}_{k, M_k}]$ – матрица размерностью $(M_{k-1} \times M_k)$ весовых коэффициентов; T – символ транспонирования.

Столбцами матрицы $\mathbf{W}_k$ являются векторы $\mathbf{w}_{km}$ весовых коэффициентов m -го персептрона из k -го слоя. Размерность вектора $\mathbf{w}_{km}$ равна M_{k-1} . Оператор Φ есть оператор нелинейного преобразования вектора $\mathbf{W}_k^T \mathbf{X}_{k-1}(m)$ в соответствии с выбранной (симметричной или несимметричной) активационной функцией.

Для построения сложных, как правило, нелинейных систем обработки информации очень эффективно используют нейронные сети. Связь между входом $\mathbf{X}(t)$ и выходом $\mathbf{Y}(t)$ ИНС описывается соответствующим нелинейным функционалом вида:

$$\mathbf{Y}(t) = \Psi[\mathbf{X}(t), \mathbf{P}_N(t)] + \Xi(t),$$

где $\mathbf{P}_N(t)$ – вектор параметров сети; $\Xi^T(t) = [n(t), \eta(t)]$ – вектор шумов и помех.

Допущение об аддитивности помех и шумов вследствие их статистической независимости можно принять в большинстве практических задач.

Для решения задачи параметрической оптимизации нелинейных нейронных сетей необходимо рассмотреть условия оптимальности нейронной сети как модели сложной нелинейной системы, работающей в условиях внутренних и внешних помех. В соответствии с этим рассмотрим дискретную динамическую K -слойную НС, построенную в соответствии с алгоритмом (1). Весовые коэффициенты k -го слоя НС определяются вектором весовых коэффициентов $\mathbf{w}_k = [w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{k, M_k}]$, $k = \overline{1, K}$.

Для рекуррентного вычисления выходного сигнала всей НС применим (1):

$$\mathbf{X}_K(m) = \Phi[\mathbf{W}_K^T \Phi[\mathbf{W}_{K-1}^T \dots \Phi[\mathbf{X}_0(m)] \dots]]. \quad (2)$$

Здесь $\mathbf{X}_0(m)$ – вектор входных сигналов сети, имеющий размерность M_0 . Уравнением (2), по существу, определяется передаточная функция НС.

Оптимальный алгоритм настройки параметров нейронной сети. Поскольку в реальных нелинейных системах присутствуют как внутренние ошибки измерения, так и внешние шумы и помехи, то в этом случае связь между входным сигнальным вектором $\mathbf{X}_0(m)$ и выходным вектором $\mathbf{X}_K(m)$ описывается уравнением:

$$\mathbf{X}_K(m) = \Xi \left[\mathbf{W}_K^T \Xi \left[\mathbf{W}_{K-1}^T \dots \Xi \left[\mathbf{X}_0(m) \right] \dots \right] \right] + \mathbf{v}(m) + \zeta(m),$$

где $\mathbf{v}(m)$ и $\zeta(m)$ – векторы ошибок измерений и внешних шумов соответственно. Вектор $\mathbf{v}(m)$ имеет размерность M_K , а вектор $\zeta(m)$ – размерность M_0 .

Логично предположить, что ошибки измерения и внешние шумы представляют собой последовательности взаимно некоррелированных случайных величин с нулевыми математическими ожиданиями. Обозначим плотность распределения вектора $\mathbf{v}(m)$ через $p_v(x)$, а плотность распределения вектора $\zeta(m)$ – через $p_\zeta(x)$. Без потери общности можно сделать допущение о принадлежности распределений $p_v(x)$ и $p_\zeta(x)$ к гауссовскому семейству.

Допустим, что существует одна и только одна матрица весовых коэффициентов НС $\tilde{\mathbf{W}}_k = [\tilde{w}_{k1} \ \tilde{w}_{k2} \ \dots \ \tilde{w}_{k,M_k}]$, такая, что оператор нелинейного преобразования $\Xi[\mathbf{X}_0(m)]$ однозначно воспроизводит выходной вектор $\mathbf{X}_K(m)$:

$$\Xi[\mathbf{X}_0(m)] = \Phi[\tilde{\mathbf{W}}_K^T \Phi[\tilde{\mathbf{W}}_{K-1}^T \dots \Phi[\mathbf{X}_0(m)] \dots]].$$

Можно построить оптимальный алгоритм настройки весовых коэффициентов НС, при которых средние потери будут минимальными, при наличии априорной информации о семействе распределений ошибок измерения и внешних помех:

$G(\mathbf{w}) = E \left\{ C[\varepsilon(\mathbf{X}_0(m), \mathbf{w})] \right\} \rightarrow \min_{\mathbf{w}}$, где $C(\varepsilon)$ – функция потерь;

$\varepsilon(\mathbf{X}_0(m), \mathbf{w}) = \mathbf{X}_K(m) - \Xi \left[\mathbf{W}_K^T \Xi \left[\mathbf{W}_{K-1}^T \dots \Xi \left[\mathbf{W}_1^T \mathbf{X}_0(m) \right] \dots \right] \right]$ – вектор невязки размерности M_K .

Используем информационную функцию потерь вида:

$$C(\lambda, s) = -\ln p(s|\lambda), \quad (3)$$

где $p(s|\lambda)$ – условная плотность вероятности параметра s , если принято решение с оценкой λ , в качестве функции потерь, которую интерпретируем как меру неопределенности относительно параметра [5].

Если, как в рассматриваемом случае, условная плотность вероятности описывается гауссовской кривой или другой четной функцией относительно некоторой фиксированной точки s^* , функция вида (3) является симметричной функцией разности $|\lambda - s|$. Отметим, что гауссовская плотность вероятности имеет максимальную энтропию на всей прямой $[-\infty, \infty]$ в классе распределений с фиксированными математическим ожиданием и дисперсией.

В этом смысле она представляет наименее благоприятную плотность распределения из данного класса.

Условие существования оптимального решения $\mathbf{w} = \tilde{\mathbf{w}}$ имеет вид:

$$\begin{aligned} \nabla G(\mathbf{w}) &= E\left\{\nabla C\left[\varepsilon(\mathbf{X}_0(m), \mathbf{w})\right]\right\} = \\ &= E\left\{\nabla \Xi^T \left[\mathbf{W}_K^T \Xi \left[\mathbf{W}_{K-1}^T \dots \Xi \left[\mathbf{W}_1^T \mathbf{X}_0(m) \right] \dots \right] \right] \nabla C\left[\varepsilon(\mathbf{X}_0(m), \mathbf{w})\right]\right\} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Соответственно, из условия (4) следует, что для определения оптимального решения $\tilde{\mathbf{w}}$ необходимо вычислять либо градиент функционала $\nabla C[\varepsilon(\mathbf{X}_0(m), \mathbf{w})]$, либо градиент выходного сигнального вектора $\nabla \Xi^T(\cdot)$ и градиент функционала по вектору невязки $\varepsilon(\mathbf{X}_0(m), \mathbf{w})$.

Вычисление $\nabla C[\varepsilon(\mathbf{X}_0(m), \mathbf{w})]$ можно выполнять методом обратного пересчета или так называемого обратного распространения ошибки [6]. Суть метода заключается в том, что общий градиент функционала по вектору весовых коэффициентов НС рассматривается как последовательность частных градиентов по матрице $\mathbf{w}_k$ весовых коэффициентов слоев от K -го до первого. Результаты расчетов градиента по матрице весов текущего слоя используются в качестве исходных данных для вычисления градиента по матрице весов предыдущего слоя. Таким образом, задача оптимальной настройки НС по существу сводится к задаче типа динамического программирования.

Выводы. Для решения задачи оптимизации нелинейных нейронных сетей рассмотрена задача настройки НС как задача идентификации нелинейной системы. Введением информационной функции потерь можно получить асимптотически оптимальные алгоритмы настройки, обладающие хорошей сходимостью и устойчивостью. При этом, априорная информация об ошибках измерения и внешних шумах дает возможность однозначно задать функцию потерь и добиться максимально возможной скорости сходимости. Так же появляется возможность замены градиента средних потерь на псевдоградиент и достаточно простой модификации алгоритмов настройки нелинейных НС.

Литература

1. Калан Р. Основные концепции нейронных сетей ;пер. с англ. / Р. Калан.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 287 с.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
3. Репин В.Г. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем / В. Г. Репин, Г. П. Тартаковский. – М.: Сов. радио, 1977. – 432 с.
4. Цыпкин Я. З. Информационная теория идентификации / Я. З. Цыпкин. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 336 с.
5. Куликов Е.И. Оценка параметров сигнала на фоне помех / Е. И. Куликов, А. П. Трифонов. – М.: Сов. радио, 1978. – 296 с.
6. Галушкин А.И. Синтез многослойных систем распознавания образов : монография / А.И. Галушкин. – М.: Энергия, 1974. – 368 с.

ПРОТОКОЛИ УПРАВЛІННЯ КЛЮЧАМИ. СУЧАСНИЙ СТАН

Харлай Л.О.

Київський коледж зв'язи

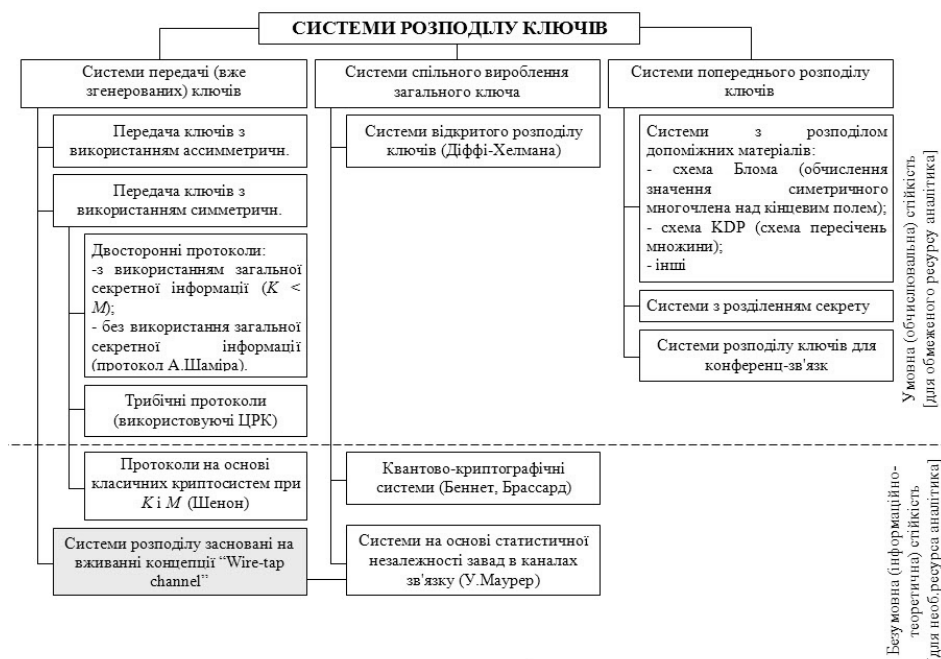
E-mail: Lharlay@rambler.ru

The most important part of information security is a cryptographic system (CS), whose role is due to the intensive development of information technology and the growing success of cryptography. Cryptographic system is a set of key system (the set of admissible key values and protocols use kryptoperetvoren) and most cryptographic transformation based on some transformation of current information.

Найважливішою складовою частиною систем захисту інформації є криптографічні системи (КС), роль яких завдяки інтенсивному розвитку інформаційних технологій і успіхам криптографії постійно зростає. Криптографічні системи є сукупністю ключової системи (множини допустимих значень ключа і протоколів вживання криптоперетворень) і самого криптографічного перетворення на основі деяких оборотних перетворень інформації.

В даний час всі криптосистеми по стійкості можуть бути розділені на два класи:

- з теоретичною (безумовною, абсолютною, інформаційно-теоретичною) стійкістю;
- з практичною (доказовою, умовною, обчислювальною) стійкістю.



Класифікація систем розподілу ключів

Криптосистеми першого класу володіють стійкістю, що передбачає необмежений ресурс супротивника (обчислювальний, часовий, алгоритмічний). Стійкість криптосистем другого класу визначається обчислювальною складністю розкриття за певний час (при заданому ресурсі противника).

Поняття стійкості – центральне для криптографії. Якісно зрозуміти його досить легко, але здобуття сурових доказових оцінок стійкості для кожного конкретного шифру (криптосистеми) з практичною стійкістю – проблема досі невирішена. Рішення питання про теоретичну стійкість, яке ввів К. Шенон, вносить ясність для криптографа-теоретика, але ставить дуже складні завдання перед криптографом-практиком: об'єм таємного ключа Z для створення теоретично стійкого шифру має бути недопустимо великим для більшості використань, а по суті він має бути рівним об'єму інформації, що захищається. Це робить абсолютно стійкий шифр дуже дорогим і непрактичним. До того як користуватися шифром, необхідне забезпечення всіх кореспондентів запасом випадкових ключів і виключення їх повторного використання. Навіть для сучасних телекомунікаційних систем це непосильне завдання. Таке рішення може бути виправданим лише в мережах з обмеженим об'ємом повідомлень, але дуже важливих. Наприклад, державній інформації особливої важливості.

Практична стійкість. К. Шеннон розглянув також і питання практичної стійкості: чи надійна система, якщо криптоаналітик володіє обмеженим часом і обмеженими обчислювальними можливостями для аналізу криптограм. Це компроміс між можливим і бажаним. Стійкість практичних шифрів повинна спиратися не на теоретичну неможливість їх розкриття, а саме на практичну складність такого розкриття. Шенон виявив робочу характеристику практично стійкого шифру $W(n)$ як середня кількість праці (в цей час обчислень на суперЕОМ, необхідне для знаходження ключа на основі n знаків криптограми, або при іншому типові аналізу). Граничне значення $W(n)$ при $n \rightarrow \infty$, тобто $W(\infty)$, є середньою роботою для розкриття шифру при необмеженому об'ємі шифртекста.

У визначенні $W(n)$ розуміється, що при розкритті шифру використовується найкращий криптоаналітичний алгоритм. Тому при розрахунках $W(n)$ для деякого шифру виникає дуже складне завдання: знайти

найкращий спосіб розкриття шифру або хоч би обґрунтувати нижні кордони для роботи в разі оптимального аналізу. Сьогодні не відома жодна практична криптосистема з певним нижнім кордоном $W(\infty)$. Тому практичні криптоалгоритми оцінюють за допомогою досягнутої оцінки $W_h(\infty)$. Досягнута оцінка $W_h(\infty)$ – це середня кількість роботи, необхідної для знаходження ключа на основі n знаків шифрованого тексту при використанні найкращого з відомих методів аналізу цього шифру. Зрозуміло, що тут завжди є небезпека того, що буде винайдений новий метод аналізу і $W(\infty)$ виявиться значно менше $W_h(\infty)$. Історія криптографії (її перемог і поразок) дає цьому досить прикладів.

Таким чином, для доказу практичної стійкості криптосистеми, створеної і побудованої на деякому припущенні про обчислювальні ресурси криптоаналітика, необхідно довести відсутність швидкого алгоритму (в рамках певної обчислювальної моделі) для розкриття шифру. Оскільки фактично для всіх обчислювальних завдань в даний час неможливо виявити оптимальний алгоритм рішення або дати нетривіальний нижній кордон часу його виконання, тому ніхто до цих пір не досяг успіху в доводах стійкості практичного шифру.

Література

1. ISO/IEC 17799:2005. Information technology. Security techniques. Code of practice for information security management. - ISO: 2005;
2. BS 7779-3:2006 «Системи управління інформаційною безпекою. Частина 3: Керівництво по управлінню ризиками інформаційної безпеки»;
3. Домарев В. В. Безпека інформаційних технологій. Методологія створення систем захисту. - До.:ООО «ТИД ДС», 2001.-688 с.;
4. Зегжда Д.П., Івашко А.М. Як побудувати захищену інформаційну систему. 1997;
5. Зегжда Д.П., Івашко А.М. Основи безпеки інформаційних систем. - М.: Горяча лінія - Телеком, 2000;

КРИТЕРІЇ ДЛЯ ПЕРЕХОДУ МІЖ МЕРЕЖАМИ 3G ТА WI-FI В КОНТЕКСТІ WI-FI OFFLOAD

Ананьїна Д.В., Курдеча В.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: dananyina@mail.ru; vt14m@yandex.ua

Expansion set of criteria for handover between 3G and Wi-Fi in the context of Wi-Fi offload

This paper analyzes the types of handover in Wi-Fi offload and suggest improvements for seamless handover.

Дана робота присвячена дослідженню хендвера - процесу переходу абонента з меж обслуговування однієї базової станції до меж обслуговування іншої. У даному випадку розглянуто хендвер у контексті технології Wi-Fi offload. Тобто, процедура хендвера (передачі обслуговування) описує поведінку мережі, коли абонент переходить від одного типу радіозв'язку на інший (наприклад, від 3G до Wi-Fi).

В результаті аналізу найрозповсюдженіших типів хендверу їх відмінностей та недоліків, було запропоновано вдосконалення набору критеріїв переходу між стандартами, на основі якого може бути змодельований новий тип хендверу, або може бути використане як вдосконалення вже існуючих типів хендверу.

При розгляданні найбільш розповсюджених на сьогоднішній день типів хендверу було виявлено, що для кожного з них прийняття рішення про перехід є надзвичайно важливим, оскільки невиправдана зміна мережі може призвести до збоїв в роботі додатків і завдавати незручностей користувачам.

Передача без постійної IP адреси: абонент підключається до мережі доступу Wi-Fi, ідентифікується і отримує нову IP-адресу в мережі Wi-Fi. Всі нові комунікації можуть використовувати нову IP-адресу в якості джерела. Всі встановлені TCP і UDP з'єднання можуть, однак, досі продовжуватися по мережі 3G. Якщо логіка обладнання користувача відключає інтерфейс 3G, то ці встановлені з'єднання повинні бути (автоматично) відновлені по Wi-Fi, за допомогою нової IP-адреси.

Передача з постійним IP (IP хендвер): коли абонент підключається до мережі Wi-Fi, абоненту буде присвоєно ту ж IP-адресу, яку він використовував в 3G мережі, що спрощує процес переходу для діючих в цей момент з'єднань. Якщо встановлені TCP і UDP з'єднання прив'язані до фізичного інтерфейсу, вони повинні бути відновлені за допомогою нового інтерфейсу Wi-Fi, навіть якщо вони використовуватимуть ту ж IP-адресу.

Раптові перебої в додатках, таких як ті, які трапляються при використанні вказаних вище типах хендверу можуть призвести до погіршення взаємодії з користувачем. Основна причина цих раптових

порушення в тому, що використовується break-before-make перемикання між Wi-Fi і 3G/LTE, який деякі програми не можуть обробляти належно.

Передача сесії (Session handover) (прозорий хендовер): цей тип передачі схожий на IP хендовер, але передача повинна відбуватися в часовому діапазоні, що не перериває роботу мультимедійних додатків в реальному часі - наприклад, встановлений UDP зв'язок для медіа - продовжується без розриву або втрати користувачем досвіду роботи в наслідок переходу пристрою між Wi-Fi і 3G мережею.

В даному випадку плавний хендовер може бути досягнуто тільки за допомогою обладнання користувача, що призводить до необхідності оновлення програмного забезпечення на терміналах. Основна проблема полягає у користувацькому обладнанні, в якому поведінка різних систем непередбачувана, і рішення про підключення та відключення мережі не узгоджуються між різними типами телефонів і виробників.

Clientless Handover: цей тип хендоверу використовує перевагу PMIPv6 протоколу, що може забезпечити без участі клієнта, передачу IP-адреси між різними типами доступу. У цьому випадку, P-GW відповідає за закріплення сеансу та присвоєння IP-адреси у випадку хендоверу. Шлюзи доступу повинні підтримувати функцію mobile access gateway (MAG), щоб виконувати всі мобільні функції.

Хоча цей тип хендоверу дозволяє перехід без участі користувача, згадаємо, що проблемою також є наявність двох радіоінтерфейсів на користувацькому обладнанні і роль користувацького обладнання в якості точки прийняття рішення про передачу.

Для подальшого вдосконалення було вибрано найбільш цікаве рішення, з розглянутих в процесі написання статті, що висуває компанія Qualcomm, Connectivity Engine (CnE)

Як було сказано раніше, мета полягає у тому, щоб вибрати кращий інтерфейс для будь-якого конкретного застосування . Для досягнення цієї мети , необхідно оцінити характеристики кожного інтерфейсу з точки зору пропускну здатності, затримки і т.д. Наприклад, якщо користувацьке обладнання знаходиться на межі зони покриття для WiFi , то перевагу може віддаватися 3G/LTE над Wi -Fi. Крім того, необхідно знати вимоги програми щодо бажаної пропускну здатності та затримки . CnE компанії Qualcomm робить все вище. Він приймає рішення, засновані на показниках стану користувацького обладнання , таких як рівень заряду батареї , місця розташування та інших умов, як показано на рисунку 1. Qualcomm визначив три метрики для вимірювання характеристик мережі : 1) оцінка якості каналу 2) оцінка якості ретрансляції 3) виявлення Інтернет підключення. Таким чином, покладаючись на ці три показники виявляється і вибирається кращий інтерфейс для будь-якого конкретного застосування .

Вдосконалення рішення CnE полягає в наступному: на відміну від стільникових мереж, більшість точок доступу Wi-Fi є незапланованими, з'являються та зникають динамічно, їх покриття та ємність не є постійними. Для Wi-Fi offload важливо здійснювати розвантаження по мережі Wi-Fi

тільки за умов, що не спричинять незручностей користувачеві, а Wi-Fi стане безшовним розширенням стільникової мережі. У зв'язку з цим доцільно було б використовувати для прийняття рішення такий фактор, як швидкість руху користувача. Оскільки, при досить швидкому переміщенні абонента в просторі він досить швидко буде залишати зони дії точки доступу Wi-Fi, навіть якщо абонент потрапить на територію покриття іншої точки доступу - цей перехід не буде доцільним. В такому випадку використання мережі 3G буде пріоритетнішим, через значну різницю у розмірах соти стільникової мережі та точки доступу Wi-Fi.

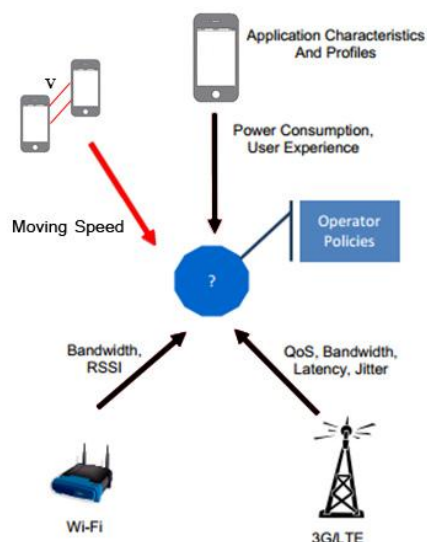


Рисунок 1. Схематичне зображення прийняття рішення про здійснення хендоверу

Таким чином, до трьох вищеперерахованих критеріїв пропонується додати четвертий - швидкість руху користувача, що може визначатися за допомогою систем позиціонування. При деякому пороговому значенні швидкості перевага буде надаватись мережі 3G, навіть якщо за іншими показниками мережа Wi-Fi є пріоритетнішою, оскільки за короткий проміжок часу користувач залишить межі дії цієї мережі. Значення швидкості руху і рівень переважання Wi-Fi мережі над 3G за якого не повинен здійснюватись перехід до Wi-Fi може бути визначений за допомогою моделювання.

Висновки. У роботі було проаналізовано кілька типів хендоверу між стільниковою мережею та мережею Wi-Fi в контексті технології Wi-Fi offload. Були виявлені наявні проблеми та підібрані найбільш вдалі на сьогоднішній день шляхи їх вирішення. Також було запропоновано розширення набору параметрів для прийняття рішення про здійснення хендоверу. Цей набір повинен вдосконалюватись и надалі задля безпомилкового прийняття рішення та забезпечення максимального комфорту користувача.

Література

1. Qualcomm Incorporated "A 3G/LTE Wi-Fi Offload Framework: Connectivity Engine (CnE) to Manage Inter-System Radio Connections and Applications", 2011.
2. Cisco Systems Inc. "Architecture for Mobile Data Offload over Wi-Fi Access Networks", 2012.

ПОДХОДЫ В МАПИРОВАНИИ

Баскенова Е.С., Новогрудская Р.Л., Глоба Л.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: baskenova@gmail.com

Mapping approaches

The semantic web envisions a World Wide Web in which data is described with rich semantics and applications can pose complex queries. Ontologies, a cornerstone of the semantic web, have gained wide popularity as a model of information in a given domain that can be used for many purposes, including enterprise integration, database design, information retrieval and information interchange on the World Wide Web. Much of the current focus on ontologies has been on the development of languages such as DAML+OIL and OWL that enable the creation of ontologies and provide extensive semantics for Web data, and on answering intensional queries, that is, queries about the structure of an ontology. However, it is almost certain that the many of the semantic web queries will be extensional and to flourish, the semantic web will need to accommodate the huge amounts of existing data that is described by the ontologies and the applications that operate on them. Given the established record of relational databases to store and query large amounts of data, in this paper we present a set of techniques to provide a lossless mapping of an OWL ontology to a relational schema and the corresponding instances to data.

Семантическая сеть предусматривает World Wide Web, в котором, данные описаны с богатой семантикой и прикладные программы могут представлять комплексные запросы. Онтологии, краеугольный камень семантической сети, получили широкую известность в качестве модели представления информации в данной области, которые могут быть использованы для различных целей, в том числе интеграции предприятия, дизайна базы данных, поиска и обмена информацией в сети Интернет. Наибольший акцент при исследовании онтологий был сделан на развитие языков, таких как DAML + OIL и OWL, которые позволяют создание онтологий и предоставляют обширную семантику для Web данных при ответе на интенциональные запросы, то есть на запросы о структуре онтологии. Тем не менее, многие из семантических веб-запросов экстенциональны и чтобы процветать, семантической сети нужно будет учитывать огромное количество существующих данных, которые описываются онтологиями и прикладными программами, которые работают на них.

Учитывая особенности хранения и запросов больших объемов данных в реляционных базах данных, в этой статье мы представляем набор методов для обеспечения отображения без потерь OWL онтологии в реляционную схему.

Семантическая сеть приближает нас к возможности реализации семантически организованных хранилищ данных, или онтологии, которые могут быть использованы для интеллектуального поиска информации как людьми так и вычислительными агентами. Онтологии читаемы человеком, всеобъемлющи, обеспечивают совместный доступ и формальны, что означает, что они выражаются на языке, который имеет четко определенную семантику. Онтологии важны для интеграции решений прикладных программ, потому что они обеспечивают совместный доступ и общее понимание данных, которое существует в рамках области проблем интеграции прикладных программ. Онтологии также способствуют коммуникации между людьми и информационными системами. Тем не менее, в то время пока сегодня существует беспрецедентное изобилие информации, доступной в Интернете, в полной мере реализовать силу онтологий и дать возможность эффективного и гибкого сбора информации, постоянного хранения онтологий и ее последующего извлечения имеет первостепенную важность.

Есть три возможных подхода к хранению данных онтологии и выполнению запросов на этих данных. Одним из них является построение системы, которая будет приспособлена для хранения и извлечения конкретных данных онтологии. Второй заключается в использовании объектно-ориентированной системы баз данных используя богатые возможности моделирования данных OODBMS. Учитывая популярность SQL и эффективность выполнения этих запросов, комплементарный подход заключается в использовании реляционных систем управления базами данных.

При таком подходе данные OWL отображаются в таблицах реляционной схемы и запросы, возникающие на языке онтологии, трансформируются в SQL запросы.

У реляционных баз данных есть дополнительным преимущество, в них, данные онтологии и традиционные структурированные данные могут совместно существовать, делая возможным создавать прикладные программы, которые включают оба вида данных. В то же время есть подходы, которые сосредотачиваются на переводе XML документов в соответствующие реляционные таблицы и данные [1,2].

Подходы к XML мапированию. Учитывая сходство между XML и OWL, в этом разделе мы рассмотрим разные подходы к мапированию, которые были предложены в литературе по XML документам.

1. Граничный подход

Простейшая схема, предложенная Florescu в соавт. [3] это хранение всех атрибутов в одной таблице, которая называется Граничная таблица. В таблице Граничная записываются особенности объекта (OID) из исходного и целевого объектов атрибута, имя атрибута, признак состояния, указывающий, является ли атрибут ссылкой на объект или указывает на значение, и порядковый номер используется для восстановления всех атрибутов объекта в правильном порядке и осуществления обновлений, если объект имеет несколько атрибутов с одинаковым именем. Граничная таблица имеет следующую структуру:

Edge (source, ordinal, name, flag, target)

2. Атрибутный подход

Мапирование атрибутов группирует все атрибуты с одинаковыми именами в одну таблицу. Концептуально этот подход соответствует горизонтальному секционированию Граничной таблицы, используемой в первом подходе, используя имя в качестве атрибута разметки. Таким образом, поскольку многие таблицы атрибутов создаются как для разных имен атрибутов в документе XML, и каждая таблица атрибутов имеет следующую структуру:

Aname (source, ordinal, flag, target)

3. Универсальный подход

Подход Универсальной таблицы хранит все атрибуты в XML документе. Это соответствует таблице Универсальной в отдельных колонках для всех имен атрибутов, которые возникают в документе XML. Концептуально, таблица Универсальная соответствует результату внешнего соединения всех атрибутов таблицы. Структура таблицы Универсальной такова, если $n_1, n_2, \dots, n_k$ являются именами атрибутов в документе XML, то

Universal (source, ordinal n_1 , flag n_1 , target n_1 , ordinal n_2 ,
flag n_2 , target n_2 , ..., ordinal n_k , flag n_k , target n_k)

4. Нормализованный универсальный подход

Разница между предыдущим и данными подходами заключается в том, что многозначные атрибуты хранятся в отдельной таблице Overflow.

UnivNorm(source, ordinal n_1 , flag n_1 , target n_1 , ordinal n_2 , flag n_2 ,
target n_2 , ..., target n_k)

OverflowOwn1(source, ordinal, flag, target)

OverflowOwnk(source, ordinal, flag, target)

5. Базовый замещающий подход

Данный подход преобразует XML DTD в отношения. В подходе замещаются многие потомки элемента, если это возможно, в единственное соотношение. Создаются отношения для каждого элемента, потому что XML документ может быть внедрен в любой элемент в DTD. Подход является весьма неэффективным, так как это создает большое количество связей.

6. Совместно используемый замещающий подход

Данный подход идентифицирует узлы элементов, которые представлены в нескольких отношениях в предыдущем подходе, распределяет их путем создания отдельных соотношений для этих элементов.

7. Гибридный замещающий подход

Разница между предыдущим и данным подходом в том, что он встраивает некоторые элементы, которые не встроены в предыдущий. Дополнительно вставляются элементы с в-степени, большей единицы, которые не являются рекурсивными или достижимыми через "*" узел.

Выводы. Эта статья описывает эффективный подход к мапированию OWL документов в реляционные таблицы.

Литература

1. Jayavel Shanmugasundaram, Kristin Tufte, Gang He, Chun Zhang, David DeWitt and Jeffrey Naughton. Relational databases for querying xml documents: Limitations and opportunities. Proceedings of 25 VLDB Conference, 1999.
2. Daniela Florescu and Donald Kossman. Performance evaluation of alternate mapping schemes for storing xml data in a relational database. Technique Report, 1999.

УПРАВЛІННЯ ВЕЛИКИМИ МАСИВАМИ ДАНИХ В ЯКОСТІ ПОСЛУГИ

Борис Т.В., Алексєєв М.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: boris.tatyana.ua@gmail.com; alexeyev@its.kpi.ua

Management of Big Data as Service

This paper analyzed the basic methods of storage and handling. To perform the experiment was deployed and configured test environment in Amazon Compute Cloud.

В умовах постійного зростання інформації оптимізація її обробки є першочерговою задачею. З іншого боку, майже не існує комплексних досліджень з обробки великих даних, що враховують також і платформу обробки. Проблема комплексного аналізу даних гостро стоїть на даний час. Технічні джерела представляють інформацію з даної теми досить поверхнево, обмежуючись загальними підходами в книжках із загальної теорії великих даних або статистичного аналізу [1]. Через те питання менеджменту великих масивів даних за допомогою технологій MapReduce та інших підходів до побудови систем, що забезпечують розподілену обробку даних являється актуальним. Big data as a service (BDaaS) представляю собою доставку статистичного аналізу інформації зовнішньому постачальнику, який допомагає організаціям зрозуміти і використовувати знання, отримані від аналізу великих наборів інформації для того, щоб отримати конкурентну перевагу.[2] Враховуючи величезну кількість неструктурованих даних, BDaaS, надає можливість вивільнити організаційних ресурси, користуючись перевагами аналізу для управління та оцінки великих наборів даних, на противагу найманню співробітників для виконання цих функцій.

Розглянемо управління великими масивами даних в хмарі на прикладі використання Amazon Web Services (AWS). AWS - це публічна хмарна платформа, що надається компанією Amazon. Дану платформу відносить до класу IaaS-рішень так як вона надає широкий спектр хмарних сервісів. Amazon Elastic MapReduce забезпечує розміщення в рамках Hadoop, що працює на глобальних веб-інфраструктурах Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) і дозволяє створювати користувацькі JobFlows. JobFlow являє собою послідовність кроків MapReduce [3].

Для виконання експерименту було сконфігуровано Ubuntu Server в якості тестового середовища в Amazon EC2. В ході експерименту була поставлена задача пошуку підстроки в строці за алгоритмом Бойєра-Мура. Перевага цього алгоритму в тому, що ціною деякої кількості попередніх обчислень над шаблоном (але не над рядком, в якій ведеться пошук) шаблон

порівнюється з вихідним текстом не у всіх позиціях - частина перевірок пропускаються як ті, що не дадуть результату.

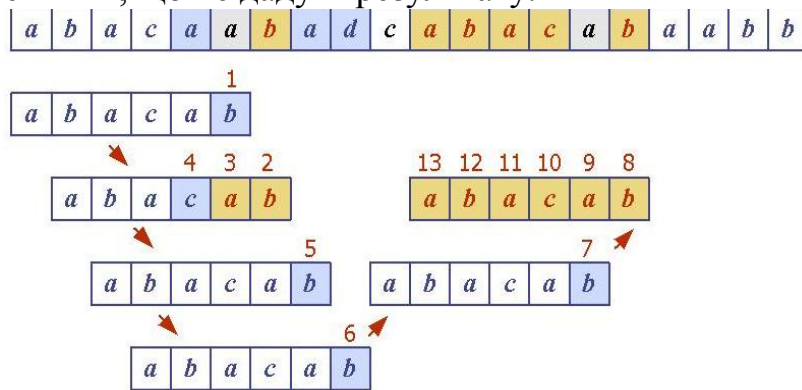


Рис 1. Формальний опис алгоритму Бойера-Мура

При розпаралеленому виконанні програми, необхідно забезпечити синхронізованість даних. В традиційному алгоритмі Бойера-Мура, цілісність даних зберігається за допомогою генерації пари ключ/значення.

Було проведено експериментальний пошук даних в великих дата сетах для послідовного та паралельного виконання. Паралельне виконання здійснювалось за технологією MapReduce. Результати наведені на графіку нижче:

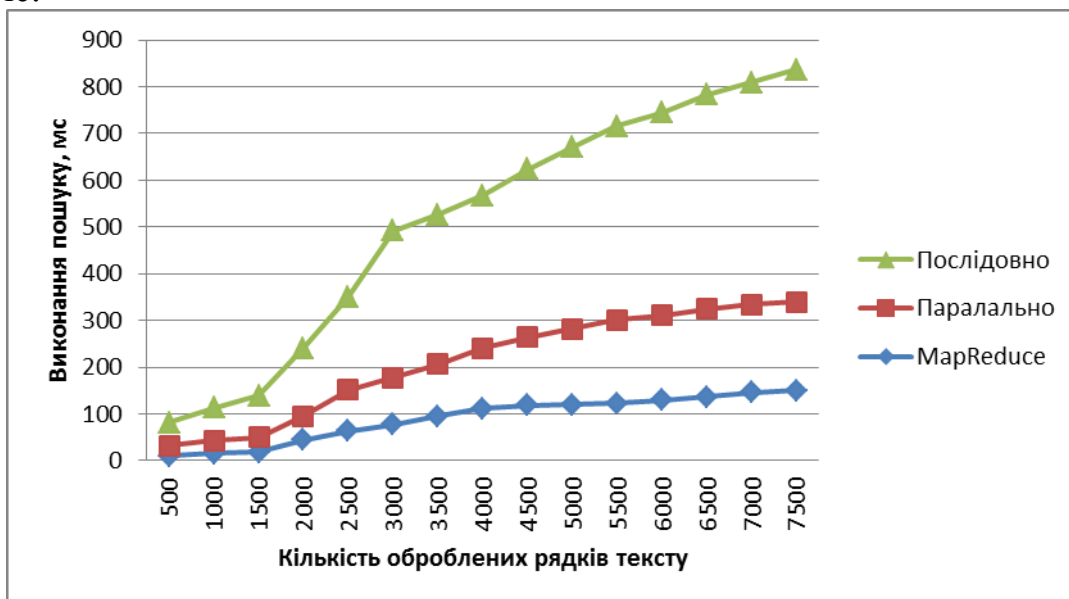


Рис. 2. Швидкість запису зчитування в хмарі за допомогою алгоритму Бойера-Мура для різного об'єму тексту

При зміні кількості вхідного тексту до певної межі змінюється модель розподілу даних в програмі. Саме тому при збільшенні тексту не відразу проявляється перевага MapReduce у порівнянні з традиційним паралельним виконанням програми.

Аналіз тексту виконувався для різної кількості вузлів, саме тому було досліджено продуктивність для різної кількості вузлів. В ході виконання програм були здійснені заміри часу виконання пошуку входження слів. Як можна побачити із приведеного результату, програма, що реалізує

технологію MapReduce виграє в часі навіть для відносно невеликого об'єму даних в порівнянні з виконанням завдання з звичайною обробкою тексту. Ця тенденція спостерігається для різної кількості вхідних слів.

В даному експерименті час (t ,мс) грає роль метрики і фактично показує приріст прискорення обробки даних. Продуктивність розпаралелених систем вимірюється якраз прискоренням виконання програми. Згідно отриманих результатів ефективність MapReduce становить:

$$S(n) = \left(\frac{t(1)}{t(n)} \right) * k * 100\% , \text{ де}$$

n – кількість процесорів

$t(1)$ – час виконання на 1 процесорі

$t(n)$ – час виконання на n вузлах

k – корегуючий коефіцієнт

Табл. 1 Результат обчислення прискорення для задачі пошуку підстроки в строці за алгоритмом Бойера-Мура

Кількість рядків тексту	Послідовне виконання	Паралельне виконання	MapReduce
1000	5,859	7,797	9,497
2000	5, 825	7, 890	9,733
4000	5,881	7,828	9,776
8000	5,874	7,803	9,551

Отримані в таблиці дані експериментально підтверджують виконання закону Амдала, який стверджує, що невелика частина програми що не піддається паралелізації обмежить загальне прискорення від розпаралелювання.

Висновки. В даній роботі окреслені перспективні напрямки досліджень роботи з великими даними, оцінки можливостей покращення їх використання, проведенні відповідних заходів та аналізі їх результатів. В експерименті було розглянуто виконання MapReduce задачі за алгоритмом Бойера-Мура, який експериментально показує, що використання Hadoop MapReduce для паралельних обчислень має ті ж недоліки, що і інші види паралелізму, і це необхідно враховувати при його використанні.

Література

1. Statistical computing [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://static.usenix.org/event/usenix06/tech/full_papers/albrecht/albrecht_html/, вільний доступ.
2. Amazon Elastic MapReduce Developer Guide API Version 2009-03-31 2011 Amazon Web Services LLC [Електронний ресурс] / Режим доступу: aws.emrdev.com, вільний доступ.
3. Amazon EC2 Developer Guide API Version 2009-03-31 2011 Amazon Web Services LLC [Електронний ресурс] / Режим доступу: aws.amazon.com/ec2, вільний доступ.

COMPUTERIZED TOMOGRAPHIC SYSTEM OF SEQUENTIAL DETECTION CRACKS IN PIPELINES

Anna Bulakovska

National Aviation University

E-mail: ryhz@yandex.ua

The structure of the construction of the acoustics emission system of the place location of through defects (flaws) in pipelines is considered. Detection and determination of coordinates of flaws in pipelines under pressure is rather difficult problem, especially for hidden (underground or underwater) pipelines [1]. In these cases it has to apply the methods of remote sensing with combined (linear and/or circular) arrangement of sensors (see fig. 1). Any sensor from the set $S_1, S_2, \dots, S_N$ makes primary signal processing: noise filtration, amplification and preparation signal to transmission through telecommunication line. Then the information from the set of sensors is transferred to the system of joint signal processing. Control system (not shown) provides time matching of scanning and/or shift of sensors for observation the same viewpoint.

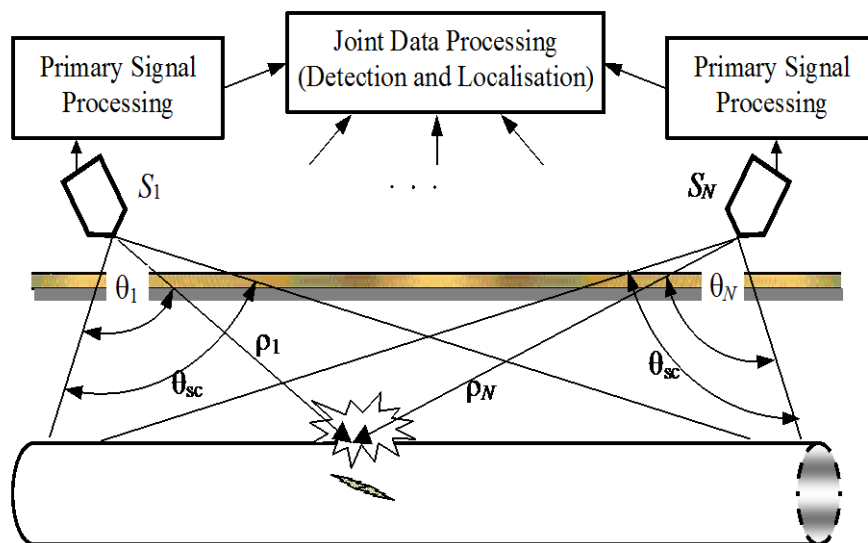


Fig. 1 Structure of computerized sensor detection and localization system. Sensors $S_1, S_2, \dots, S_N$ scan in the sector θ_{sc} and/or shift in horizontal direction. θ_1 and θ_2 are the angles of a flaw, ρ_1 and ρ_2 – distances from sensors to flaw; θ_{sc} – scanning sector

It's necessary to get coordinates of source of acoustic noises after joint processing signals from N sensors.

Theoretically it's necessary to scan in spatial angle sector of 360 or, as minimum, 180 degrees for obtaining full image of source of acoustic signal. Such problem actually cannot be dissolved; so obtaining detail image is impossible. However such problem even doesn't pose. We would have just coordinates of trough defect as source of leakage of gaseous or liquid matter. So we can collect and process incomplete and noisy data for localisation through defect.

The problem of detection and measurement of coordinates of sources of acoustic signals actually is the problem of emission computer tomography [3,4]. Real objects – sources of acoustic signals are through defects in pipelines. So the most acceptable version of computer tomography is receiving some signals by sensors arranged around object.

There are such main properties of application of tomographic methods in acoustic measurement systems.

1. The problem is being dissolved with permanently changed system configuration.
2. The number of formed tomographic projection is rather small. The angles between projections are not necessarily equal.
3. The problem of reconstructive computer tomography is statistical, and some times non-correct [2]. So it's necessary to synthesize tomographic processing algorithms under another initial prepositions than, for example, in X-ray tomography or magnet-resonance tomography.
4. Information pickup from different pieces of coverage zone is completed serially. So the image restores serially as well during collection of information in every element of coverage zone.
5. The main distinctive feature of information processing in acoustic tomography is the dependence of spatial frequency of spectral components of every projection from angle of search of this projection.

We will consider the mechanism of forming marks (or, in other words, pseudo-images) of sources of acoustic signals in multi sensor system with rectangular view zone. Real source is represented as local emitting point. Sign the intensity of emission of i -th source as $g_i(x, y, z)$. Three-dimensional distributions of intensities of emission can be divided on two-dimensional ones in parallel planes. Because of searching is made on (approximately) horizontal plane, we will consider further two-dimensional pseudo image in $z=0$ plane. The problem reduces to reconstruction of pseudo image $g(x, y)$ on measured data, at that $g(x, y)=0$ outside the region resulted with intersection of receiving antenna pattern of sensors.

Differential intensity $d\rho_i$ of emission in the direction to any sensor weakens with range growth to R_{i_i} from i -th sensor proportionally $R_{i_i}^{-1}$. We gave to take in consideration specific fading δ_{fi} in the midst of propagation on i -th direction. (Specific fading is measured in dB/m.) Then

$$d\rho = g_i(x, y) dx dy R_{i_i}^{-1} \exp(-\delta_{fi} R_{i_i}), \quad (1)$$

where $R_{i_i} \approx \left[(x - x_{i_i})^2 + (y - y_{i_i})^2 \right]^{1/2}$. Sign $\approx$ is put because the variations of z don't take in consideration. However such assumption doesn't lead to noticeable errors with realistic geometric relations in detection system.

Total signal on the input of joint data processing system is vector sum of all signals receiving by N sensors:

$$G(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_N) = \sum_{n=1}^N p(R_{fn}, \varphi_n) \exp\left(-j \frac{2\pi}{\lambda} R_{fn}\right), \quad (2)$$

where $p(R_{fn}, \varphi_n)$ is integral intensity of emitted signals in direction φ_n .

The algorithm of sequential detection is next.

1. First sensor, which detected signal, determines with the best-achieved accuracy the spatial coordinates of through defect.
2. Primary information transmits to centre of joint processing and another sensors try to search signal in the region shown by first sensor.
3. After detection signal by the next sensors the subsystem of joint processing is formed.
4. During the signal detection by growing number of sensors the errors of 1st and 2nd order are regulated for optimisation of procedure of joint detection and measuring.

There are no preferred directions for the central slice and all give the same cross-sectional shape. So we can begin data acquisition and processing from arbitrary direction: from centre to edges or from one edge to another one. By following this procedure we obtain a plot of the central peak with some sidelobes. The total number and relative height of sidelobes depends not only from width of sector of view and angular size between neighbouring beams, but from the choice of weighting function in the mentioned Radon transform.

The principal advantage of image reconstruction by projection for small size or point objects is that a high degree of spatial resolution can be obtained using random acoustic signal (actually, acoustic noise) without necessity coherent processing. The disadvantages of the process are: the presence of high sidelobes in the point-spread function, which limits the dynamic range, and the degradation in resolution when object points cannot be observed over large angles.

Mentioned disadvantages can be overcome with good choice of weighting function in algorithm of Radon transform and specially fitted function of angular distribution of the sensors. Maybe, the best arrangement of sensors will be when angles between them represent mutually prime numbers, but this statement requires additional researches.

References

1. M.G. Lutskiy. The acoustics emission system of the cracks place location // Lutskiy M.G., Ponomarenko A.V. – Proceedings of the National Aviation University. – K: NAU, Nr. 3(44), 2010. – PP.97-105
2. А.В. Пономаренко Рациональный выбор параметров и структуры корпоративных информационно-вычислительных сетей для трубопроводных систем // Пономаренко А.В. – Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, № 3(31), 2010. – С. 132 – 138.
3. Gabor T. Herman. Image Reconstruction from Projections: Fundamentals of Computerized Tomography / Herman, Gabor T. – New York: Academic Press, 2010. – 297 PP.
4. D. L. Mensa. Coherent Doppler Tomography for Microwave Imaging // Mensa D.L., Halevy S., Wade G. – IEEE Proceedings of the IEEE, Vol. 71, No. 2, February 1983, PP. 254 – 261.

ЕЛЕКТРОННИЙ КУРС З ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Вольвач Є.О., Глоба Л.С.

Інститут Телекомунікаційних Систем, «КПІ», Україна

E-mail: volva4@gmail.com

Electronic course of Cloud computing

The development of course of Cloud computing The course includes electronic textbook, cycle of lab works, self-assessment questions and tests.

В даний час проходить дуже стрімкий розвиток хмарних обчислень. Багато систем Cloud computing вже знайшли широке повсякденне застосування, їх кількість буде тільки зростати. За даними Cisco об'єм трафіку хмарних сервісів збільшиться до 2015 року в 12 разів. Незважаючи на широке розповсюдження, існує велика кількість невирішених проблем, зокрема тих, що стосуються стандартизації, безпеки, відмовостійкості тощо. Для їх успішного вирішення необхідна наявність висококваліфікованих кадрів, тобто актуальною є підготовка фахівців за даним профілем у вищих навчальних закладах. Саме з такою метою в Інституті телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ» розробляється курс «Інфокомунікаційні системи надання послуг», завдяки якому у майбутньому можливе покращення знань у галузі хмарних обчислень в Україні.

Термін «хмара» (Cloud) широко використовують для позначення різних технологій та послуг в телекомунікаційній індустрії. «Хмара» представляє собою платформу, за допомогою якої сервіси хмарних обчислень стають доступними споживачам [1].

Курс включатиме електронний підручник з теоретичними матеріалами для вивчення основ хмарних обчислень; цикл лабораторних робіт для отримання практичних навичок роботи з технологіями Cloud computing студентами; питання для самоконтролю після кожного тематичного розділу; питання для комп'ютерного тестування; список рекомендованої літератури за тематичними розділами курсу та посилання на сучасні інформаційні ресурси Internet з тематики хмарних обчислень.

Цей курс пропонуватиме широкий погляд на паралельні та розподілені системи, їх класифікацію, моделі функціонування та технології організації сучасних розподілених процесів.

Основна увага приділятиметься питанням хмарних систем та охоплюватиме такі поняття, як сервіс-орієнтовані архітектури (SOA), угоди

про рівень послуг (SLA), алгоритми та механізми інтеграції сервісів, безпека і надійність, віртуалізація, масштабованість і енергоефективність, оскільки дані поняття є базовими для комплексного розуміння Cloud computing [2]. Крім того, розглядатимуться конкретні технічні рішення та архітектури від лідерів даного ринку, таких як Google, Amazon та Microsoft.

Для закріплення теоретичного матеріалу передбачено виконання циклу лабораторних робіт для ознайомлення з різними платформами хмарних обчислень, які включатимуть: основи роботи з платформою, основи розробки під неї, створення, налагодження та запуск сервісів. Кожна лабораторна робота буде супроводжуватись методичними вказівками до виконання.

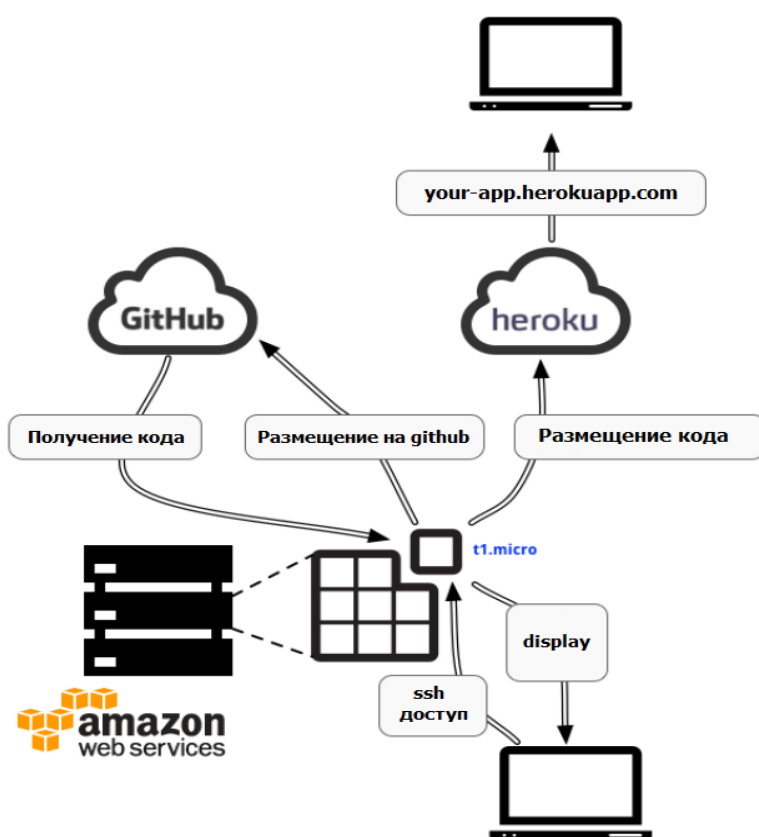


Рис. 1. Структура макету лабораторного стенду на базі Amazon Web Services.

На даний момент розроблено макет лабораторного стенду та розгорнута його тестова версія (рис. 1). Він базується на використанні хмарних ресурсів таких компаній як Amazon, а саме безкоштовна робоча станція в сервісі Amazon Web Services EC2 з встановленою на вибір операційною системою Linux Ubuntu, системи контролю версій GIT та представника PaaS провайдерів Heroku. Доступ до лабораторного стенду можна отримати з будь

якої точки планети. Також на даний момент розроблено курс лабораторних робіт та створені методичні вказівки до них.

Після проходження курсу студенти мають [3]:

- Розуміти концепцію web-сервісів і використання сервіс-орієнтованої архітектури;
- Розуміти Grid технології та їх зв'язок з технологіями Cloud computing;
- Мати уяву про технології віртуалізації і як вони використовуються в області хмарних обчислень;
- Бути знайомими з сучасними технологіями хмарних обчислень;
- Розуміти можливі загрози безпеці в хмарних середовищах;
- Вміти використовувати цілий ряд інструментів для створення хмарної інфраструктури та виконання основних операцій в ній;
- Здобути практичні навички щодо створення власних сервісів з використанням хмарних технологій.

Висновки

Одною з основних переваг переходу ІТ- інфраструктури і послуг у хмари є зменшення витрат, пов'язаних з її обслуговуванням і підтримкою. Хмарні обчислення в першу чергу застосовуватимуть телекомунікаційні оператори та провайдери Internet-послуг, які мають підтримувати доходність підприємств за рахунок впровадження нових мультимедійних послуг з підвищеною якістю. Це дозволить їм утворювати безпечний пул ресурсів, який включатиме системи обчислення, зберігання, контролю мережі й можливості оперативного керування, саме тому підготовка фахівців у цьому напрямку є сьогодні дуже актуальною.

Література

3. Mohammad Mehedi Hassan, Eui-Nam Huh, "Dynamic Cloud Collaboration Platform," Springer (2013).
4. Siamak Azodolmolky, Philipp Wieder, and Ramin Yahyapour, "Cloud Computing Networking: Challenges and Opportunities for Innovations," IEEE Communications Magazine, vol. 50, no. 7, July 2013, pp. 54–62.
5. Mohammad Mehedi Hassan, Eui-Nam Huh, "Dynamic Cloud Collaboration Platform," Springer (2013).

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПРОСАМИ К СТАНЦИЯМ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

Высочиненко М.С., Халимон Н.Ф.

*Киевский колледж связи**E-mail: vysochinenko_m@ukr.net*

Представлена математическая модель процесса запросов к элементам широкополосной беспроводной сети с применением метода поллинга. Система поллинга состоит из очередей к M элементам сети. На каждый из элементов по случайному закону поступает запрос на выдачу некоторого объема данных. Процесс поступления запросов – стационарный и эргодический. Вероятность поступления на m -й элемент одновременно более одного запроса считается величиной второго порядка малости [1].

За время $[t_i \dots t_i + \tau]$ обслуживания m -го элемента может быть отправлено $\psi_m(l_m)$ наборов данных. l_m – длина очереди в момент t_i , ψ_m – дисциплина обслуживания (циклическое, периодическое на основе таблицы поллинга, по случайному закону, с приоритетами). Вероятность обслуживания ровно k запросов на интервале τ обозначим $p_{\tau k}$.

Сформулируем условия, которым должны удовлетворять дисциплины обслуживания.

Если в момент поступления запроса на m -й элемент в очереди уже находится $l_m - 1$ запросов, они обслуживаются в соответствии с дисциплиной *FIFO* (первый пришел – первый вышел) или *FIFO* с приоритетами. Обслуженные запросы покидают систему. Затем происходит переход на запрос к следующему элементу. Считается, что условия $\psi_m(1)=1$ с вероятностью $p_{\tau 1}=1$; $\psi_m(l_m) \leq l_m$ с вероятностью $p_{\tau m} < 1$ всегда выполняются.

Пусть λ – средняя интенсивность потока запросов на интервале наблюдения T_n , μ – средняя интенсивность обслуживания запроса; p_m – вероятность попадания запроса на m -й элемент. Тогда при выполнении условия $\lambda \left(\frac{1}{\mu} + \max_M \frac{p_m}{\Psi_m \nu_m} \right) < 1$ имеет место убывание длины очереди, при

$\lambda \left(\frac{1}{\mu} + \max_M \frac{p_m}{\Psi_m \nu_m} \right) = 1$ – сходимости к стационарному значению длины очереди, а при $\lambda \left(\frac{1}{\mu} + \max_M \frac{p_m}{\Psi_m \nu_m} \right) > 1$ – длина очереди в системе неограниченно нарастает до

заполнения очереди. В последнем случае может иметь место потеря запросов и возникает необходимость организации повторного запроса. Здесь $\Psi_m = \lim_{l_m \rightarrow \infty} \psi_m(l_m)$, ν_m – среднее число запросов, поступающих на m -й элемент на интервале наблюдения.

Рассмотрим задачу характеристики длины очереди при нестационарном потоке запросов. Как известно [1,2], при этом условия ординарности и отсутствия последействия выполнимы для широкого диапазона условий. В то же время предположения о стационарности внушают серьезные сомнения, а иногда оказываются и заведомо ошибочными. Типичным примером такого процесса в информационных и телекоммуникационных сетях является трафик типа *Triple Play* (речь – видео – данные) или *Quadro Play* (речь – видео – данные – мобильные абоненты). Трафик приобретает выраженный самоподобный характер [3]: при общей низкой (в среднем) интенсивности на отдельных кратковременных интервалах наблюдения возникают всплески кратковременной интенсивности трафика, которые могут превышать долговременную среднюю интенсивность на несколько порядков.

Для обеспечения стационарного (или близкого к нему) режима выдерживания длины очереди при нестационарном потоке запросов нами разработан модифицированный метод поллинга с обратной связью, параметры которой определяются не только по результатам анализа величины заполненной части общего объема буфера, но и скорости его заполнения. Рассмотрены исчерпывающая, шлюзовая и *l*-ограниченная дисциплины обслуживания (подробные определения и классификация дисциплин обслуживания даны в работе [4]). Модель системы поллинга с периодическим опросом терминальных узлов представлена на рис. 1.

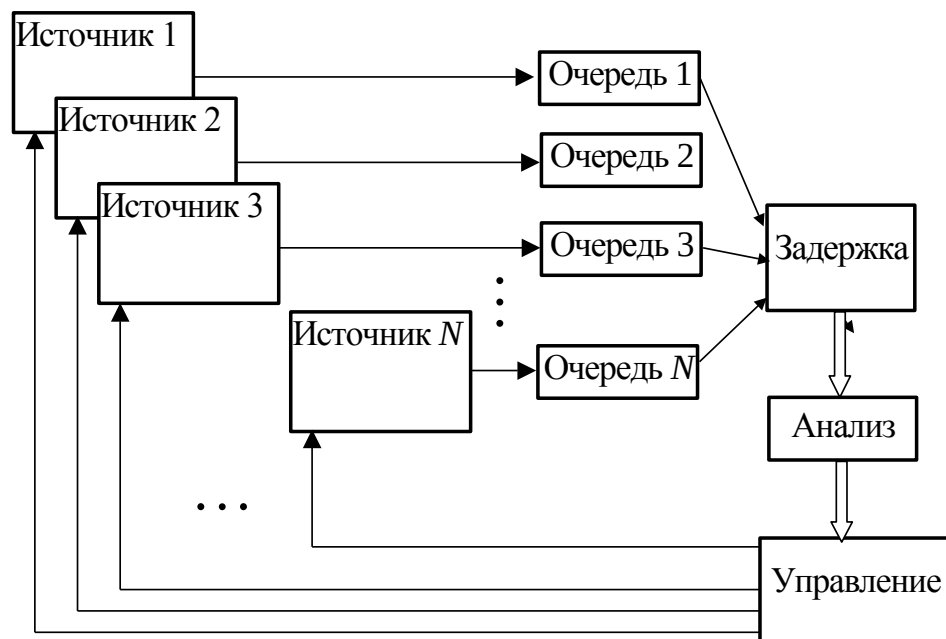


Рис. 1. Модель системы поллинга с периодическим опросом и ограниченным исчерпывающим обслуживанием с обратной связью по скорости заполнения буфера

Система обслуживания является несимметричной, а сигнальная и управляющая информация поступают с задержками, в общем случае различными для каждого обслуживаемого элемента. Такая модель

описывается системой дифференциально-разностных уравнений (уравнений с отклоняющимся аргументом [5]).

Для упрощения задачи и получения асимптотических оценок предположим, что система управления может быть описана с приемлемой для рассматриваемого приложения точностью линейными дифференциальными уравнениями с коэффициентами k_i , постоянными на интервале наблюдения:

$$y'_{asi}(t) = b_i y_{asi}(t - \tau_i) + u_i(t - v_i) + \xi_i(t). \quad (1)$$

Считается [6], что для уравнений с отклоняющимся аргументом метод аппроксимации дифференциальных уравнений разностными уравнениями является особенно эффективным.

Запишем разностное уравнение с разностями первого порядка для исходного уравнения (1) без аддитивного шума $\xi_i(t)$ в наблюдениях:

$$\frac{y_{asi}(t) - y_{asi}(t - \Delta t)}{\Delta t} \approx b_i y_{asi}(t - k\Delta t) + u_i(t - m\Delta t), \quad (2)$$

где Δt – элементарный интервал; $k\Delta t = \tau_i$ – задержка информации о состоянии объекта; $m\Delta t = v_i$ – задержка управляющего сигнала.

Элементарный интервал Δt в рассматриваемой задаче логично выбирать равным периоду поступления пакетов T_p на вход системы управления. Поступающие пакеты содержат информацию о параметрах и состоянии сети. Задержка управляющих сигналов в общем случае не равна задержке информационных сигналов.

Уравнение (2) для нормированного элементарного интервала $\Delta t/T_p = 1$ примет следующий вид:

$$y_{asi}(n) \approx y_{asi}(n-1) + b_i y_{asi}(n-k) + u_i(n-m), \quad n=0,1,2,3,\dots \quad (3)$$

Выполнив z -преобразование (3), получим выражение для системной функции системы управления параметрами дисциплины обслуживания терминальных узлов:

$$H(z) = \frac{z^{-m}}{1 - z^{-1} - b_i z^{-k}}. \quad (4)$$

Таким образом, при использовании системы поллинга с обратной связью по скорости для организации запросов в сети стационарный режим выдерживания длины очереди может иметь место и при нестационарном потоке запросов.

Литература

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987. – 336 с.
2. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.
3. Вишневский В.М. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях / В.М. Вишневский, О.В. Семенова. – М.: Техносфера, 2007. – 312 с.
4. Эльсгольц Л.Э., Норкин С.Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. – М.: Наука, 1971. – 296 с.
5. Беллман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения. – М.: Мир, 1967. – 548 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ СУБЪЕКТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОСПРИЯТИЯ НА ОСНОВАНИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Кобзарь Л.С., Сундучков К. С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Україна

E-mail: l_kobzar@ukr.net

Usage of subjective testing data for IPTV Quality of Experience determining system based on neural networks

The methods of subjective testing data processing for effective neural network learning are presented. The results of neural network simulation are presented to show the effectiveness of suggested methods.

Поставленную задачу определения качества восприятия системы IPTV на основании объективных параметров, влияющих на систему, можно рассматривать как задачу классификации за счет того, что качество восприятия в системе IPTV выражается с помощью 5-бальной шкалы согласно [1]. Соответственно, задачу классификации можно сформулировать следующим образом: найти соответствие заданного набора величин влияющих на систему IPTV параметров и одного из пяти классов качества восприятия услуги IPTV. Задачи классификации, усложненные необходимостью учета большого числа входящих параметров, могут быть успешно решены с помощью математического аппарата нейронных сетей.

Одним из наиболее важных факторов успешного построения нейронной сети для решения задач классификации является правильный выбор параметров системы, влияющих на принадлежность определенного явления

данному классу. Входящими данными для обучения сети являются результаты, полученные при субъективном тестировании. На практике очень редко, когда входящие параметры поступают в нейронную сеть в необработанном виде. Для трансформации данных используется масштабирование, логарифмирование данных и др. После сбора данных для обучения нейронной сети осуществляется разделение данных на две подгруппы: обучающая выборка (около 80% данных) и проверочная выборка (около 20% данных) - для оценки адекватности обучения сети.

В [2] было показано, что основные показатели качества восприятия системы IPTV должны быть получены непосредственно с существующей функционирующей системы IPTV, для которой разрабатывается система определения качества восприятия, так как лабораторные исследования не дают результатов, справедливых для реальных систем.

Для реализации возможности оценки качества восприятия в существующих системах IPTV был предложен метод построения системы определения качества восприятия на основании нейронной сети прямого распространения, который предусматривает обучение нейронной сети на основании данных субъективного тестирования.

Разработанный метод построения системы определения качества восприятия IPTV на основании нейронной сети, предусматривает следующие этапы обработки входящих данных для обучения:

1. Модифицированный метод нормализации входящих параметров на основании существующих стандартов качества в области IPTV. В данном методе производится нормализация на основании граничных значений параметров, которые могут быть получены на основании стандартов, используемых при разработке систем IPTV, а также при субъективном тестировании.

2. Группировка входящих параметров с целью выбора оптимальной топологии скрытого слоя нейронной сети для ускорения обучения сети.

Группирование производится по следующим категориям: где $TrPar$ –

параметры транспортной сети; *Avail* – параметры доступности сервиса; *EnvFact* – факторы среды; *Codec* – параметры эффективности кодирования/декодирования; *RespTime* – время ответа сервиса.

Экспериментальные исследования, основанные на субъективных данных [3], показали, что предложенные модификации метода позволяют увеличить точность определения качества восприятия на 7,14% и увеличить скорость обучения на 26%.

Выводы. В работе представлены основные методы преобразования входящих параметров субъективного тестирования системы IPTV для ускорения обучения нейронной сети: модифицированный метод нормализации и группировка входящих параметров. Экспериментальные исследования подтвердили эффективность предложенных модификаций: точность определения качества восприятия увеличилась на 7,14%, а скорость обучения - на 26%.

Литература

1. Рекомендация ITU-T G.1080: Quality of experience requirements for IPTV services, 2008.
2. Case study. How network conditions impact IPTV QoE. Agilent Technologies, 2008.
3. VQEG, “Final report from the Video Quality Experts Group on the validation of reduced-reference and no-reference objective models for standard definition television, Phase I,” June 2009, <http://www.vqeg.org/>.

НАВІГАЦІЯ ПО ВЕБ РЕСУРСУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГОЛОСОВИХ КОМАНД

Наконечний В. М., Глоба Л.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: v.m.nakonechny@gmail.com

Web pages voice navigation

Resource management by voice is not new idea. However, publicly available tools (PC management, input search words on web search) rather limited.

A new voice navigation tool for web pages is suggested. Using Google voice service and binding voice commands to simulate some actions (link/button click, text input) using javascript will make web surfing even more easy.

Керування ресурсом за допомогою голосу не є новою. Проте загальнодоступні інструменти (керування ПК, введення пошукових слів) доволі обмежені в області своїх можливостей. Так, наприклад керування комп'ютером (стандартна утиліта Windows) дозволяє пересуватись файловою системою і запускати програми, але не більше того. Siri - персональний помічник і питально-відповідна система, адаптована для iOS. Цей додаток використовує обробку природної мови, щоб відповідати на питання і давати рекомендації. Siri пристосовується до кожного користувача індивідуально, вивчаючи його переваги протягом довгого часу, проте є власністю Apple і доступний лише в смартфонах і планшетах цієї компанії. Google voice service – сервіс компанії Google що дозволяє перетворювати голосовий цифровий сигнал в текст, недоліком є висока чутливість (для прийняттого результату необхідна чітка дикція і розмірений темп голосу)

На даний момент не існує інструменту для здійснення навігації веб ресурсами за допомогою голосу, хоча веб стає основним середовищем користувача.

Пропонується створити інструментарій для веб навігації за допомогою голосу.

Практично всі веб сторінки відображаються за допомогою HTML коду і клієнтських сценаріїв на javascript. Це дозволяє отримати список елементів навігації і взаємодії з користувачем використовуючи стандартні патерни пошуку елементів в DOM дереві за тегами, а також перевіркою всіх тригерів ("listener") javascript в користувацьких елементах, оскільки їх побудова також має певні прийняті стандарти.

Однією з найважливіших проблем при розпізнаванні голосу є визначення імовірності помилки у визначенні букви в контексті слова чи речення. Одним з варіантів є побудова самодоповнюючої бібліотеки слів і їх контекстів, та визначення порогового значення помилки (ідентифікація помилки в розрізі можливої нової послідовності букв)[1].

Оскільки побудова такої бібліотеки (чи аналогічного інструменту) являє собою задачу високої складності, тому вирішено використати вже існуючий сервіс перетворення голосового сигналу в текстове повідомлення.

Роботу інструменту можна декомпонувати на декілька модулів, кожен з яких відповідатиме за певну частину функціональності (як і показано на рисунку 1). Дана концепція відображає модифіковану загальноприйнятую трьох ланкову конструкцію веб застосунків (клієнт – сервер - СКБД) [2]. Модифікація в тому, що

при відсутності необхідного значення в базі даних - серверна сторона звертається до Google voice service як до фабрики об'єктів зв'язок (бінарна послідовність – текстова репрезентація) після чого проходить ще один цикл визначення команди (описано нижче).

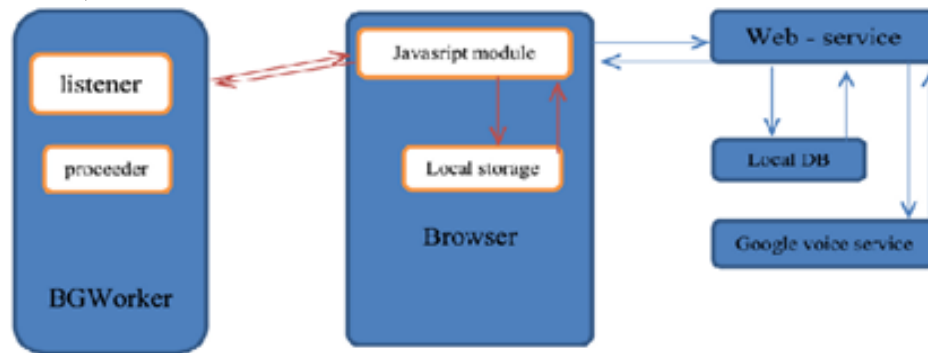


Рис. 1. Концепція інструменту голосової веб навігації.

- При завантаженні Веб сторінки Javascript module знаходить і зв'язує всі елементи навігації та вводу на сторінці, перевіряє Local storage і у випадку актуальності даних зв'язує елементи з відповідними командами, в іншому випадку робить запит до веб – сервісу і завантажує вищеописані дані в Local storage для даного сайту конкретної сторінки [4].
- Об'єкт listener працює в паралельному потоці, запускаючи процес обробки команди, яку вимовить користувач після ключового слова (для зменшення імовірності помилкової реакції)
- При отриманні команди об'єкт listener зчитує бінарну послідовність , що є репрезентацією акустичного сигналу, який поступає на вхід користувацького пристрою вводу. Послідовність передається у внутрішній об'єкт – proceeder.
- В proceeder передана послідовність порівнюється з уже існуючими з урахуванням певного відхилення і вираховує вірогідність співпадиння (потрапляння кожного біта у відповідний допустимий коридор значень) введеної команди з уже існуючими. При знаходженні відповідної команди (вірогідність співпадиння вища порогового значення) - виконується команда, зв'язана з даною бінарною послідовністю (перехід по зв'язаному навігаційному елементі чи активація іншого активного елемента, тощо). При відсутності відповідного значення аналізатор передає дану послідовність на обробку менеджера даних (міститься в javascript модулі).
- Javascript module даних відправляє асинхронний запит на веб сервіс для обробки.
- На веб сервісі дана послідовність передається на Google voice service і у відповідь отримується текстова репрезентація послідовності, що в свою чергу передається на клієнт.
- На клієнті Javascript module даних зв'язує дану послідовність з командою, що асоціюється з отриманим текстовим значенням (Наприклад, на сторінці присутнє посилання «Новини», тоді голосова команда «новини» буде відкривати дане посилання), і відсилає знайдену зв'язку на сервер, де вона записується в БД для даного сайту і сторінки.
- Навігатор виконує необхідну дію, що прив'язана до вхідної послідовності. Такий підхід має декілька до кінця неопрацьованих пунктів і обмежень. Серед яких:

- Робота навігатора передбачає використання HTML 5 сумісного браузера;
- На даний момент не визначений коефіцієнт допустимого відхилення при порівнянні бінарних послідовностей;
- Робота навігатора сильно залежить від якості зчитувального пристрою користувача і чіткості його мовлення.

Аналіз роботи створених прототипів показав, що дані про команди для веб сторінок слід категорувати не лише за конкретними сторінками, а і профілювати за місцем розташування та загальними показниками голосу (за одним комп'ютером можуть працювати декілька осіб, зазвичай ці особи не міняються (наприклад в сім'ї), тому можна визначити значення відхилення для кожного користувача), таким чином, дозволяючи визначити найоптимальніший рівень відхилення для кожного користувача, що в свою чергу забезпечить підвищення якості роботи інструменту.

Такий підхід дозволить уніфікувати процес визначення відхилення незалежно від мовної приналежності чи особливостей мовлення кожного окремого користувача.

Інструмент буде являти собою клієнт – серверний додаток (клієнт - javascript модуль що може бути доданий до будь-якої веб сторінки) з використанням асинхронних запитів і паралельного потоку HTML5, для мінімізації впливу клієнтського коду на загальну поведінку веб сторінки [5].

На даний момент інструмент реалізований в розділених прототипах, не зв'язаних між собою. Проте планується побудова першого повнофункціонального прототипу, і як тестове середовище планується використати портал Національного Антарктичного центру, оскільки ним користуються різні категорії населення (за віковими і мовними признаками), а також присутність великої кількості послань та елементів управління, робота яких може бути переведена на голосове управління.

Висновки. Результати, отримані при аналізі роботи прототипів показали що створення даної системи за наявних ресурсів можливе. Відкритими залишаються ряд питань, в основному пов'язані з ідентифікацією команд (порівнянням вхідних бінарних послідовностей) та профілюванням даних. До кінця року планується побудова першої версії інструменту і запуск його на існуючому порталі Національного Антарктичного Центру в тестовому режимі.

Проте ефективна робота інструменту можлива лише після вирішення питання з визначенням допустимого відхилення значень бітів при порівнянні вхідних послідовностей.

Література

1. Baum, L.E. & Petrie, T. (1966). Statistical inference for probabilistic functions of finite Markov chains. The Annals of Mathematical Statistics, Vol. 37, No. 6.
2. Knuth, Donald. 1997b. The Art of Computer Programming, vol. 2, Seminumerical Algorithms, 3d ed. Reading, MA: Addison-Wesley.
3. McCue, Gerald M. 1978. «IBM's Santa Teresa Laboratory—Architectural Design for Program Development.» IBM Systems journal 17, no. 1: 4-25.
4. Stefanov, Stoyan. 1998. JavaScript Patterns: O'Reilly Media, Inc.
5. Burnham, Trevor. 2010 Async JavaScript. Dallas: The Pragmatic Bookshelf.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ SDR-ТЕРМИНАЛА ОТ ВРЕДНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В МУЛЬТИСТАНДАРТНЫХ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ

Федорова К.П., Чирченкова М.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: kristinafdrv@gmail.com, chirchenkova.mariya@gmail.com

The analysis of protection methods from malicious software on SDR-terminal in multistandard reconfigurable mobile networks

In this paper the brief analysis of protection methods from malicious software influence on SDR-terminal is provided. Merits and demerits of these methods are given. Requirements to protection method from malicious software influence on SDR-terminal in multistandard reconfigurable mobile networks are put forward.

На сегодняшний день технология Software Defined Radio (SDR) развивается достаточно динамично и является одним из средств перехода к гибким мультистандартным реконфигурируемым мобильным сетям.[1] В связи с этим, возникли специфические для SDR проблемы безопасности. Такими проблемами являются:

1. установка вредоносного программного обеспечения;
2. изменение или уничтожение конфигурационных данных;
3. изменение или уничтожения программного обеспечения операционной системы реального времени;
4. изменение или уничтожение данных пользователей;
5. изменение или уничтожение программного фреймворка;
6. изменение или уничтожение кода сигнала;
7. искусственное потребление ресурсов и т.д.

Проблемы 2-7 могут быть вызваны установкой вредоносного программного обеспечения, что делает систему SDR более уязвимой, по сравнению с традиционными телекоммуникационными системами.[2] Поэтому возникает потребность в поиске оптимального метода защиты SDR-терминалов от вредоносного программного обеспечения в мультистандартных реконфигурируемых мобильных сетях.

На сегодняшний день в научной литературе описаны лишь общие методы защиты SDR-терминалов от вредоносного программного обеспечения и отсутствуют методы защиты в мультистандартных реконфигурируемых мобильных сетях.

Для обеспечения программной безопасности SDR-терминалов необходимо обеспечение надежного механизма загрузки программного обеспечения с разных источников и создание безопасной среды исполнения

программ в терминале.[2] Исходя из этого, существующие методы защиты SDR-терминала можно соответственно разделить на две категории:

1. Методы безопасной загрузки программного обеспечения;
2. Методы обеспечения выполнения высоконадежного программного обеспечения.

К методам безопасной загрузки программного обеспечения можно отнести сертификацию аппаратных и программных платформ SDR-терминала, использование цифровых подписей и подход с использованием программируемых пользователем вентильных матриц.

Сертификация аппаратных и программных платформ SDR-терминала в мультистандартных реконфигурируемых сетях является сложным и медленным процессом, в связи с возрастанием количества программных модулей терминала, по сравнению с не реконфигурируемыми мобильными сетями. Кроме того данный метод не гарантирует того, что ПО, загруженное с сертифицированного источника, не будет вредоносным. По этим причинам метод сертификации для мультистандартных реконфигурируемых мобильных сетей является малоэффективным.

В статье [3] была предложена платформа для безопасной загрузки ПО с использованием цифровых подписей. Достоинством данной системы является возможность контроля регулирующими органами утверждения программного и/или аппаратного обеспечения и их комбинаций. Однако сложность системы, необходимость создания цифровых подписей для всех комбинаций из сигналов/терминалов, а также выдача новых цифровых подписей в случае создания новой версии сигнала делают данный метод неприменимым для защиты SDR-терминала от вредоносного ПО в мультистандартных реконфигурируемых сетях.

Подход с использованием программируемых пользователем вентильных матриц (ППВМ) заключается в том, что проводное соединение логических блоков конфигурации ППВМ, что могут быть расположены многими способами, увеличивает степень надежности шифрования.[2] Однако недостатком такого подхода является его высокая сложность, а также возможность загрузки программного обеспечения только от производителя SDR-терминала. Эти недостатки ограничивают возможности SDR-терминала в мультистандартных реконфигурируемых мобильных сетях.

Метод безопасной загрузки обеспечивает лишь то, что программное обеспечение не будет изменено злоумышленниками в процессе передачи между SDR-терминалами. Данный метод не гарантирует того, что передаваемое программное обеспечение не является вредоносным изначально, что требует дополнительных средств на обнаружение вредоносно ПО.

Методом обеспечения выполнения высоконадежного программного обеспечения является предварительный запуск программного компонента в «песочнице» - защищенной среде, где компонент может быть оценен без ущерба для реальной системы. При этом используется обнаружение на основе подписей (последовательностей байтов в программном коде) и

обнаружение на основе поведения (действий, которые выполняет программа).[4] Также данный метод может дополняться наблюдением за памятью и мониторингом радиоизлучения.[5]

Однако, данный метод требует дополнительных вычислительных ресурсов от SDR-терминала. Поскольку в мультистандартных реконфигурируемых мобильных сетях возрастает количество программных модулей SDR-терминала, то объем вычислительных ресурсов для «песочницы» может быть критическим.

Исходя из этого, возникает необходимость в создании специального метода защиты SDR-терминала от вредоносного программного обеспечения в мультистандартных реконфигурируемых мобильных сетях.

Требования к методу защиты SDR-терминала от вредоносного программного обеспечения в мультистандартных реконфигурируемых мобильных сетях. Определим требования к методу защиты.

1. Метод защиты должен обеспечить в комплексе надежный механизм загрузки программного обеспечения с разных источников и создание безопасной среды исполнения программ в SDR-терминале.
2. Метод должен быть высокопроизводительным и требовать минимального объема вычислительных ресурсов.
3. Метод защиты должен предусматривать загрузку программного обеспечения не только от производителя SDR-терминала, но и с других источников.
4. Метод защиты должен обеспечить низкую сложность реализации и уменьшение времени проверки программного обеспечения на вредоносность. При этом эффективность метода в условиях роста количества программных модулей не должна уменьшаться.

Выводы. В работе был проведен анализ существующих методов защиты SDR-терминала от воздействия вредоносного ПО. Также выдвинуты требования к новому методу защиты SDR-терминала от вредоносного программного обеспечения в мультистандартных реконфигурируемых сетях.

Литература

1. Глоба Л.С., Курдеча В.В., Зингаева Н.А. «Использование SDR-решений в реконфигурируемых мобильных сетях» - Наукові записки УНДІЗ, 2011.
2. BALDINI *et al.*: Security aspects in software defined radio and cognitive radio networks: a survey and a way ahead - IEEE communications surveys & tutorials, vol. 14, no. 2, second quarter 2012
3. L. B. Michael, M. J. Mihaljevic, S. Haruyama, and R. Kohno, "A framework for secure download for software-defined radio.", *IEEE Commun. Mag.*, July 2002.
4. Vinod P., V.Laxmi, M.S.Gaur, SURVEY ON MALWARE DETECTION METHODS, Hack.in 2009, PGRC for Computer & Internet Security, I.I.T. Kanpur, U.P., India - 208016.
5. Software Defined Radio: Challenges and Opportunities Tore Ulversøy, Member, IEEE, IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 12, NO. 4, FOURTH QUARTER 2010

О ВИЗУАЛИЗАЦИИ МЕТАГРАФОВ

Кривенко А.С., Штогрин Е.С.

Институт телекоммуникационных систем ИТУУ „КПИ”

E-mail: alexakryvenko@gmail.com, L_Shtogrina@mail.ru

About metagraph visualization

Proposed a method for metagraph visualization based on the principles of force algorithms. Defined the criteria on which the final image captured is coherent, understandable for users and corresponds to a predetermined metagraph. This approach defines the rules set for forces between metagraph nodes depend on which nodes types this forces are performed.

На сегодняшний день активно развиваются средства визуализации информации. Популярность визуального представления информации во всех сферах деятельности возрастает с появлением новых методов построения форм, электронных бланков, средств построения гистограмм и графиков, средств анализа и взаимодействия с графическими изображениями. При визуализации информации данные преобразуют в такой вид, чтобы использовать способность человека анализировать зрительные образы. Графическое представление позволяет повысить эффективность анализа данных. С помощью графического анализа удастся избежать сравнения множества величин, которое неизбежно при анализе данных, которые представлены в текстовом виде. Например, при исследовании отклонения физической величины от заданного значения, представленного на графике, легко можно выявить интервалы, где эти отклонения выше нормы.

Для рассмотрения множества связанных между собой элементов используются графовые структуры. Теория графов может быть применена для представления предметных областей и дальнейшего их анализа. В частных случаях для рассмотрения взаимосвязанных множеств, которые могут пересекаться, или включать друг друга, используют гиперграфы, hi-графы и метаграфы [1]. Существует множество методов для генерации изображений графов малых и больших объемов [2]. Также развитие получили методы визуализации гиперграфов. В работе [3] рассматриваются методы визуализации гиперграфов больших объемов. Анализ литературы показывает, что на сегодняшний день не существует методов визуализации метаграфов. Метаграфы используются для формализации логического вывода, моделирования функционирования устройств, моделирования бизнес-процессов. Применение методов графического анализа в этих задачах позволяет повысить их наглядность и эффективность работы человека с ними. Поэтому задача визуализации метаграфов является актуальной.

Метод визуализации метаграфа. Наиболее гибкими алгоритмами визуализации графов являются силовые алгоритмы, основанные на физических аналогиях [2]. Они используют представление графа как системы

объектов, связанных пружинами, или имитируют действие гравитации и магнитных сил на эти объекты, или минимизируют энергию, присвоенную системе этих объектов. Для визуализации метаграфа нельзя непосредственно применить данные алгоритмы, так как в них не предусмотрены механизмы, которые позволяют учесть особенности структуры метаграфа.

Основное отличие метаграфа от графа это наличие вершин, которые могут включать другие вершины. Такие вершины были названы метавершинами. Будем использовать термин узел метаграфа, если в контексте нет необходимости различать вершина это или метавершина. Ребра метаграфа могут соединять любые узлы.

В методах визуализации графов нет механизмов учета вложенности вершин в метавершины. Вследствие этого при применении к метаграфу метода визуализации графа результирующее изображение может не соответствовать заданному метаграфу. Эта проблема возникнет, потому что либо не учитываются ребра инцидентные метавершинам, либо не учитывается наличие метавершин, а положение вершин вычисляется независимо друг от друга.

Были предложены критерии, при выполнении которых, графическое представление метаграфа будет считаться правильным, то есть соответствовать заданному метаграфу:

Координаты вершин не равны, причем координаты метавершин могут быть равны при наличии общих внутренних вершин.

Только координаты вершин принадлежащих метавершине находятся в фигуре метавершины.

Фигуры метавершин не имеющих общих внутренних вершин не пересекаются.

Наряду с критериями соответствия графического представления аналитическому представлению метаграфа, важными являются и требования к эстетичности построенного изображения. Для изображений графов это: симметрия, минимальное количество пересечений ребер, приблизительно равная длина ребер и др. Что справедливо и для графического представления метаграфа, но форма и расположение метавершин имеют высший приоритет.

Для решения задачи визуализации метаграфа, при заданном начальном расположении узлов, необходимо найти:

1. Расположение вершин, не входящих в метавершины.
2. Расположение метавершин, с учетом взаимного расположения метавершин, которые имеют общие внутренние вершин.
3. Взаимное расположение вершин в метавершине.
4. Форму метавершин.
5. Форму ребер.

Предложенный метод визуализации метаграфа является модификацией алгоритма Фрюхтермана и Рейнгольда для визуализации ненаправленных графов [4]. Вводятся дополнительные правила действия сил и коэффициенты балансировки этих сил.

Силы отталкивания действуют между каждой парой узлов, кроме пар метавершина - входящая в нее вершина. Силы притяжения действуют между смежными узлами, между метавершинами и вложенными в них вершинами, между всеми вложенными в метавершину вершинами.

Предлагается ввести коэффициенты Kr_{uv} и Ka_{uv} , изменяющие силы. Они зависят от типа узла, на который действует сила, типа узла, со стороны которого действует сила, и от соотношения этих узлов. За счет введения этих коэффициентов достигается регулировка величины сил для различных узлов и как следствие: расположение узлов соответственно критериям, описанным выше, а также уменьшение площади фигур метавершин.

Форму метавершины с двумя внутренними вершинами предлагается определить как эллипс. Форму метавершин с тремя и более внутренними вершинами определить как минимальную выпуклую оболочку внутренних вершин, что позволит избежать пересечения фигур метавершин и обеспечить их минимальную площадь. Алгоритмы Джарвиса, Грэхема или Чана [5] могут быть использованы для поиска такой оболочки. Для уменьшения количества пересечений ребер и исключения случаев пересечения фигур метавершин ребром, форму ребра необходимо рассчитывать как кривую Безье или В-сплайн [6], которые будут огибать узлы.

Предложенный метод был реализован с использованием технологии WPF .NET. Технология WPF предоставляет средства для разработки визуального интерфейса, двухмерной и трехмерной графики, анимации и др., поэтому она была выбрана для реализации метода визуализации метаграфа.

Выводы. С помощью разработанного программного обеспечения были проведены тесты с использованием случайных метаграфов разного размера со случайным начальным расположением узлов. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что изображения, полученные с помощью предложенного метода визуализации метаграфа, соответствуют заданным метаграфам и поставленным требованиям. Планируется доработка метода для удовлетворения основных требований эстетики: минимизации пересечений ребер и занимаемой готовым изображением площади.

Литература

1. Amit Basu, Robert W. Blanning, Metagraphs and their applications. Springer – 2010. – 173p.
2. Апанович З. В. Современные силовые алгоритмы для визуализации информации большого объема//Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV Международной конференции (Самара, 19-22 июня 2012 г.) .— 2012. С. 164-171.
3. Jesse Paquette, Taku Tokuyasu. Hypergraph visualization and enrichment statistics: how the EGAN paradigm facilitates organic discovery from big data. // Proc. SPIE 7865, Human Vision and Electronic Imaging XVI on February 02 2011.
4. Fruchterman T. M. J., Reingold E. M., Graph Drawing by Force-Directed Placemen// Software -Practice and Experience . – Vol. 21, N.11. – P. 1129-1164. –1991.
5. Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. Алгоритмы. Построение и анализ — 2-е изд. — “Вильямс”, 2005.
6. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. — М.: Мир, 2001.

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДАНИХ НАЦІОНАЛЬНОГО АНТАРКТИЧНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ УКРАЇНИ

Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л., Щасливий С.П.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: S4asliviifamily@yandex.ru

This article provides an method of creating of automated workflow for working with distributed knowledge portal of National Arctic Scientific Center (NASC). Also, it contains schemas of data processing on NASC portal, using BPMN notation.

Розвиток ІТ-технологій у наш час дозволяє автоматизувати більшу частину задач у виробничому чи науковому процесі будь-якої організації чи установи. В той же час сучасний стан в галузі телекомунікацій вимагає від організацій створення такого інформаційного середовища, яке б задовольняло високим вимогам масштабованості, надійності, безпеки, продуктивності обчислень, та забезпечувало достатні умови для збору, обробки, збереження та доступу до усіх необхідних даних. Широкого розповсюдження за даних умов набувають розподілені системи. Таким чином гостро постає питання автоматизації робочих процесів в розподілених системах. Отже, технології, що дозволяють побудувати автоматизовані робочі процеси в розподілених системах та забезпечити ефективне управління необхідними обчислювальними ресурсами є надзвичайно актуальними та важливими для підвищення загальної продуктивності та покращення результатів роботи організацій.

Метою даною роботи є запропонування оригінального підходу до створення автоматизованого робочого процесу в розподіленому інформаційному середовищі Національного Арктичного Наукового Центру (НАНЦ), що базується на розробленій моделі, що дає можливість реалізувати робочий процес в гетерогенному середовищі.

Наукові робочі процеси (НРП) набувають все більшої важливості в зв'язку з тим, що в науці збільшується кількість завдань пов'язаних з обчисленнями великих масивів даних. Такі масиви даних накопичуються при проведенні досліджень НАНЦ у вигляді документів, графічних файлів, мап, тощо. Ці дані повинні пройти певний шлях обробки для остаточного представлення на порталі НАНЦ.

У даній роботі детально розглянута функція «Автоматизований процес спільної обробки даних в процесі досліджень». Реалізація необхідних налаштовуваних workflow для автоматизації процесу «Обробка даних НАНЦ» повністю або частково замінять потоки завдань, що раніше виконувалися вручну і, найчастіше, малоефективними способами.

Для наочності та спрощення побудови моделі робочого процесу його схематично зображено на рис. 1.



Рис.1. Робочий процес «Обробка даних НАНЦ»

Робочий процес являє собою множину станів, задач та переходів між ними. Отже, модель даного робочого процесу у нотації BPMN матиме вигляд:

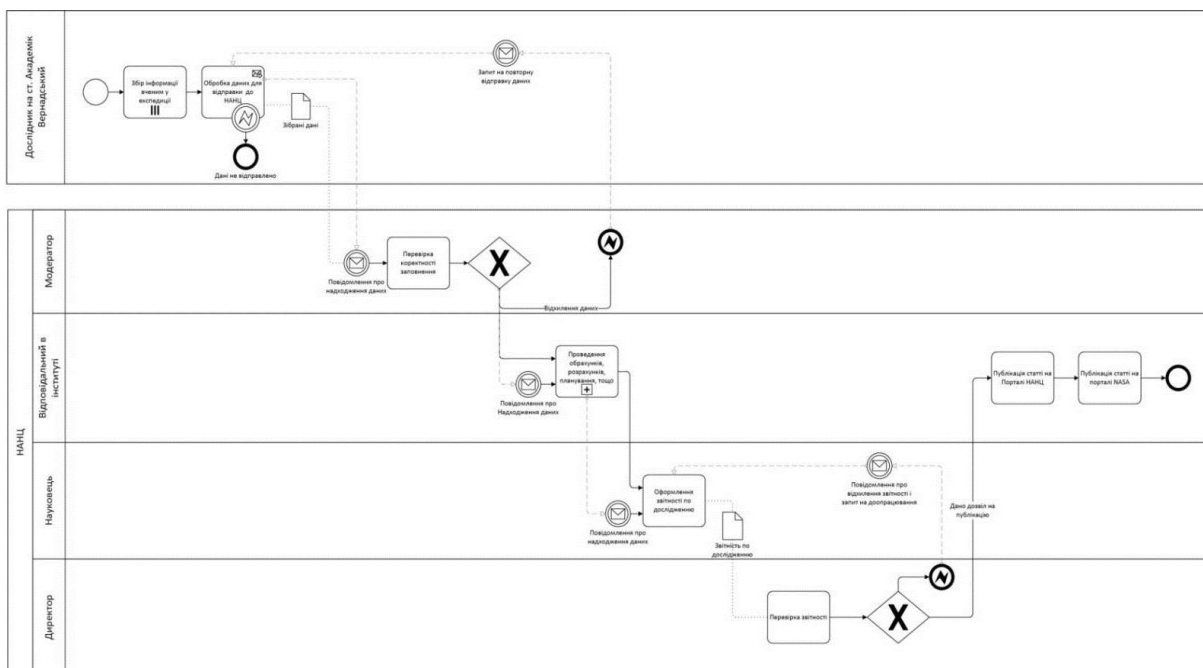


Рис.2. Модель робочого процесу «Обробки даних НАНЦ» у BPMN

Моделювання в BPMN здійснюється за допомогою діаграм з невеликим числом графічних елементів. Це допомагає користувачам швидко розуміти логіку процесу.

Для моделювання використовувався програмний інструмент Microsoft Office Visio 2010 Professional, що включає в собі можливість симуляції та аналізу workflow у нотації BPMN. Моделювання в BPMN здійснюється за

допомогою діаграм з невеликим числом графічних елементів. Це допомагає користувачам швидко розуміти логіку процесу.

Автоматизована робота є можливою при створенні певного фіксованого алгоритму (workflow) руху дослідницьких даних в межах НАНЦ в процесі обробки між персональними кабінетами науковців. Такі віртуальні кабінети розташовані разом із сторінками щодо загальної інформації про НАНЦ на його вузлі. В даному робочому процесі приймають участь науковці і дослідники, отже середовищем для розгортання процесу є «Віртуальний кабінет науковця» з різним додатковим функціоналом за потребами та правами («модератор», «директор»). Таким чином пропонується спільне середовище обробки даних на всіх етапах від збору до публікації готової статті на порталі НАНЦ. Пропонується наступний вигляд робочого кабінету (рис. 3):

Віртуальний кабінет: Антарктичний Морж Іванович				
Створити проект Переглянути проект		Змінити елемент Видалити елемент Надіслати		
Особисті дані Документи Особисті документи Гостям Наукова робота Дослідницькі проекти Звітність Розклад Інтерактивне спілкування Корзина	Назва	Ким створено	Дата створення	Етап обробки
	«Дослідження для підготовки Шетлендських островів»	Антарктичний М.І.	15.11.2014	Обробляється модератором
	«Популяція пінгвінів для масиву Вікторія»	Антарктичний М.І.	22.01.2015	Обробляється в НАНЦ
	«Дослідження популяції нерпиків»	Антарктичний М.І.	26.03.2015	Повернено на доопрацювання

Рис.3. Загальний вигляд віртуального кабінету науковця

Побудова запропонованого інформаційного середовища взаємодії між науковцями НАНЦ беззаперечно є необхідністю для покращення ефективності та автоматизації робочих процесів даної організації. На даний час відповідні процеси виконуються застарілими методами і можуть бути автоматизованими у рамках роботи зі створення порталу НАНЦ.

Висновки. Запропонований підхід до автоматизації науково-дослідницької діяльності дозволяє оптимізувати спільну роботу між науковцями і дослідниками, забезпечити своєчасний доступ до даних, зручне і просте їх використання, систематизоване зберігання, а також зменшити витрати часу і фізичних сил для переміщення документів, дозволить працювати в режимі on-line, без використання несучасних, застарілих морально методів

Література

1. Van der Aalst. The application of Petri nets to workflow management. / WMP Van der Aalst // Journal of Circuits Systems and Computers 8,1998. – с. 21-66.
2. SharePoint 2010. [Електронний ресурс]. – Електронні текстові дані – Режим доступу: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd776256.aspx>, Tuesday, 24 May 2011, 18:04:56.
3. Щасливий С.П. Реалізація розподіленого workflow для обробки даних на сайті Національного Антарктичного Наукового Центру / С.П. Щасливий, Л.С. Глоба // 36. матеріалів конференції, тези: VI Міжнародна Антарктична Конференція, м. Київ, 15-17 травня, 2013. – С. 383-385.

МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ВМІСТУ HTML СТОРІНОК**Івлєв Ю.В. , Кайденко М.М.***Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна**E-mail: cr@ukr.net***METHOD OF DATA ANALYSIS IN HTML PAGES**

In paper presents a upgraded method of data analyzing in HTML pages.

В даній статті описана методика ідентифікації категорії, до якої належить HTML сторінка за її текстовим вмістом. Вона базується на використанні словників з ключовими словами, що відповідають визначеним заздалегідь категоріям. Відмінністю від поширеного методу оцінювання є те, що для кожного слова окремо виставляється його вага, в залежності від місця знаходження слова на сторінці. Окрема вага для слова в заголовку сторінки (тег TITLE), мета даних (теги META з атрибутами keywords та description), заголовках тексту (теги H1, H2, H3) та звичайному тексті.

Аналіз даних пропонується реалізувати на основі скрипту на мові Javascript. Посилання на скрипт інтегрується до сторінки в момент обробки її проксі-сервером, що обслуговує запити клієнта.

Приклад інтеграції посилання в HTML код:

```
<!--[if gte IE 7]><!--> <script type="text/javascript" src="/analyzer.js"></script>  
<!--<![endif]-->
```

З точки зору практики реалізації посилання повинне бути спрямоване на сайт з якого завантажується сторінка і на рівні проксі-серверу запит повинен бути перехоплений та оброблений. Така реалізації пов'язана з розповсюдженою на даний час боротьбою з рекламою в Інтернет просторі, яка ведеться завдяки постійній розробці доповненню Adblock.

Розрахунок оцінки приналежності до категорії даних проводиться відносно кількості знайдених слів та їх ваги. Для аналізу та розрахунку використовується браузер, тобто обчислювальний ресурс клієнта. Результат аналізу направляється до серверу. Для передачі можна використати технологію AJAX. Також можна передати отримані дані іншим методом, наприклад, завдяки створенню об'єкту зображення (Image) та зміни його параметру "src" на потрібне нам посиланням. В атрибутах посилання можна розмістити потрібні для передачі дані. Даний метод односторонньої передачі майже повністю виключає блокування браузером або його доповненнями.

Приклад коду на мові Javascript:

```
(new Image()).src='/upload.php?data=[0,332,31,231,117]';
```

На рисунку 1 схематично зображено технічну реалізацію описаного методу.



Висновки.

Загалом, сам метод аналізу та його реалізація є доволі ефективним методом боротьби з нецільовим використанням мережі Інтернет користувачами. Адже не потрібні списки сайтів, що постійно оновлюються, не потрібні постійні запити до зовнішніх баз даних нецільових ресурсів. Механізм перевірки базується на принципах, що кожен користувач фактично сам себе контролює.

До недоліків даного методу можна зарахувати потребу в повному першому завантаженні сторінки. Також недоліком є відсутність можливості використання при роботі клієнта за HTTPS протоколом, але це спільна риса для всіх подібних систем.

Таким чином проведений в даній роботі огляд дає загальне представлення, щодо можливості застосування на практиці концепції самодостатності користувача. Також описано метод практичної реалізації описаної методики.

Механізм що був описаний для реалізації методики вже був практично випробуваний та використаний при створенні системи фільтрації, на замовлення Національної Академії Наук України.

Література.

1. Науковий звіт, «Розроблення основних програмних засобів автоматизованої системи фільтрації зовнішньої інформації», НТУУ «КПІ», 2013р.

РАЗВИТИЕ УКРАИНСКОГО ПОРТАЛА АНТАРКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Привар О.А., Новогрудская Р.Л., Глоба Л.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ „КПИ”

E-mail: kceno4ka@ukr.net

Developing National Antarctic Scientific Portal of Ukraine

Рассмотрены этапы дальнейшего развития разработанного ранее украинского портала Антарктических данных. Рассматриваются шаги и способы интеграции деятельности украинских исследователей Антарктиды и ученых с деятельностью ученых и исследователей Антарктиды других стран.

Всемирно известные международные организации такие как NASA, SCADM созданы, в том числе для того, чтобы координировать и упрощать взаимодействие ученых и исследователей Антарктиды разных стран. С этой целью проводятся ежегодные конференции, симпозиумы, выставки и прочие мероприятия, где ученые делятся результатами исследований и обмениваются опытом. Развитие телекоммуникаций позволяет облегчить взаимодействие ученых – созданы соответствующие сайты, порталы, форумы. В связи с этим было принято решение, что Украинский портал Антарктических данных[1] должен взаимодействовать с одним из широко известных международных порталов – порталом NASA[2].

Целью дальнейшей разработки портала является расширение его возможностей и повышение удобства использования для конечных пользователей. Современные порталы Антарктических данных других стран не предоставляют широких возможностей пользователям, но потребность в таких возможностях, как отлаженный рабочий процесс, совместная работа над документами и результатами исследований есть.

Ниже представлен внешний вид статьи (Рис. 1), выкладываемой учеными на портал. Ее структура была разработана в рамках деятельности по созданию портала [3]. Такая статья содержит всю необходимую информацию, с помощью которой можно описать оригинальную статью и связаться с ее автором, она разработана в результате анализа подобных отчетов об исследованиях других стран и требований к ним. К публикуемой на портале статье можно прилагать все необходимые, по мнению ученого материалы: фотографии, графики, документы и прочее. Каждая статья

содержит краткую информацию о сути исследований, идентификатор, по которому можно ее найти и информацию об используемом оборудовании и пр.

Для большего удобства доступ к portalу осуществляется непосредственно с сайта Национального Антарктического научного центра. Дальнейшее развитие portalа подразумевает внедрение разработанного ранее рабочего процесса. Исходя из выявленных бизнес процессов был разработан процесс, содержащий все активности, которые должны быть проделаны над поступившими в систему материалами: например подтверждение или определенная обработка. Для удобной совместной работы исследователей разработана концепция кабинетов, в которых сразу несколько пользователей смогут работать над одним материалом.

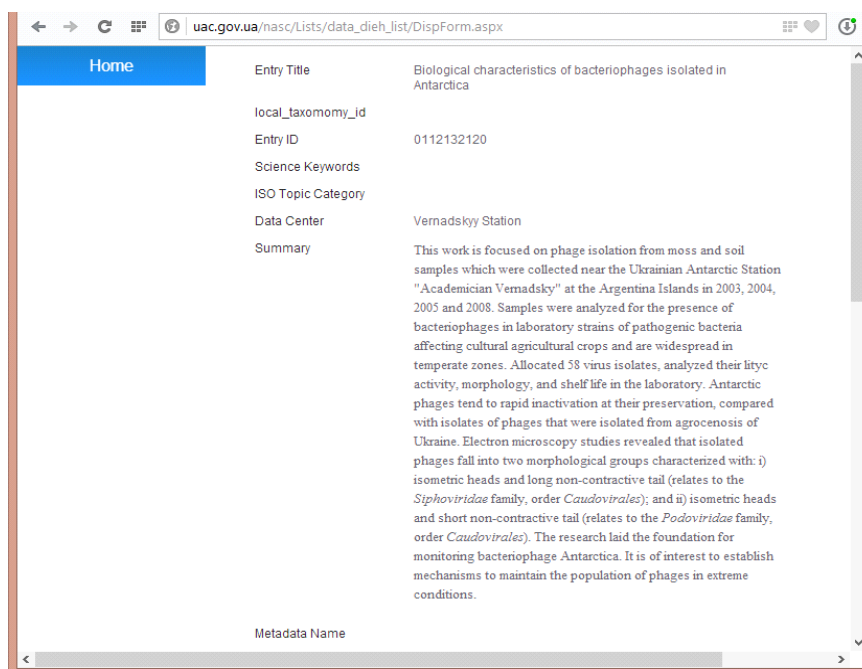


Рис. 1. Фрагмент статьи

Также разрабатывается приложение, позволяющее пользователям, не обладающим специальными навыками программирования, дополнять онтологию portalа. Для этого создается определенный словарь команд, близких к нормальной человеческой речи, которые приложение будет понимать и создавать соответственно необходимые для онтологии объекты. Словарь будет содержать часто используемые слова для выражения определенных объектов. Такие слова определялись путем анализа процессов и терминологии, используемой учеными и исследователями НАНЦ для выражения соответствующих сущностей.

Данные хранятся в структурах списка, предоставляемого выбранной платформой для portalа – SharePoint. В архитектуре portalа веб-сервис,

реализующий взаимодействие между порталом НАНЦ и международным порталом NASA отделен от основной части и был разработан на языке программирования Python.

Для создания шаблона был создан перечень всех типов данных, которые могут быть представлены на портале Антарктических данных. На втором этапе проводился детальный анализ полученной информации и дальнейшее создание прототипа структуры шаблона. Важным фактором является включение в шаблоны полей, предусмотренных требованиями международных организаций. После изучения требований SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) и NASA структура шаблона была дополнена.

Разнообразие мобильных технологий и сферы деятельности НАНЦ, в которой такие технологии играют важную роль, приводит к задаче нахождения альтернативных возможностей навигации и выполнения определенных операций на портале. Одним из таких решений является разработка и внедрение возможности голосовой навигации и управления порталом. Такое решение позволит исследователям, находящимся непосредственно на станции «Академик Вернадский» удобнее использовать возможности портала.

Выводы. Анализ процессов, происходящих при сборе материалов, их обработке и исследовании показал, что существует необходимость в предоставлении дополнительного функционала и возможностей для исследователей и ученых, предоставляемых на портале. В связи с этим ведется активная работа над разработкой таких возможностей: эффективный поиск, голосовое управление, приложение, позволяющее расширять онтологию портала с использованием близких среднестатистическому пользователю команд.

Литература

1. Портал Антарктических данных НАНЦ: [Электронный ресурс]. URL: <http://uac.gov.ua/> (Дата обращения: 03.02.2014).
2. Портал Антарктических данных NASA: [Электронный ресурс]. URL: http://gcmd.nasa.gov/KeywordSearch/amd/nadc_portals.html (Дата обращения: 21.12.2013).
3. Привар О.О., Глоба Л.С. Создание Украинского портала антарктических данных // XI международная конференция «Проблемы телекоммуникаций».

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ МЕРЕЖЕВОГО РЕСУРСУ ЗА КЛАСАМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ У МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ

Правило В.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна, Київ

E-mail: valeriy_pravilo@ukr.net

Фомін М.М.

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного
університету телекомунікацій, Україна, Київ*

E-mail: m.fomin@ukr.net

Peculiarities of distribution of network resources by class of service in multiservice communication network

In this paper, shows the classes of service for different types of traffic. The possibility to assign bandwidth constraints for different sets of traffic classes with the aim of quality opportunities multiservice communication network.

Швидке зростання трафіку і впровадження нових сервісних послуг і сервісів таких як IPTV, VoIP та інш., ставить задачу негайного реагування і своєчасного адаптування до цих змін. На перший погляд, мережі мають необхідні механізми для підтримки себе в робочому стані, такі як підстроювання швидкості передачі даних до наявної смуги пропускання, реагування маршрутизаторів на зміни мережових топологій з подальшим оновленням маршрутів, вибір найкоротших маршрутів, всі вони не гарантують раціонального використання мережових ресурсів. Тому впровадження класів обслуговування для різних видів трафіків і системи управління трафіком для перерозподілу мережного (канального) ресурсу є необхідним завданням. Канальний ресурс – це одне з понять теорії телетрафіка [1], необхідне для формалізованого опису процесу обслуговування користувачів послуг зв'язку, визначимо його, як цілочисельний вираз передавальних можливостей лінії зв'язку, відданих у тимчасове користування абонентам мережі. Обсяг ресурсу висловимо в числі каналів, що мають фіксовану швидкість передачі. Їх визначення будемо починати з рівня абонента і поставимо в залежність від переліку надаваних сервісів і значень ефективної інтенсивності відповідних інформаційних потоків.. Мультисервісність, що присутня у мережах, вимагає розробки науково обґрунтованих засобів досягнення необхідних показників якості обслуговування. Викладення матеріалу будемо вести, використовуючи визначення, пов'язані з реалізацією технології MPLS. Відомості про можливості використання даної технології викладені в ряді джерел [2]. БагатопроTOCOLьна комутація по мітках MPLS (Multi – Protocol Label Switching) – найбільш ефективне рішення проблеми мережової QoS (Quality of Service) при передачі мультимедійної інформації в реальному часі з урахуванням таких показників, як затримка, тремтіння фази, перевантаження,

канальний ресурс та інш. Перевагами використання технології MPLS є великі можливості розширення мережі, збільшена швидкість відправки пакетів, інтеграція засобів IP і ATM, перерозподіл потоків даних TE (Traffic Engineering), використання віртуальних приватних мереж MPLS VPN (Virtual Private Networks), швидка зміна загальної структури маршрутизації і надійне забезпечення якості обслуговування.

Ми ж розглянемо мережі з MPLS, які містять у собі розподіл мережних ресурсів між набором заданих шляхів з комутацією по мітках LSP (Label Switched Path) і накладенням їх на фізичні мережі трактів з певними обмеженнями по продуктивності. Тут також визначаються пороги продуктивності трактів, пов'язані з використанням деякої схеми резервування мережних ресурсів для захисту обслуговування. Захист обслуговування припускає виконання концепції якості обслуговування QoS. Концепція QoS застосовується для конкретних типів обслуговування за допомогою обмеження мережних ресурсів або надання пріоритету одного типу трафіка над іншим. Дані методи необхідні для запобігання «придушення» низькопріоритетних потоків, для гарантування мінімального обсягу мережних ресурсів для нетривалих потоків, для збільшення ймовірності проходження потоків з високими вимогами до пропускної здатності, а також для управління мережною стабільністю у випадку погіршення характеристик і локального перевантаження мережі і т.д.

В «чистих» IP – мережах відомості про відмови передаються за допомогою протоколу внутрішнього шлюзу IGP (Interior Gateway Protocol) через усю мережу. Після чого розраховуються нові найкоротші шляхи, і помилка усувається, яка могла б привести до перевантаження в мережі. Головною ж вимогою для управління трафіком у системах підтримки диференційованих послуг (DiffServe Traffic Engineering, DS – TE) є спроможність призначати обмеження пропускної спроможності для різних наборів класів трафіка. Концепція DS – TE може підтримувати до 8 класів трафіка (Traffic classes, CT) $CT_c, c = 0, \dots, 7$. Отже, кожному CT призначається або обмеження пропускної спроможності (Bandwidth Constraint, BC), або набір таких обмежень. Отже, DS – TE повинне підтримувати до 8 BC: $BC_b, b = 0, \dots, 7$.

Клас пакета в заголовку IP – відмічається за допомогою 8 – бітової кодової комбінації диференційних служб (Differentiator services code, DSCP). Код DSCP переноситься в байтове поле «тип служби» (Type of Service, ToS) або поле класу трафіка IP – заголовок. Шість бітів заголовка потенційно дозволяють реалізувати до 64 різних класів. Однак на практиці реалізується в основному вісім. У такий спосіб рівні IP – пріоритету можуть бути перетворені у фіксовані класи трафіка або DSCP. Для використання диференційної служби між постачальником послуг і користувачем встановлюється угода про рівень обслуговування, де вказуються послуги із просування даних, надавані для різних класів пакетів. Для надання даного рівня якості обслуговування постачальник послуг на кожному маршрутизаторі повинен сконфігурувати відповідні політики просування даних (на основі значення поля DS) і вимірювати продуктивність кожного класу. Розглянемо деякі приклади надаваних послуг по класах обслуговування, нехай :

Клас А – трафік, пропонований на даному рівні обслуговування буде доставлений з низькою затримкою; **Клас В** – трафік, пропонований на даному рівні обслуговуванні, буде доставлений з низькими втратами; **Клас С** – затримки для 90% трафіка, пропонованого на даному рівні обслуговування, не перевищать 50 мс; **Клас D** – одержувачеві буде доставлено 95% трафіка, пропонованого на даному рівні обслуговування; **Клас Е** – трафіку, пропонованому на даному рівні обслуговування, буде надана у два рази більша пропускна спроможність, ніж на рівні обслуговування класу F; **Клас Х** – трафік із черговістю відкидання доставляється з більшою ймовірністю, ніж трафік із черговістю відкидання класу Y.

LSR (Label Switched Router) – пристрої мережі MPLS не аналізують зміст IP – заголовка й значення поля DSCP, як вимагає механізм DiffServ. Високий ступінь масштабованості DiffServ забезпечується тим, що кожний маршрутизатор самостійно ухвалює рішення, як він повинен обслуговувати той або інший клас трафіка, не погоджуючи свої дії з іншими маршрутизаторами. Такий підхід називають незалежною поведінкою маршрутизаторів (Per Hop Behavior, PHB). Це означає, що відповідне значення PHB повинне бути отримане зі значення мітки. Проміжний заголовок MPLS має 3 – бітове поле CoS. Дане поле може містити до восьми значень і використовується в комутації MPLS для підтримки 8 класів DiffServ [2].

Робочою групою по управлінню трафіком у серії документів IETF RFC 3564 рекомендовано декілька моделей: «російської мотрійки» (Russian Doll Model, RM), максимального розподілу (Maximum Allocation Model, MAM). Наприклад значення MAM можуть бути обрані так, щоб ресурс був недорозподілений або перерозподілений. Ресурс вважається недорозподіленим, якщо сумарні вимоги всіх каналів передачі даних, які можуть його використовувати, менше ємності ресурсу. А якщо ні, то ресурс вважається перерозподіленим. Недорозподіл може використовуватися, щоб установити межі використання ресурсів. Перерозподіл може застосовуватися, щоб реалізувати переваги статистичних характеристик трафіка в рамках більш ефективної політики використання наявних ресурсів. Зокрема, перерозподіл можна застосовувати в ситуації, коли піки завантаження трафіка в різних каналах не збігаються за часом.

Висновки. Подальша побудова моделі мережі буде залежати від вибору дисципліни обслуговування навантаження, що відкриває нові можливості по удосконаленню процесу заняття мережного ресурсу та наданні користувачам диференційованого обслуговування, в залежності від заявленого рівня сервісу.

Література

1. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. – М: Эко – Трендз, 2010.
2. Будылдина Н.В., Трибунский Д.С., Шувалов В.П. Оптимизация сетей с многопротокольной коммутацией по меткам. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010.

**ОСОБЛИВОСТІ I/Q МОДУЛЯТОРА НА
ЧАСТОТІ 80 ГГЦ ТА ЙОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Коновальчук Ю.С., Беспалова О.Г., Шелковніков Б.М.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: bespaloba.ksyusha@gmail.com, yuliakonovalchuk@gmail.com

Features of I/Q modulator at a frequency 80 GHz and its simulation

In the paper features of I/Q modulator are considered, and solved task of modulation at a frequency 80 GHz.

I/Q (In-phase/quadrature) модулятор являє собою універсальний пристрій, за допомогою якого можуть бути отримані сигнали практично з усіма видами модуляції, використовуваними в СЗРО. I/Q модулятор (рис.1) – це пристрій, що має РЧ вхід і РЧ вихід і два інформаційних входу I і Q. При використанні квадратурних модуляторів на їх модуляційні IQ входи з інформаційного тракту надходять дві інформаційні послідовності. Змішаний сигнал (I та Q) надходить на вхід приймача.

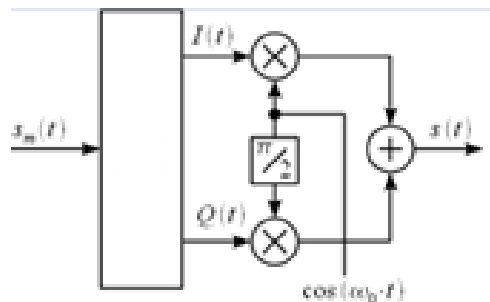


Рис. 1. Схема I/Q модулятора

Вхідний сигнал змішується з сигналом місцевого гетеродину на несучій частоті в двох формах. Один з довільною нульовою фазою, інший має зсув фази 90 градусів відносно першого. Змішаний вхідний сигнал таким чином розбивається на синфазну(I) і квадратурну(Q) компоненти. Ці дві компоненти сигналу є незалежними і ортогональними.

Задача моделювання модулятора може бути задана виразом $V=(A,B,C)$, де A – вхідні дані, B – вихідні складові, C – метод або технологія реалізації:

$$A = (F_{RF}, P_{вих}, N, v_{Symbol} \dots)^T$$

$$B(A) = (I_{Signal}, Q_{Signal}, PwrSpectr, NF \dots)^T$$

де F_{RF} – частота вхідного радіосигналу;

$P_{\text{вих}}$ – рівень вихідної потужності сигналу;

N – розмірність модуляційного символу;

V_{Symbol} – значення символної швидкості;

$I_{\text{Signal}}, Q_{\text{Signal}}$ – I та Q складові сигналу відповідно (дійсна та уявна частина);

P_{wtSpectr} – спектральна потужність;

NF – рівень шуму на виході.

При виборі I/Q-модулятора ключове значення мають дві характеристики: придушення бічної смуги і просочування несучої. Зсув постійної складової або придушення бічної смуги - це небажана вихідна компонента сигналу гетеродину і результат розв'язки між портами LO і RF і дисбалансу постійної складової сигналу основної частоти або ПЧ-сигналу. [1] Ця характеристика відображає неузгодженість посилення і фази в змішувачі. Синфазний квадратурний модулятор (I/Q модулятор) є ключовим компонентом у сучасних бездротових передавачах. Це забезпечує зручний спосіб модуляції бітів даних або символів високочастотної несучої. I/Q модулятор має досить хороші переваги для реалізації ланцюгів передавача сигналу для кінцевих пристроїв, таких як WiMAX, WLAN. Тим не менш, I/Q модулятори мають такі недоліки, як посилення дисбалансу I/Q, недосконала квадратура, і LO витік. Ці недоліки призводять до відображення спектральних складових і погіршують MER модулятора, який у свою чергу збільшує бітові помилки (BER).

У процесі моделювання скористались змодельованим змішувачем, який реалізовано у [2]. Результатом моделювання у програмному середовищі AWR Design є блок-схема I/Q і глазкова діаграма Q сигналу модулятора, представлені на рис. 2.

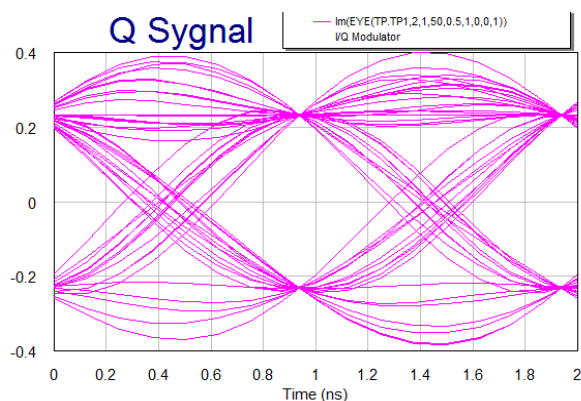


Рис. 2. Глазкова діаграма Q

Для дослідження I/Q модулятора дані аналізу беруться з 2 точок: на виході TP1 та на виході модулятора TP2.

Міжсимвольні спотворення в сигналі відсутні тільки в сигнальних точках. Це видно на глазковій діаграмі сигналу Q. Глазкова діаграма являє собою результат багаторазового накладення бітових послідовностей з виходу генератора псевдовипадкової послідовності, що відображається на екрані осцилографа у вигляді діаграми розподілу амплітуди сигналу за часом. У проміжках між відліковими точками сигналу амплітуда може, як зростати по відношенню до номінального значення, так і зменшуватися майже до нульового значення. Векторна діаграма і спектральна потужність показані на рисунку 3.

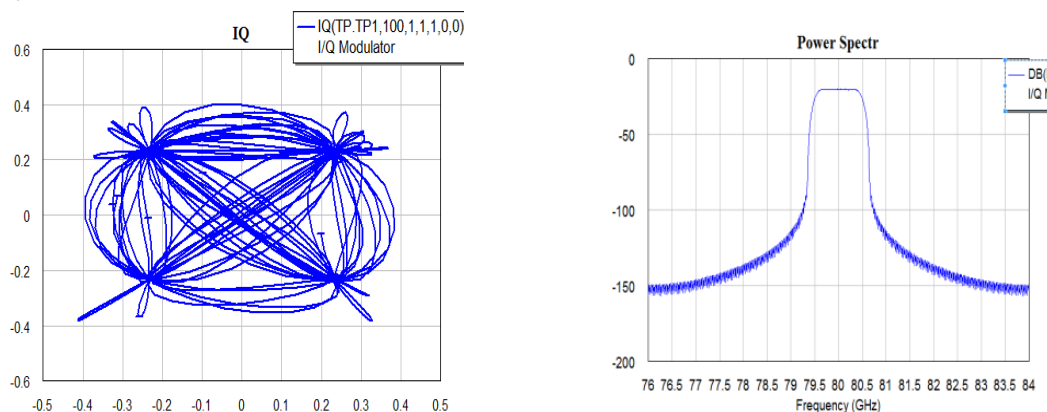


Рис. 3. Векторна діаграма I/Q сигналу і спектральна потужність на частоті 80 ГГц

Можна побачити, що на частоті 80 ГГц ослаблення потужності складає -20 дБ, у той час як на інших відрізках більш ніж -150 дБ. Згідно [3], ці значення приймають допустимі оптимальні значення для частот міліметрового діапазону.

Висновки. Для моделювання I/Q модулятора для частоти 80 ГГц, використовувались два змішувача, реалізовані у [2] і фазообертач. Ослаблення потужності на частоті передачі складає -20 дБ. Виходячи з середніх характеристик модуляторів міліметрового діапазону, що описувались у [3], можна сказати, що I/Q модулятор має оптимальні параметри.

Література

1. Wells J. New multi-gigabit wireless systems satisfy high-security rapid response applications/ - J. Wells, // technology Securing MiLSYSTeMS, 2006.
2. Коломиец А.Н., Коновальчук Ю.С. Субгармонический смеситель миллиметрового диапазона для мультигигабитных систем/ Сьома міжнародна науково-технічна конференція "ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ"
3. Mutha P. Technique for Joint Balancing of IQ Modulator-Demodulator Chains in Wireless Transmitters/ S. Mutha, P. Roblin, D. Chaillot, X. Yang, J. Kim, J. Strahler// IEEE microwave and wireless components letters, 2009, — P.221-224

СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВОЛНОВОДНОГО ТРАКТА НА ОСНОВЕ ПЛОСКОГО МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА

Афонин И.Л., Бугаёв П.А., Баранов С.Д.

Севастопольский национальный технический университет

E-mail: Pasha_ba@mail.ru

Structural elements of the waveguide channel on the basis of a flat metal-dielectric waveguide

Considered design matched loads and transition from coaxial line on a flat metal-dielectric waveguide. Implementation of these elements opens up the possibility of creating parameter meters, both the flat metal-dielectric waveguide, and devices built on its basis.

Тракты измерителей основных параметров плоского металлодиэлектрического волновода [1] и устройств, построенных на его основе, содержат в своем составе такие элементы как: согласованная нагрузка, переход на стандартный волновод или коаксиальную линию, детекторная головка и ряд других. В данной статье приводятся результаты разработанных элементов волноводного тракта на основе плоского металлодиэлектрического волновода: согласованная нагрузка, коаксиально-волноводный переход.

Согласованные нагрузки, предназначенные для поглощения передаваемой по линии СВЧ мощности, являются одним из наиболее распространенных элементов трактов. Согласованные нагрузки применяют также в виде меры сопротивления в измерительных СВЧ устройствах (например, в установках для измерения комплексных коэффициентов отражения и передачи многополюсников).

Основной характеристикой согласованной нагрузки является величина модуля ее коэффициента отражения Γ (или соответствующая величина КСВ) в заданной полосе частот. На практике возможно создание нагрузок с $\Gamma \leq 0,01$ в относительной полосе частот $\Delta f / f = (20 \dots 30) \%$ и более. Ввиду малости Γ требования к фазе коэффициента отражения от нагрузки не предъявляются, и эта фаза может иметь любую величину в интервале от 0 до 2π .

Конструктивное выполнение нагрузки зависит от типа линии передачи, диапазона частот и уровня мощности.

Согласованные нагрузки для полосковых линий передачи представляют собой тонкопленочные полоски из резистивных материалов, нанесенные на полосковую плату и закороченные с одного конца на экран полосковой линии.

Волноводные согласованные нагрузки выполняют в виде поглощающих

вставок переменного профиля в отрезке короткозамкнутого волновода. Для уменьшения отражений поглощающим вставкам придают вид клиньев или пирамид. Для устранения отражения от короткозамыкателя вставка должна вносить ослабление (20 ... 25) дБ.

Далее приведены варианты построения согласованных нагрузок на базе плоского металлодиэлектрического волновода.

На рисунке 1, а показана конструкция согласованной нагрузки [2], которая представляет собой отрезок ПЛМДВ, часть металлизации (1) этого отрезка удалена и покрыта поглощающим материалом (2), выполненным на широких стенках волновода в виде «ласточкиного хвоста», а на узких стенках (3) удаленная часть металлизации полностью покрыта поглощающим материалом. Уменьшение мощности СВЧ сигнала при распространении в нагрузке обеспечивается высокой поглощающей способностью материала (2). Вместо поглотителя из ферроэпоксида, который был применен при изготовлении нагрузки, возможно использование тонкопленочного покрытия из резистивного материала, нанесенного на диэлектрическую пластину, предварительно сняв металлизацию.

Форма поглотителя, выполненного в виде «ласточкиного хвоста», обеспечивает согласование при длинах клиньев, равных, приблизительно, длине волны в волноводе. Для устранения отражения от короткозамыкателя длина сплошного покрытия равна длине клиньев. Коэффициент стоячей волны нагрузки не превышает 1,06 в диапазоне частот волновода.

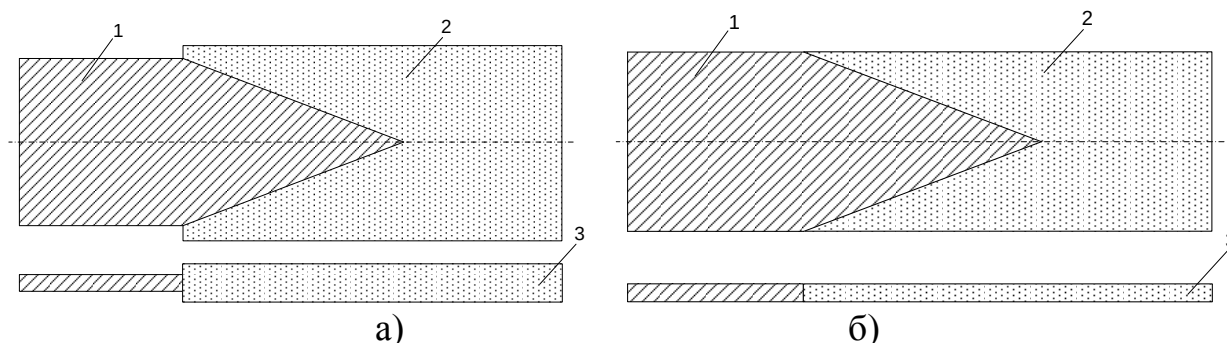


Рисунок 1 — Согласованная нагрузка на основе ПЛМДВ

Также изготовлена и экспериментально исследована волноводная согласованная нагрузка, выполненная в виде объемной поглощающей вставки с профилем в виде «ласточкиного хвоста». Схема ее конструкции показана на рисунке 1, б. Величина КСВ нагрузки, примерно, такая же, как и у изображенной на рисунке 1, а, однако технология изготовления ее несколько сложнее.

Переходы с одной линии передачи на другую являются очень распространенными узлами СВЧ трактов. Они также называются возбудителями волны заданного типа. При проектировании переходов основное внимание уделяется достижению хорошего согласования входов в полосе частот.

Разработан коаксиально-волноводный переход [3]; схема его конструкции показана на рисунке 2.

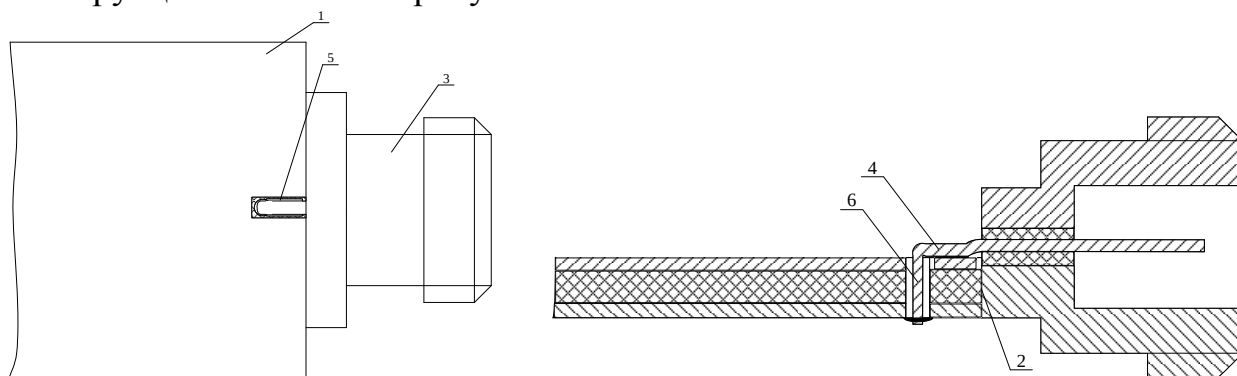


Рисунок 2 — Коаксиально-волноводный переход

Отрезок плоского металлодиэлектрического волновода 1, закороченный торцевой стенкой 2, соединен с коаксиальным разъемом 3. Внутренний проводник разъема 4 подсоединен к металлизированной площадке 5, сформированной в центре широкой стенки волновода, и к токопроводящему проводнику 6, проходящему через отверстие в ПЛМДВ к его основанию.

КСВ плавного перехода от металлического полого волновода прямоугольного сечения к ПЛМДВ значительно меньше КСВ коаксиально-волноводного перехода. Результаты измерения КСВ переходов в полосе частот приведены в разделе 4.

Таким образом, разработаны основные структурные элементы волноводного тракта на основе плоского металлодиэлектрического волновода. Предложены конструкции согласованных нагрузок и перехода с коаксиальной линии на плоский металлодиэлектрический волновод. Реализация перечисленных элементов открывает возможности создания измерителей параметров, как самого плоского металлодиэлектрического волновода, так и устройств, построенных на его основе.

Литература

1. Пат. 99003 Україна, МПК 2012.01 Н 01 Р 3/00. Металодіелектричний хвильвід / Бугайов П.О., Афонін І.Л., Саламатін В.В., заявник та патентовласник Севастопольський національний технічний університет. — № а201011515; заявл. 28.09.10; опубл. 10.07.12, Бюл. № 13.
2. Пат. 100058 Україна, МПК 2006.01 Н 01 Р 1/26. Узгоджене наванта-ження для плоского металодіелектричного хвильоводу / Бугайов П.О., Афонін І.Л., Саламатін В.В., заявник та патентовласник Севастопольський національний технічний університет. — № а201100002; заявл. 04.01.11; опубл. 12.11.12, Бюл. № 21.
3. Пат. 101714 Україна, МПК 2013.01 Н 01 Р 5/00. Коаксіально-хвильвідний перехід для плоского металодіелектричного хвильоводу / Бугайов П.О., Афонін І.Л., Лащенко І.В., заявник та патентовласник Севастопольський національний технічний університет. — № а201108782; заявл. 12.07.11; опубл. 25.04.13, Бюл. № 8.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ФИЛЬТРА НИЗКИХ ЧАСТОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Жогов Р.Ю., Карнаух В.Я.

Национальный технический университет Украины «КПИ»

Институт телекоммуникационных систем

email: hrushak@gmail.com

Low-pass filters design using operational amplifiers

The algorithm which is examined in this report could simplify implementation of filters. Variety of operational amplifiers in a complex with modern CADs can realize filters, which qualified modern requirements, with different technical parameters.

Рассмотренный алгоритм расчета фильтров значительно упрощает их практическую реализацию. Широкий выбор моделей операционных усилителей в комплексе с современными САПР позволяют выполнить фильтры с различными техническими параметрами, отвечающие современным требованиям.

В большинстве случаев электрический фильтр представляет собой частотно-избирательное устройство. Условно фильтры подразделяются на следующие типы:

- 1) Фильтры высоких частот
- 2) Фильтры низких частот
- 3) Режекторные фильтры (заграждающие, фильтр-пробка)
- 4) Полосовые фильтры

Которые, соответственно, пропускают сигналы определенных частот и задерживает или ослабляют сигналы других частот.

Для получения частотно-избирательных свойств чаще всего используют RLC-цепи, в отдельных случаях применяют электромеханические, керамические и ряд других резонансных устройств.

Однако при реализации фильтров на низких частотах выгодно использовать в качестве элемента схемы операционного усилителя (ОУ). Таким образом, можно синтезировать характеристику любого RLC-фильтра без применения катушек индуктивности, которые ухудшают массогабаритные характеристики фильтров. Такие фильтры чаще всего известны под названием «активные фильтры» из-за наличия в их схеме активного элемента (ОУ). Кроме того применяя ОУ можно построить фильтры с плоской амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) и нестандартной фазово-частотной характеристикой (ФЧХ) (они также известны как «фазовые корректоры») или наоборот – фильтр с постоянным фазовым сдвигом и произвольной амплитудно-частотной характеристикой.

Постановка задачи. Синтезировать фильтр низких частот с заданными параметрами:

Частота среза $f_c = 10 \text{ кГц}$;

Частота заграждения $2f_c$, с уровнем заграждения по отношению к полосе пропускания — 20 Дб;

Усиление в полосе частот $|K(j\omega)| = 10 \text{ Дб}$;

Неравномерность АЧХ в полосе пропускания 3 Дб;

Коэффициент гармоник $k \leq 5\%$

Следует отметить, что синтез фильтра состоит из двух этапов:

1) Задача аппроксимации

2) Задача реализации.

Рассмотрим каждую из двух задач подробнее, исходя из заданных параметров фильтра.

Задача аппроксимации. Более точно характеристику фильтра можно описать, рассмотрев его передаточную функцию (1.1)

$H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)}$ (1.1), где величины V_2 и V_1 представляют собой соответственно

выходное и входное напряжение. Для установившейся частоты ($s = j\omega$), передаточную характеристику можно записать в виде:

$H(j\omega) = |H(j\omega)|e^{j\varphi}$ (1.2).

На рис. 1 показана АЧХ фильтра низких частот.



Рис. 1. Идеальная и реальная амплитудно-частотные характеристики фильтра низких частот.

На практике невозможно создать фильтры с идеальной АЧХ, можно лишь получить приближения к идеальным, а именно фильтры Чебышева и Баттерворта реализуют подобное приближение. Рассмотрим подробнее передаточные функции Чебышева и Баттерворта. На рис. 2 показана передаточная характеристика фильтра Чебышева, на рис. 3 показана передаточная характеристика фильтра Баттерворта. Амплитудно-частотная характеристика фильтра Баттерворта наиболее плоская, по сравнению с любым полиномиальным фильтром. Поэтому целесообразно реализовать фильтр Чебышева, с более крутой амплитудно-частотной характеристикой. Следующий шаг в проектировке фильтра выбор минимального порядка.

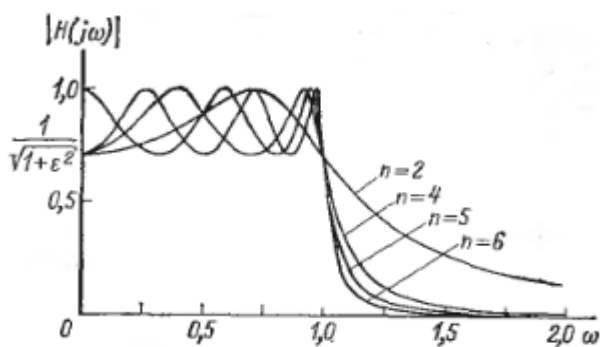


Рис. 2. АЧХ фильтра Чебышева

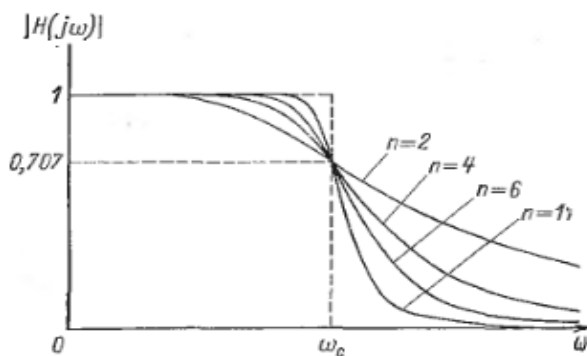


Рис. 3. АЧХ фильтра Баттерворта

Для фильтра Баттерворта $n = \frac{\log(10^{\alpha_2/10} - 1)}{2 \log(\omega_1 / \omega_c)}$, $n=4$; для фильтра Чебышева $n = \frac{\text{arch}(\sqrt{((10^{\alpha_2/10} - 1)/(10^{\alpha_1/10} - 1))})}{\text{arch}(\omega_1 / \omega_c)}$, $n=3$. После выбора фильтра, исходя из

минимального порядка и амплитудно-частотной характеристики, необходимо решить задачу практической реализации (выбор схемотехнического решения, расчета элементов). Фильтр 3-го порядка реализуется за счет каскадного включения звена 1-го порядка и звена 2-го порядка. Первое звено целесообразно реализовать по схеме на рис. 4.

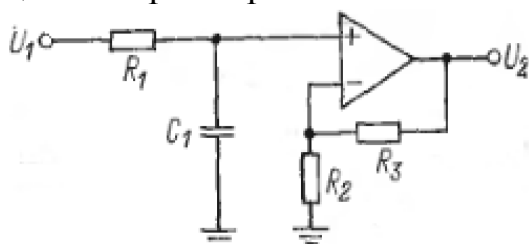


Рис. 4. Схема звена 1-го порядка.

$$\begin{cases} R_1 = \frac{1}{\omega_c C_1 C} \\ R_1 = \frac{KR_1}{(K-1)} \\ R_3 = KR_1 \end{cases} \quad (1.3)$$

Формулы для расчета номиналов элементов звена, где C – коэффициент полинома Чебышева. В качестве звена 2-го порядка целесообразно использовать схему Саллена-Кея на рис. 5.

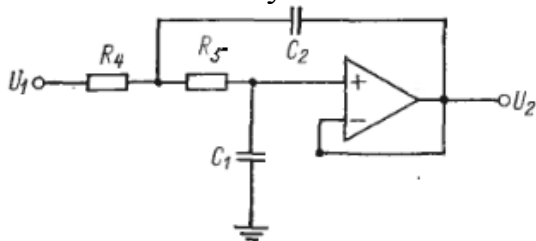


Рис. 5. Схема звена 2-го порядка.

$$\begin{cases} \omega_c^2 C = \frac{1}{C_1 C_2 R_4 R_5} \\ -B\omega_c = \frac{1}{C_2} \left(\frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5} \right) \end{cases} \quad (1.4)$$

Формулы для расчета номиналов элементов звена, где C , B – коэффициенты полиномов Чебышева. При расчете элементов и выборе типа ОУ следует учитывать следующие соотношения (1.5).

$$\begin{aligned} f_{\text{TOY}} &\geq f_o R_o \\ R_{\text{min}} &\geq 10 R_{\text{outOY}} \end{aligned} \quad (1.5)$$

$$R_{\max} \leq \frac{R_{inOY}}{10}$$

Результаты моделирования в пакете Microcap 9.

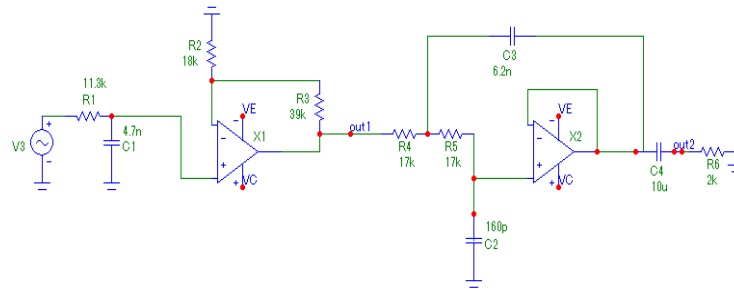


Рис. 6. Схема фильтра для моделирования.

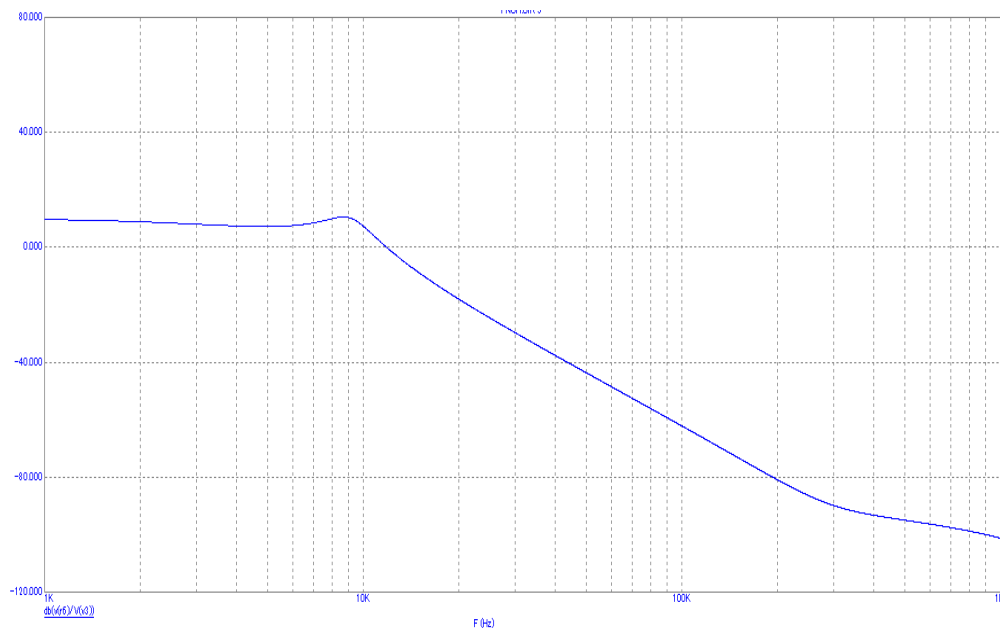


Рис. 7. Амплитудно-частотная характеристика полученного фильтра

Заключение. В качестве примера был реализован фильтр низких частот, отвечающий всем заданным техническим требованиям. Особенностью этой работы, при реализации заданных требований к фильтру, было предложение реализовать фильтр третьего порядка (что получалось по исходным данным) с помощью двух каскадов первого и второго порядков. При этом, как показала последующая реализация, благодаря выбранному подходу, удалось выполнить требования не только к крутизне скатов АЧХ, но и требование к необходимому усилению в полосе пропускания. Подобная методика может быть использована для различных фильтров с использованием операционных усилителей.

Литература

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство./Пер. с нем. – М.: Мир, 1982.-512с.
2. Д. Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур Справочник по активным фильтрам./Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 128 с.
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы.– М.: Высш. школа., 1988.
4. Analysis of the Sallen-Key architecture, application report – July 1999 Texas Instruments Incorporated.

МИКРОПОЛОСКОВЫЙ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ ФИЛЬТР С ПОВЫШЕННОЙ ЛЕВОСТОРОННЕЙ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬЮ

Захаров А.В., Пинчук Л.С.

Научно-исследовательский институт телекоммуникаций ИТУУ «КПИ»

E-mail: a.zakharov@bkl.ru

Microstrip bandpass filters with increased left side selectivity

Described microstrip 4-pole bandpass filter manufactured on a substrate with $\epsilon_r = 92$, which has a small size and sharp left skirt of the frequency response.

Микрополосковые полосно-пропускающие решетчатые фильтры (pseudocomblines filters) находят применение в микроволновой технике [1 - 2]. Они содержат полуволновые ($\lambda/2$) резонаторы, которые расположены параллельно друг другу без взаимного смещения вдоль их длины. Достоинствами решетчатых фильтров является их компактность и отсутствие короткозамыкающих перемычек на концах резонаторов. Последняя особенность является важной при использовании твердых керамических подложек, где короткое замыкание сложно осуществить технологически, и оно понижает добротность резонаторов. Существующие решетчатые фильтры обладают ограниченными функциональными возможностями. Их частотные характеристики имеют крутой правый скат, они не позволяют реализовывать характеристики с крутым левым скатом. С их помощью сложно обеспечить узкие полосы пропускания 3% и менее, так как это приводит к большим поперечным размерам фильтра, связанным с необходимостью значительного удаления резонаторов друг от друга. Отмеченные недостатки обусловлены сильным электромагнитным взаимодействием индуктивного характера между смежными и несмежными микрополосковыми полуволновыми резонаторами.

В данной работе изучен коэффициент связи между ступенчато-импедансными микрополосковыми резонаторами с двумя разомкнутыми концами, которые выполнены на подложке с высокой диэлектрической проницаемостью $\epsilon_r = 92$. Это позволило создать компактный решетчатый фильтр с крутым левым скатом АЧХ. Заметим, что в известных статьях описано использование подложек с высокой диэлектрической проницаемостью в различных микрополосковых фильтрах [3 - 4]: comb-line filters; hairpin-line filters. Решетчатые же фильтры со ступенчато-импедансными резонаторами на подложках с высоким ϵ_r изучены недостаточно.

Рассмотрим две пары ступенчато-импедансных резонаторов (рис. 1), которые выполнены на подложке с $\epsilon_r = 92$, толщина которой $h = 1$ мм. Для определенности положим ширину узкой части резонаторов $w_1 = 1$ мм, а широкой части $w_2 = 2$ мм. Длина всех резонаторов $L = 8$ мм, а длина их узкой части 3 мм, S - зазор между резонаторами. Резонаторы на рис. 1а не являются

идентичными, им соответствуют разные основные резонансные частоты f_{01} и f_{02} . Резонаторы на рис. 1б являются идентичными с основной резонансной частотой f_0 .

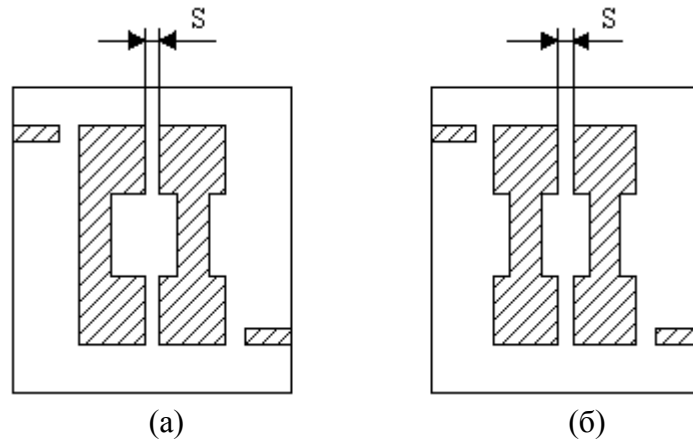


Рис. 1. Пары микрополосковых ступенчато-импедансных резонаторов:
а) неидентичных; б) идентичных.

Электромагнитное взаимодействие пары неидентичных резонаторов на основной резонансной частоте характеризуется коэффициентом связи K , который может быть вычислен по формуле [2]

$$K = \pm \frac{1}{2} \left(\frac{f_{02}}{f_{01}} + \frac{f_{01}}{f_{02}} \right) \sqrt{\left(\frac{f_o^2 - f_e^2}{f_o^2 + f_e^2} \right)^2 - \left(\frac{f_{02}^2 - f_{01}^2}{f_{02}^2 + f_{01}^2} \right)^2}, \quad (1)$$

где f_e и f_o частоты четной и нечетной моды колебаний, их еще называют частотами связи. Частоты связи f_e и f_o можно определить по частотной передаточной характеристике системы двух связанных резонаторов при их слабой связи с нагрузками входа и выхода, как показано на рис. 1. Этим частотам соответствуют два явно выраженных пика. В случае идентичных резонаторов $f_{01} = f_{02}$ и формула (1) упрощается. Если $K < 0$, то такую связь принято называть отрицательной или емкостной, если же $K > 0$, то – положительной или индуктивной.

Моделирование передаточных характеристик каждой пары резонаторов на рис. 1 осуществлялось компьютерной программой Microwave Office (AWR Company). На рис. 2 построены зависимости коэффициента связи K на основной резонансной частоте от расстояния S между микрополосковыми резонаторами. Сплошной линией приведена зависимость коэффициента связи для ступенчато-импедансных резонаторов, изображенных на рис. 1а, штриховая кривая соответствует рис. 1б. Штрих пунктирная кривая на рис. 2 соответствует коэффициенту связи между регулярными полуволновыми резонаторами. Отметим, что связь между регулярными резонаторами носит только индуктивный характер ($K > 0$), по мере уменьшения зазора S значения K монотонно возрастают. У ступенчато-импедансных резонаторов при уменьшении S значения K сначала увеличиваются, достигая своего максимального значения, а затем уменьшаются. При некотором значении S величина K обращается в нуль. При дальнейшем уменьшении S величина K переходит в область отрицательных значений. При $K = 0$ магнитная и

электрическая составляющие электромагнитного взаимодействия резонаторов взаимно компенсируют друг друга. Тот факт, что у ступенчато-импедансных резонаторов значения K могут быть как положительными, так и отрицательными, а также принимать нулевое значение, позволяет реализовывать фильтры с более разнообразными частотными характеристиками, чем у известных решетчатых фильтров. Характерно, что в случае ступенчато-импедансных резонаторов существуют 3 разных зазора S с одинаковыми значениями модуля K . Этим зазорам будут соответствовать три различных фильтра с одинаковой относительной шириной полосы пропускания. Привлекательно использовать отрицательные значения K , требующие малых зазоров $S = 0,05 \dots 0,2$ мм, что приводит к компактным конструкциям фильтров с узкой полосой пропускания. Для сравнения отметим, что в традиционных решетчатых фильтрах с относительной шириной полосы пропускания 3% требуется зазор между резонаторами $S > 3,5$ мм (рис. 2), что приводит к большим поперечным размерам фильтров.

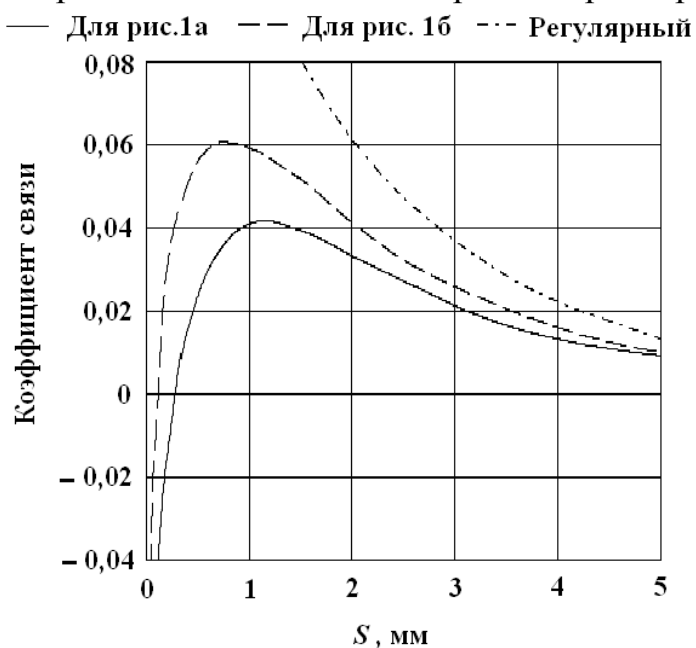
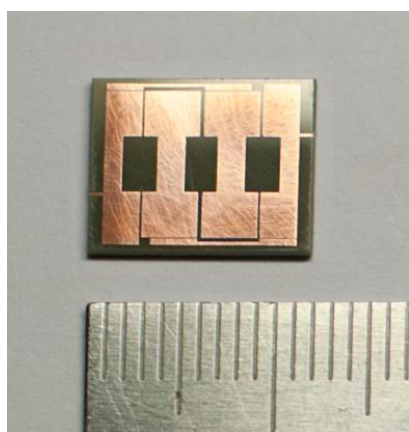


Рис. 2. Коэффициенты связи ступенчато-импедансных и регулярных микрополосковых резонаторов на подложках с высокой диэлектрической проницаемостью.

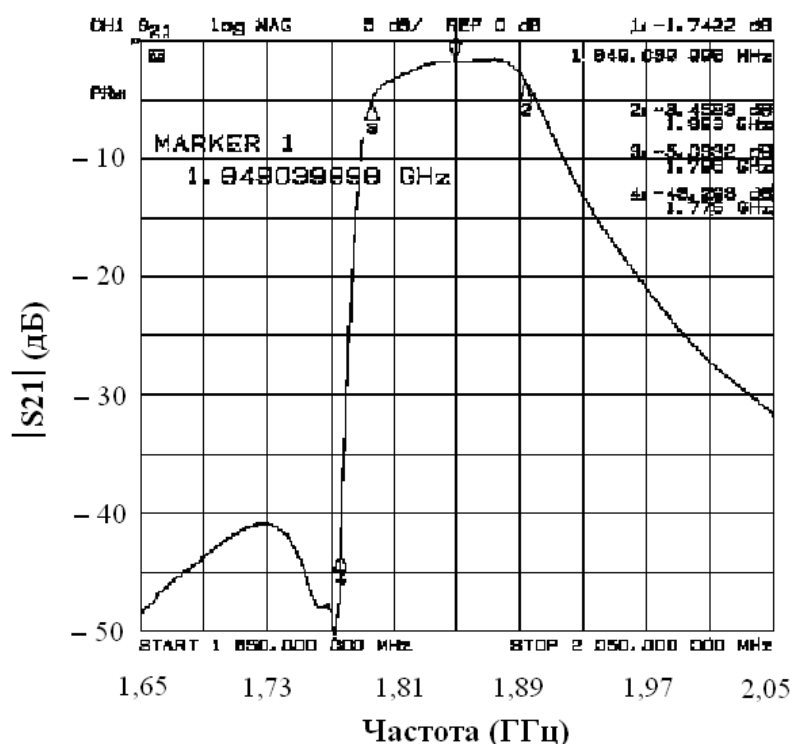
Возможности новых решетчатых фильтров проиллюстрируем на примере 4-резонаторного фильтра, который изготовлен на подложке с $\epsilon_r = 92$ и толщиной 1 мм. На рис. 3а приведена фотография 4-резонаторного решетчатого фильтра с повышенной левосторонней избирательностью. Ширина крайних резонаторов фильтра 2 мм, а внутренние резонаторы имеют ширину 3 мм, размер всего фильтра $12 \times 9,6 \times 1$ мм. Связь между 1 и 2 резонаторами, а также между 3 и 4 резонаторами носит емкостной характер, а между 2 и 3 резонаторами характер связи индуктивный. В фильтре использовано два дополнительных микрополосковых отрезка, которые позволяют осуществлять регулировку связи между несмежными резонаторами 1 и 3, 2 и 4. Измеренная ненагруженная добротность ступенчато-импедансных резонаторов решетчатого фильтра составила $Q_e =$

255...270. На рис. 3б приведена частотная характеристика этого фильтра. Его центральная частота $f_0 = 1849$ МГц, потери на центральной частоте $IL_0 = 1,75$ дБ. При изменении частоты на 20 МГц (с 1796 до 1776 МГц) вносимое затухание фильтра изменилось на 38,5 МГц (от 4,5 дБ до 43 дБ).

Это хороший показатель для фильтров малых размеров. Такой фильтр может быть использован в качестве фильтра канала приема *RX* системы связи *PSC*.



а)



б)

Рис. 3. Опытный образец фильтра: а) фотография; б) измеренная частотная характеристика.

Заключение. Исследован коэффициент электромагнитной связи K микрополосковых ступенчато-импедансных резонаторов с разомкнутыми концами, которые выполнены на подложках с $\epsilon_r = 92$. Установлено, что зависимость K от зазора между резонаторами S не носит монотонный характер, а значения K могут быть положительными, отрицательными и равными нулю. Эти особенности позволили уменьшить габариты микрополосковых фильтров за счет близкого расположения резонаторов один возле другого (с зазором 0,1...0,2 мм), а также реализовать АЧХ с крутым левым скатом. Рассмотрен малогабаритный 4-резонаторный фильтр с центральной частотой $f_0 \approx 1,85$ ГГц, который выполнен на подложке с $\epsilon_r = 92$ и имеет крутой левый скат АЧХ. При изменении частоты на 20 МГц его вносимое затухание изменяется на 38,5 дБ.

Литература

1. Matthaei G.L. and Hey-Shipton G.L. Novel staggered resonator array superconducting 2.3-GHz bandpass filter. IEEE Trans. MTT-41, 1993, pp. 2345-2352.
2. Hong J.-S. Microstrip Filters for RF/Microwave Application, 2nd Edition. N.Y.: Wiley, 2011.
3. Pramanic P. Compact 900-MHz hairpin-line filters using high dielectric constant microstrip line. IEEE MTT-S Dig. 1993, pp. 885-888.
4. Hunter I.C., Chandler S.R., Young D., and Kennerley A. Miniature microwave filters for communication systems. IEEE Trans. MTT-43, 1995, pp. 1751-1757.

МИКРОВОЛНОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Гимпилевич Ю.Б., Зебек С.Е.

Севастопольский национальный технический университет

E-mail: stanislavzebek@mail.ru

The microwave transmitter measuring of the complex reflection coefficient on the basis of direct conversion

In a lecture the method of construction of measuring microwave transformer of complex reflectivity is considered on the basis of method of direct transformation.

В докладе рассмотрен способ построения измерительного микроволнового преобразователя комплексного коэффициента отражения (ККО) на основе метода прямого преобразования.

Функциональная схема предложенного микроволнового преобразователя представлена на рис. 1. Микроволновое колебание от генератора Г поступает в нагрузку Н, ККО которой необходимо измерить. В микроволновый тракт между генератором Г и нагрузкой Н встроена измерительная линия (ИЛ), построенная на основе четырех ненаправленных зондов. Эта линия осуществляет анализ амплитудного распределения волны вдоль линии передачи. Сигналы с зондов ИЛ поступают на входы четырехканального микроволнового коммутатора К.

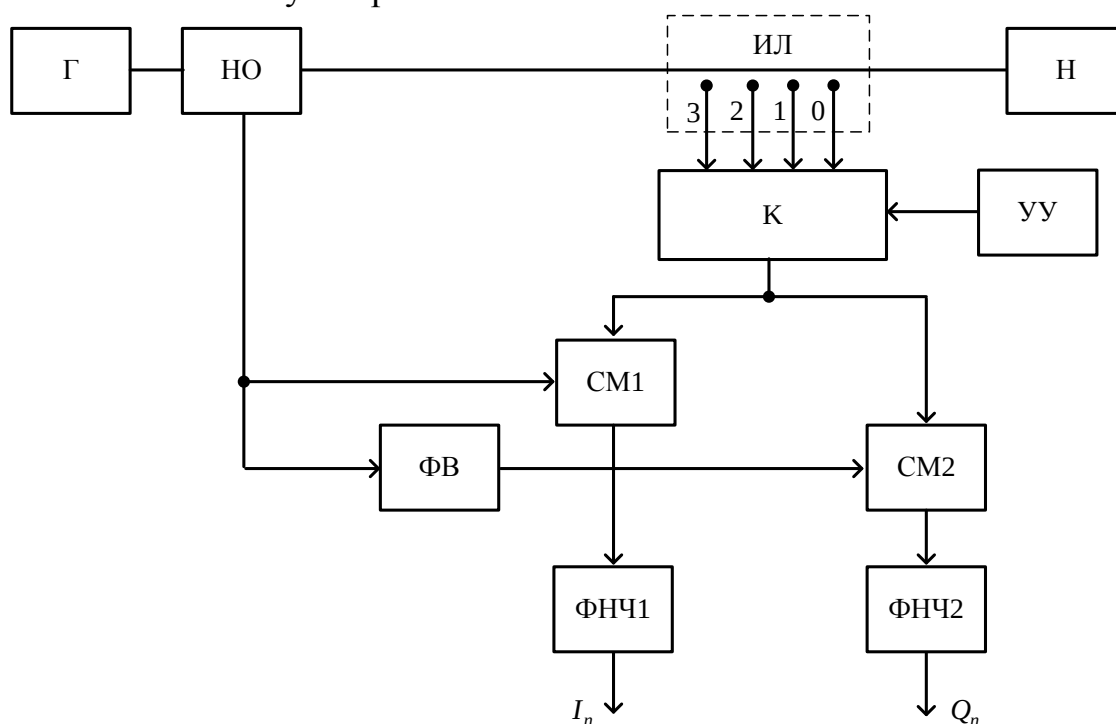


Рис. 1

Устройство управления (УУ) осуществляет поочередную передачу ответвленных зондами СВЧ сигналов на выход микроволнового коммутатора К. Высокочастотное колебание $u(t)$, поступающее на выход коммутатора К при периодической коммутации представляет собой последовательность радиоимпульсов. Это колебание с учетом [1] на интервале равном периоду T и в предположении равенства коэффициентов передачи каналов прохождения ответвляемых сигналов может быть записано в виде:

$$u(t) = \begin{cases} KE_{\pi} \sqrt{1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \cos \varphi} \cdot \cos(\omega_0 t + \psi_0) & \text{при } 0 \leq t < T/4; \\ KE_{\pi} \sqrt{1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \sin \varphi} \cdot \cos(\omega_0 t + \psi_1) & \text{при } T/4 \leq t < T/2; \\ KE_{\pi} \sqrt{1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \cos \varphi} \cdot \cos(\omega_0 t + \psi_2) & \text{при } T/2 \leq t < 3T/4; \\ KE_{\pi} \sqrt{1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \sin \varphi} \cdot \cos(\omega_0 t + \psi_3) & \text{при } 3T/4 \leq t < T. \end{cases} \quad (1)$$

где K — коэффициент передачи каналов прохождения ответвляемых сигналов до выхода микроволнового коммутатора; E_{π} — амплитуда падающей волны в тракте; ω_0 — круговая частота микроволнового сигнала; $\psi_0 \dots \psi_3$ — фазовые сдвиги, вносимые каналами прохождения ответвляемых сигналов до выхода микроволнового коммутатора; Γ — модуль ККО; φ — аргумент ККО в плоскости подключения зонда с номером «0».

Далее высокочастотное колебание (1) подвергается квадратурной обработке. Для этого использованы два смесителя СМ1 и СМ2, в качестве которых могут быть использованы аналоговые перемножители, а также два фильтра нижних частот ФНЧ1 и ФНЧ2. Колебание $u(t)$ с выхода коммутатора К подается на первые входы смесителей СМ1 и СМ2, на вторые входы которых поданы опорные колебания той же частоты ω_0 . Опорный сигнал можно получить с помощью направленного ответвителя НО. При этом в спектре тока смесителей СМ1 и СМ2 появляются комбинационные составляющие нулевой частоты, то есть обеспечивается так называемое прямое преобразования частоты. Причем на СМ2 опорный сигнал сдвигается относительно опорного сигнала, подаваемого на СМ1, на 90° . Это обеспечивает при последовательной периодической коммутации получение на выходах фильтров нижних частот ФНЧ1 и ФНЧ2 четырех пар квадратурных составляющих I_n и Q_n ($n=0, 1, 2, 3$).

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{KK_{\text{оп}}E_{\pi}^2}{2} \sqrt{1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \cos \varphi} \cdot \cos(\psi_0); & Q_0 &= \frac{KK_{\text{оп}}E_{\pi}^2}{2} \sqrt{1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \cos \varphi} \cdot \sin(\psi_0); \\ I_1 &= \frac{KK_{\text{оп}}E_{\pi}^2}{2} \sqrt{1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \sin \varphi} \cdot \cos(\psi_1); & Q_1 &= \frac{KK_{\text{оп}}E_{\pi}^2}{2} \sqrt{1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \sin \varphi} \cdot \sin(\psi_1), \\ I_2 &= \frac{KK_{\text{оп}}E_{\pi}^2}{2} \sqrt{1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \cos \varphi} \cdot \cos(\psi_2); & Q_2 &= \frac{KK_{\text{оп}}E_{\pi}^2}{2} \sqrt{1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \cos \varphi} \cdot \sin(\psi_2); \\ I_3 &= \frac{KK_{\text{оп}}E_{\pi}^2}{2} \sqrt{1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \sin \varphi} \cdot \cos(\psi_3); & Q_3 &= \frac{KK_{\text{оп}}E_{\pi}^2}{2} \sqrt{1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \sin \varphi} \cdot \sin(\psi_3). \end{aligned} \quad (2)$$

Таким образом, квадратурные составляющие I_n и Q_n несут информацию об измеряемых параметрах, а именно модуле Γ и аргументе φ ККО нагрузки N . Для определения искомых параметров возможно множество вариантов обработки измерительной информации. Наиболее просто решить измерительную задачу можно осуществив возведение в квадрат составляющих I_n и Q_n с последующим суммированием соответствующих пар. В результате этой обработки получаем следующую систему уравнений

$$\begin{cases} U_0 = I_0^2 + Q_0^2 = \frac{K^2 K_{\text{оп}}^2 E_{\text{п}}^2}{2} (1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \cos \varphi); \\ U_1 = I_1^2 + Q_1^2 = \frac{K^2 K_{\text{оп}}^2 E_{\text{п}}^2}{2} (1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \sin \varphi); \\ U_2 = I_2^2 + Q_2^2 = \frac{K^2 K_{\text{оп}}^2 E_{\text{п}}^2}{2} (1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \cos \varphi); \\ U_3 = I_3^2 + Q_3^2 = \frac{K^2 K_{\text{оп}}^2 E_{\text{п}}^2}{2} (1 + \Gamma^2 + 2\Gamma \sin \varphi). \end{cases} \quad (3)$$

Полученная система уравнений является трансцендентной и допускает множество решений, в том числе и аналитических. Для определения искомых параметров можно применить любой из известных алгоритмов, в том числе и разработанные ранее авторами спектрометрические алгоритмы [2-4].

Литература

1. Дворашкин Б.В. Основы метрологии и радиоизмерения/ Дворашкин Б.В — М.: Радио и связь, 1993.— 298 с.
2. Гимпилевич Ю.Б. Измерение и контроль параметров микроволновых трактов. Севастополь: изд-во СевНТУ, 2009.— 293 с.
3. Гимпилевич Ю.Б. Цифровой алгоритм определения комплексного коэффициента отражения и уровня мощности в микроволновом тракте / Ю.Б. Гимпилевич, С.Е. Зебек // 6-я Международная конференция «Проблемы телекоммуникаций, ПТ-12», Киев, 24 — 27 апреля 2012 г. — Киев: Изд-во КПИ, 2012.— С.188.
4. Зебек С.Е. Узкополосная коррекция мультипликативной погрешности цифрового алгоритма определения комплексного коэффициента отражения / С.Е. Зебек // Мат. 9-ой Междунар. молодежной научно-технической конф. «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций, РТ-2013», Севастополь, 22 — 26 апреля 2013 г.— Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013.— С. 274.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УЛЬТРА ШИРОКОПОЛОСНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Ищенко М.В., Нестеров П.В., Шелковников Б.Н.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ “КПИ»

E-mail: ischenkomari@gmail.com

Performance analysis of ultra broadband pulse multi-user systems for wireless personal systems

In any multi-user system it is of high importance to understand and control the mechanisms of mutual interference of system users. Due to the expected high density of autonomous UWB devices in future home, office and hot spot scenarios, the local capacity of the ‘UWB resource pool’ needs to be assessed in order to enable the development of appropriate services and applications.

Импульсные сверхширокополосные сигналы (Impulse Radio Ultra WideBand, IR UWB) являются хорошо известной технологией передачи с использованием очень узких импульсов во временной области. В качестве схемы многопользовательского доступа было выбрано IR UWB, проведено исследование его пригодности для передачи на близкое расстояние (около 10 м) в рамках персональных сетей (Personal Area Network, PAN). Предусмотрена скорость передачи данных в диапазоне 1 Кбит/с до 10 Мбит/с. Предыдущие исследования велись на более упрощенные однопользовательские IR UWB системы, без кодов переключения псевдослучайных временных интервалов, например [1]. Исследуемая модель системы отсчета в MAGNET [2] использует схему передачи псевдослучайных временных интервалов для многопользовательского доступа. Важным аспектом в многопользовательской системе данного вида является использование вида кодов модуляции скачкообразных изменений временных интервалов (Time Hopping Code, TH code). TH является более эффективным в снижении многолучевости и узкополосной интерференции. Используемые TH коды имеют фиксированную длину и выбраны в качестве псевдослучайных переменных, принимающих значения в заданном диапазоне, в зависимости от числа пользователей. Передаваемый сигнал, соответствующий каждому пользователю, линейно искажается, проходя через канал распространения. На выходе сигнал полученный в результате наложения всех каналов, повреждается аддитивными помехами и шумами. Приемник демодулирует сигнал определенного передатчика, тогда как сигналы других передатчиков принимает за помехи.

Схематично многопользовательская IR UWB система представлена на рис.1. Передатчик использует амплитудную манипуляцию (OOK) с несущей на частоте 4 ГГц. UWB-передатчик характеризуется параметрами, показанными в табл. 1.

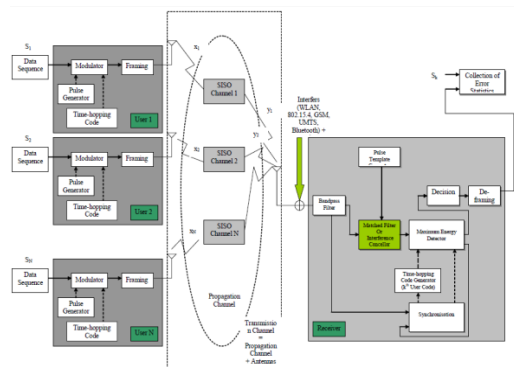


Рис 1: Схематическое изображение многопользовательской системы IR UWB

Таблица 1: Параметры передатчика IR UWB

Параметры системы	Значение
Схема модуляции	Амплитудная манипуляция с переключением
Центральная частота	4 ГГц
Пропускная способность -20 дБ	2.5 ГГц
Пиковая мощность	+2 дБм
Средняя мощность	-21 дБм
Частота повторения импульсов	10 МГц
Длительность импульса	1 нс
Максимальная скорость передачи	До 10 Мбит/с

Для анализа были использованы три типа моделей канала: (1): AWGN канал с использованием ограниченной полосы белого гауссова шума, (2): модель IEEE 802.15.3a канала PAN с случайным доступом [4] и, (3): упрощенная MAGNET PAN модель канала IEEE 802.15.3a с измененными параметрами для свободного пространства [3].

Модели каналов № 2 и № 3, осуществляющие изменения во временной области с логарифмически нормальным выцветанием и ограниченной полосой белого гауссовского шума, были добавлены для того, чтобы смоделировать различные значения отношений сигнал/шум в канале связи. Среднее расстояние между приемником и передатчиком постоянно. Модель канала IEEE 802.15.3a - PAN точка-точка [4]. Эта модель не включает эффекты влияния пользовательских каналов друг на друга. Есть три основных варианта модели канала 802.15.3a IEEE, используемых в наших моделированиях: 0-4м LOS с разбросом задержки 5нс (CM1), 0-4м NLOS с разбросом задержки 11нс (CM2) и экстремальные NLOS с задержкой распространения 25 нс (CM4).

Таблица 2: Основные параметры для моделей канала

Тип канала	Коэффициент среднего затухания мощности [дБ/нс]	Номинальная задержка распространения [нс]	Период, где мощность сигнала > 90% общей мощности [нс]
IEEE 802.15.3a CM1 (LOS)	0.6	7	16
IEEE 802.15.3a CM4 (NLOS)	0.18	24	55
MAGNET PAN (LOS)	0.11	36	90

Для представленных результатов моделирования были использованы 2500 импульсов, обеспечивая достоверные значения коэффициента битовых ошибок до $4e-3$.

При наличии ошибок синхронизации вероятность битовой ошибки будет возрастать по отношению к идеально синхронизированному сигналу. Ошибки синхронизации можно разделить на временные смещения и синхронизацию джиттера. Цель процедуры синхронизации в приемнике IR – UWB, устранение смещения задержки за счет введения минимального временного джиттера.

В каналах с сигналом рассеивания по нескольким слотам ТН (CM1, CM4) выбор ТН кода повлияет на корректное обнаружение (и распространение) энергии импульса. На рис. 2 показаны результаты моделирования для вышеописанных каналов. График свидетельствует о понижении коэффициента битовой ошибки в зависимости от распространения сигнала в канале относительно минимального расстояния ТН слота.

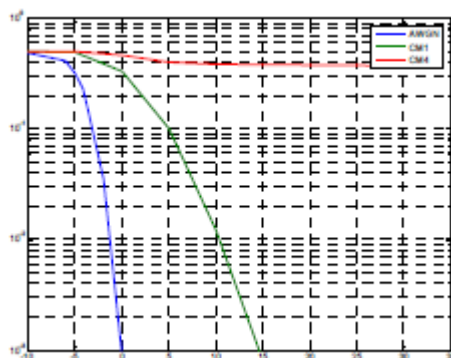


Рис 2. Сравнение коэффициента битовой ошибки на моделях канала AWGN, CM1 и CM4

Анализируя полученный график можно сделать следующие выводы: IEEE 802.15.3a CM1 (LOS) канал доступа является более помехоустойчивым по сравнению с IEEE 802.15.3a CM4 (NLOS) и упрощенным PAN (LOS); с увеличением количества пользователей (возрастает многопользовательская интерференция) ухудшение значения коэффициента битовой ошибки происходит линейно в случае канала без многолучевости.

Результаты работы могут быть использованы при дальнейшем исследовании IR-UWB систем, разработки IR-UWB систем, в частности в области разработки приемного устройства при влиянии многопользовательской интерференции.

Литература

1. "PowerAwareCommunicationsforWirelessOptimisedpersonalAreaNetworks (PACWOMAN)", 2003.
2. Y. Gao, K. Cai, Y. Zheng, and B.-L. Ooi, "A wideband CMOS multiplier for UWB application," Proc. ICUWB, 2007.
3. "MyPersonalAdaptiveGlobalNet (MAGNET)" IST 2004-507102, Deliverable D3.1.2a: "PAN RadioChannelCharacterisation (Часть 1)", 2004.
4. IEEE P802.15 WG for WPAN, "ChannelModellingSub-committeeReportFinal", 2002.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ПОТОКОВ РАЗНОРОДНОГО ТРАФИКА

Колопац М.А., Зиятдинов Ю.К.

Национальный авиационный университет, Киев, Украина

E-mail: oberst@nau.edu.ua

The task of acceleration of calculation of routes of delivery of information in the information and calculating and telecommunication networks of a different scale and application is considered. The mathematical model of network with a hierarchical structure is offered. The method of estimation of the state of network in the conditions of transmission of heterogeneous traffic is developed. On the basis of method of the Laplace transform the decision for stationary probabilities of the state of network depending on intensity of traffic of information is got.

Keywords: calculating network, hierarchical routing, traffic, self-similarity, Markov process, Laplace transform.

В условиях постоянного роста объемов передачи сетевого трафика проблема эффективного использования ресурсов, особенно пропускной способности сети, является крайне актуальной. Одним из перспективных путей решения данной проблемы является разработка методов поддержки требуемого качества обслуживания путем ускорения расчетов оптимальных маршрутов передачи. Особое значение имеет эффективная маршрутизация сообщений в условиях отказов сетевых узлов и элементов, всплесков (самоподобного) трафика и локальных перегрузок.

В данной работе предложен метод оценивания статистических характеристик процессов иерархической маршрутизации при разнородном трафике с самоподобными свойствами.

Принципы иерархической маршрутизации.

Изменения характеристик каналов связи, модификация структуры сети, включение в нее новых узлов и линий связи приводят к непрерывному пересчету маршрутов и модификации таблиц маршрутизации. Разработка новых, более эффективных алгоритмов поиска кратчайших маршрутов позволяет повысить быстродействие и уменьшить время реакции вычислительных сетей. При использовании дополнительной информации о конфигурации сети появляется возможность ускорения поиска оптимальных маршрутов в условиях динамически изменяющейся структуры сети и характеристик линий связи, уменьшения трудоемкости построения таблиц маршрутизации путем частичного изменения дерева кратчайших путей. В свою очередь, частичное изменение дерева кратчайших путей возможно при построении структуры сети по иерархическому принципу [1].

При использовании иерархической маршрутизации сеть разбиваются на отдельные так называемые автономные сегменты. Каждый маршрутизатор

знает все детали выбора маршрутов в пределах своего сегмента. При объединении нескольких сетей естественно рассматривать их как отдельные сегменты, при этом маршрутизаторы одной сети освобождаются от необходимости знать топологию других сетей. Количество уровней иерархии зависит от размера сети, т.е. может иметь место многоуровневая иерархия. В работе [2] показано, что асимптотически оптимальное количество уровней иерархии для сегмента, включающего N коммутационных узлов, близко к $\ln N$. При этом увеличение средней длины маршрута вследствие использования иерархической маршрутизации, обычно является приемлемым.

Вероятностная модель процесса иерархической маршрутизации

Представим компьютерную сеть в виде связного графа с множеством сетевых узлов X , множеством каналов передачи (дуг) $Y \subset X \times X$ и множеством $Z \subset X \times X$ – пар узлов заявок на обслуживание и обслуживающих приборов. На рис. 1 изображена структурная схема гипотетической сети с иерархической организацией и доступом через 11 пограничных шлюзов.

Опишем модель смены состояний сети однородным марковским процессом $\xi = \{\xi_u, u \geq 0\}$ на счетном множестве U , содержащем 11 элементов. Начальное состояние описывается вероятностным распределением π_0 .

Запишем выражение для вероятности $\pi_i(\tau, \xi)$ i -го состояния марковского процесса в момент τ . Пусть интенсивность перехода из i -го в j -е состояние на уровне x равна $q_{ij}(x)$, $i \neq j$, а $q_{ii} = -\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{11} q_{ij}(x)$. Тогда можно записать

дифференциальные уравнения для вероятностей переходов в следующем виде:

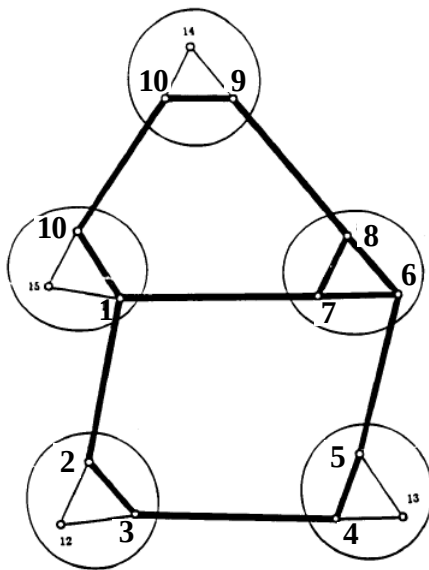


Рис. 1. Структурная схема иерархической сети

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial \tau} + \frac{\partial [r(i, x) \pi_i(\tau, x)]}{\partial x} = \sum_{j=1}^{11} [\pi_j(\tau, x) q_{ji}(x)], \quad (1)$$

где $r(i, x) = r_i^+ - r_i^-$ – разность интенсивностей входного r_i^+ и выходного r_i^- потоков.

При соблюдении условия непрерывности потока [3], $r_i > 0$, $i = \overline{1, 11}$, граничные условия для (1) имеют вид $\pi_i(\tau, 0) = 0$. Соответственно, начальные условия $\pi_i(0, x) = \delta(x) \pi_0^{(i)}$.

Для решения уравнения (1) применим преобразование Лапласа [4]. Одностороннее преобразование Лапласа от функции $\pi_i(\tau, x)$ имеет вид

$$\pi^*(s, x) = \int_0^\infty e^{-s\tau} \pi(\tau, x) d\tau, \quad s = \alpha + j\omega. \quad (2)$$

Применяя преобразование Лапласа к уравнению (1), получаем

$$s\pi_{ij}(s, x) + \frac{\partial[r(i, x)\pi_i^*(s, x)]}{\partial x} = \sum_{i=1}^{11} [\pi_i(s, x)q_{ij}(x)], \quad 1 \leq i, j \leq 11. \quad (3)$$

Из (2 – 3) имеем

$$\frac{\partial[r(i, x)\pi_i^*(s, x)]}{\partial x} = \frac{1}{s} [1 - \pi_i^*(s, x)]. \quad (4)$$

Полученная система уравнений связывает преобразование Лапласа от интервально-переходных вероятностей с основными характеристиками процесса. Полученное решение можно использовать для анализа стационарных характеристик сетей с иерархической маршрутизацией при разных нагрузках на сеть и вероятностных характеристиках сетевого трафика.

Заключение. В данной работе рассмотрены принципы иерархической маршрутизации в информационно-вычислительных и телекоммуникационных сетях различного масштаба и назначения. С применением теории марковских процессов разработана вероятностная модель процесса определения маршрута в сети. Методом преобразования Лапласа получено общее решение системы стохастических дифференциальных уравнений, которыми описывается динамика изменений состояния сети с иерархической организацией в процессе передачи данных по рассчитанному маршруту.

Литература

1. Таненбаум Э. Компьютерные сети: 5-е изд. / Э.Таненбаум, Д. Уэзеролл – СПб: Питер, 2012. – 960 С.
2. Kamoun, F. Stochastic Performance Evaluation of Hierarchical Routing for Large Networks / F. Kamoun, L. Kleinrock – Computer Networks, vol. 3, Nov. 1979. – pp. 337-353.
3. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н.Коваленко – М.: Наука, 1987. – 336 с.
4. Тихонов В.И. Марковские процессы /В.И. Тихонов, М.А. Миронов – М.: «Советское радио», 1977. – 488 с.

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ АНТЕНО-ФІДЕРНИХ ТРАКТІВ

Корпанець Т.В.

Київський коледж зв'язку

E-mail: TKorpanets@yandex.ua

Increase the signal strength in one direction only possible through other areas of distribution. It should be noted that the gain characterizes the orientation of the signal, rather than an increase in power output in relation to input (as it might seem from the title), so this option is often also called the coefficient of directional . SPRS stations operating in the general radio channel, operate without centralized control , characterized by uncertainty and spatial distribution of the receiving and transmitting using vuzkonapryamlenykh lobe focus (DS), the signal / (noise + interference nationwide) (Signal to Interference plus Noise Ratio) is directly determine the azimuthal location of the station in the SPRS .

Збільшення потужності сигналу в одному напрямку можливо лише за рахунок інших напрямків поширення. Необхідно відзначити, що коефіцієнт підсилення характеризує спрямованість сигналу, а не збільшення вихідної потужності стосовно вхідного (як може здатися з назви), тому даний параметр часто ще називають коефіцієнтом спрямованої дії. Радіостанції СПРС працюють у загальному радіоканалі, функціонують без централізованого керування, характеризуються невизначеністю територіального розподілу й здійснюють прийом і передачу з використанням вузьконапрямлених пелюстків діаграми спрямованості (ДС), те відношення сигнал/(шум + всеукраїнські перешкоди) SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) буде безпосередньо визначатися азимутальним розташуванням радіостанцій на території СПРС.

Для оцінки відносини SINR з урахуванням спрямованого прийому й передачі, необхідно оцінити коефіцієнт підсилення сигналу G_0 й перешкод G_1 . Коефіцієнти підсилення G_0 й G_1 визначаються режимами роботи радіостанції: режимом установа зв'язку й режимом ведення зв'язку. Установа зв'язку в СПРС на основі радіостанцій зі спрямованими антенами полягає в попереднім виявленні передавальною радіостанцією приймаючої радіостанції. Процедура виявлення включає 2 етапи: визначення напрямку приходу сигналу при роботі на прийом і формування ДС при роботі на передачу й прийом. Якщо процедура виявлення випереджає сеанс ведення зв'язку, такий режим роботи називається *діаграмоутворенням з попереднім виявленням* DB (Beamforming with Discovery). Якщо ведення зв'язку здійснюється без попереднього виявлення, такий режим роботи називається *випадковим діаграмоутворенням* RB (Random Beamforming).

Оцінка коефіцієнтів підсилення корисного сигналу й сигналів всеукраїнських перешкод виконується для двох сеансів ведення зв'язку: сеансу спрямованої передачі й спрямованого прийому DD (Directional Transmission – Directional Reception); сеансу спрямованої передачі й

ненаправленого прийому DO (Directional Transmission – Omni directional Reception);

Приклад розташування приймаючої RX_0 й передавальної TX_0 радіостанцій друг щодо друга в режимі випадкового діаграмоутворення показаний на рисунку 1.

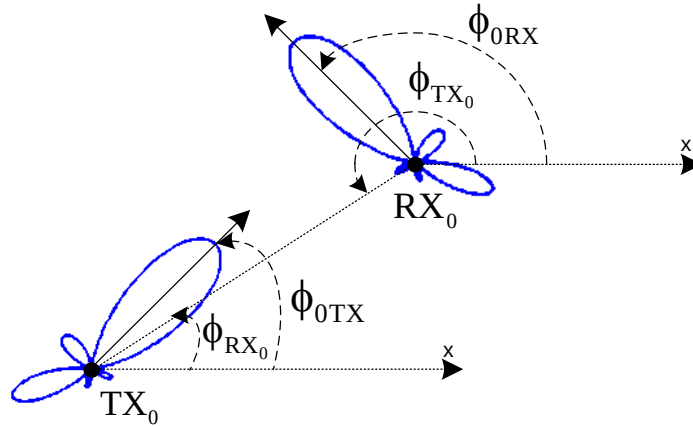


Рис.1 Приклад розташування приймаючої RX_0 й передавальної TX_0 радіостанцій друг щодо друга в режимі випадкового діаграмоутворення

Математичне очікування коефіцієнта підсилення корисного сигналу G_{0RB}^{DD} в режимі випадкового діаграмоутворення визначається по формулі:

$$M[G_{0RB}^{DD}] = \frac{1}{(2\pi)^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} G_{0TX}(\phi_{0TX}, \phi_{RX_0}) G_{0RX}(\phi_{0RX}, \pi + \phi_{RX_0}) d\phi_{0TX} d\phi_{0RX} d\phi_{RX_0}.$$

Приклад розташування приймаючої радіостанції RX_0 й двох передавальних радіостанцій TX_i – джерел всеукраїнських перешкод, у режимі випадкового діаграмоутворення показаний на рисунку 2.

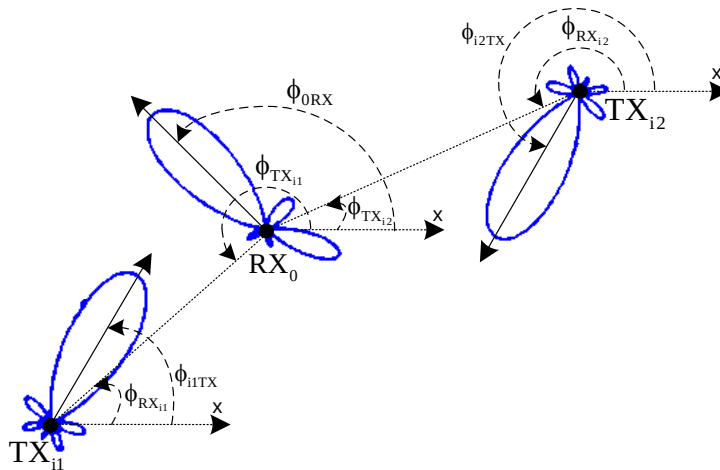


Рис.2 Приклад розташування радіостанції RX_0 й двох передавальних радіостанцій TX_i

Математичне очікування коефіцієнта підсилення сигналів всеукраїнських перешкод $G_{I/RB}^{DD}$ у режимі RB визначається по наступній формулі:

$$M[G_{I/RB}^{DD}] = \frac{1}{(2\pi)^4} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} G_{ITX}(\phi_{ITX}, \phi_{RX_i}) G_{IRX}(\phi_{ORX}, \phi_{TX_i}) d\phi_{ITX} d\phi_{ORX} d\phi_{RX_i} d\phi_{TX_i}.$$

Математичне очікування коефіцієнта підсилення корисного сигналу G_{ORB}^{DD} в режимі DB визначається по наступній формулі:

$$M[G_{0/DB}^{DD}] = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} G_{0TX}(\phi_{0TX}, \phi_{0TX}) G_{0RX}(\pi + \phi_{0TX}, \pi + \phi_{0TX}) d\phi_{0TX}.$$

Коефіцієнти підсилення $G(\phi_0, \phi)$, що входять у підінтегральні вираження, визначаються по формулі:

$$G(\phi_0, \phi) = \int_0^{2\pi} g(\phi_0, \phi') \cdot f_\phi(\phi' - \phi) d\phi'.$$

Розкид кутів приходу $\Delta\phi = |\phi' - \phi|$ характеризується усіченим розподілом Лапласа:

$$f_\phi(\Delta\phi) = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma_\phi} e^{-\frac{\sqrt{2}|\Delta\phi|}{\sigma_\phi}}; \quad |\Delta\phi| < \pi/2,$$

де σ_ϕ – середньоквадратичне розширення кута приходу.

Коефіцієнт спрямованої дії $g(\theta, \phi)$ визначається по формулі:

$$g(\theta, \phi) = \frac{|E(\theta, \phi)|^2}{\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi |E(\theta, \phi)|^2 \sin(\theta) d\theta d\phi},$$

де $E(\theta, \phi)$ – просторова напруженість електричного поля з кутом місця θ й азимуту ϕ . Для антен з ґратами рівномірного розташування N елементів на окружності радіусом ρ $E(\theta, \phi)$ визначається по формулі:

$$E(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^N E_0 \exp[j\kappa_\lambda \rho \sin(\theta) \cos(\phi - \phi_n) + j\psi_n],$$

де E_0 – значення величини $E(\theta, \phi)$ для ненаправленого випромінювача (одного елемента); $\kappa_\lambda = 2\pi/\lambda$ – хвильове число; λ – довжина хвилі; $\phi_n = 2\pi n/N$ – кутове розташування n -го елемента на окружності в азимутальній площині; $\psi_n = -\kappa_\lambda \rho \sin(\theta_0) \cos(\phi_0 - \phi_n)$ – фазове зрушення n -го елемента, (θ_0, ϕ_0) – напрямок максимуму ДС круговий АР.

Література

1. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: «Техносфера», 2005. – 592 с.
2. Шварц М. Сети связи, протоколы, моделирование и анализ/ Пер. с англ.: в 2т. – М.: Наука, 1992. – Т. 2. – 276 с.
3. Лазарев В.Г. Интеллектуальные цифровые сети. Справ./Под ред. Н.А. Кузнецова. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 224 с.
4. IEEE 802.16e-2005 p. – 225 t. – 132 a.

АКТИВНИЙ СМУГОВИЙ ФІЛЬТР GSM ДІАПАЗОНУ

Литвин О.О., Карнаух В.Я.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: litvin_oleksandr@mail.ru

Active bandpass filter band GSM

GSM is a standard of digital mobile cellular connection the second breed with a division multiplexing of channels of the time and frequency, which is very actual nowadays. During my work on this project I had calculated and created an active band pass of that range, which improves receiving a necessary spectrum of signal.

Фільтр в електроніці – пристрій для виділення бажаних компонентів спектру електричного сигналу та/або придушення небажаних.

Активні фільтри будуються на основі підсилювачів, охоплених петлею зворотнього зв'язку.

Особливістю смугового фільтра є те, що він пропускає частоти, які знаходяться в певній смузі частот та зменшують міжсмугове спотворення.

Для дослідження використано схему, яка складається з двох буферних підсилювачів на транзисторах Q1 і Q2, та фільтра Кауера - Золотарьова (еліптичного), який ввімкнений між ними. Потенціометр R5 і резистори R1, R2 подають струми зміщення на бази обох транзисторам, резистори R4, R3 – колекторні навантаження транзисторів Q1 і Q2 відповідно. Конденсатори C1..C3, C19 – роздільні і забезпечують розв'язку входних і вихідних кіл буферних каскадів по постійному струмі, конденсатори C4, C5 і індуктивність L1 – фільтр по живленню.

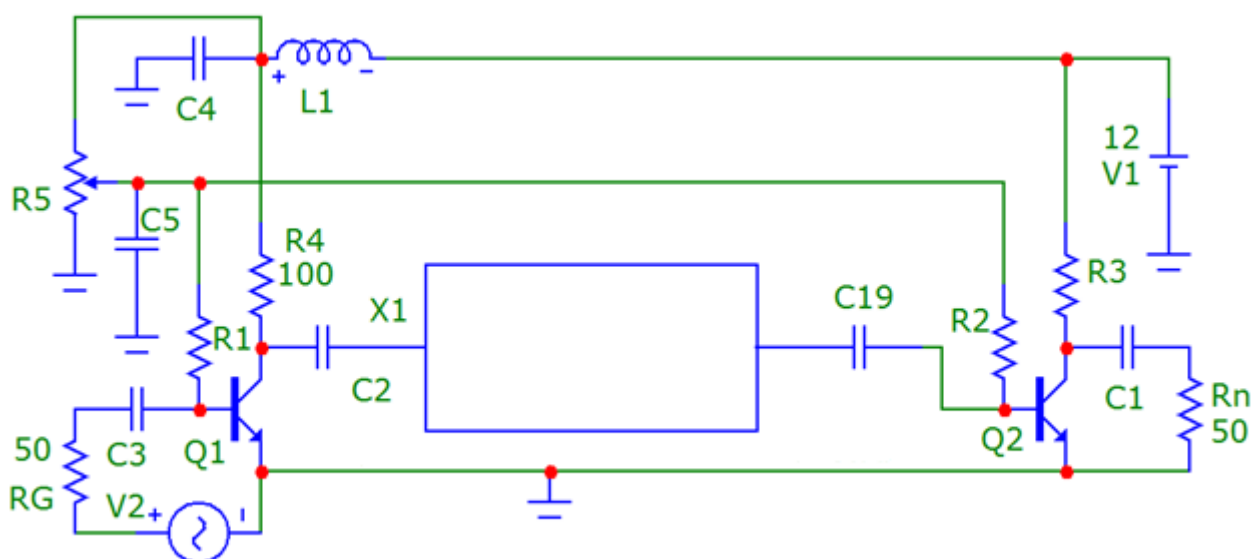


Рис. 1. Схема дослідження активного смугового фільтра GSM діапазону

Дослідження проведено по діапазону GSM-1800, який має такі параметри:

Піддіапазон прямих каналів (БС-МС), МГц :	1805,2...1879,8;
Піддіапазон зворотніх каналів (МС-БС), МГц:	1710,2...1748,8;
Ширина піддіапазона, МГц:	74,6;
Дискретність частот, кГц:	200;
Кількість каналів:	374;
Ширина частотного каналу, кГц:	200.

Перевагою GSM-1800 є те, що це міський стандарт мобільного зв'язку, він ефективний при великому завантаженні, тобто має велику ємність (можливість великої кількості одночасних з'єднань). Тому цей стандарт має вищу пропускну здатність.

В стандарті використовується GMSK – модуляція з величиною нормованої смуги $BT = 0,3$. Де B – ширина смуги фільтра на рівні -3 дБ, T – тривалість одного біта цифрового повідомлення. Тривалість слоту передачі на одному каналі зв'язку повинна бути взаємо узгодженою з імпульсною характеристикою вхідного фільтра приймача для мінімізації міжслотових спотворень. Така імпульсна характеристика для досліджуваного фільтра приведена на рис. 2.

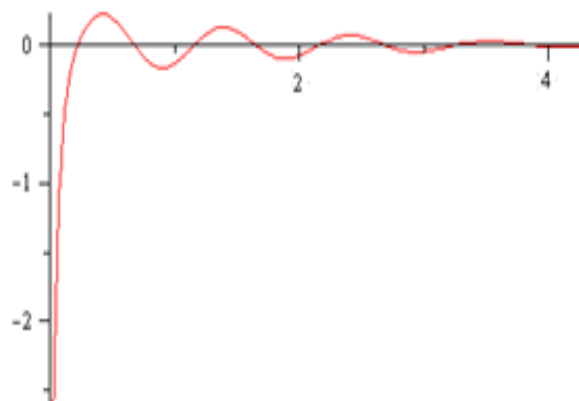


Рис. 2. Імпульсна характеристика досліджуваного фільтра

Для дослідження було обрано фільтр Кауера, оскільки він має такі особливості. По-перше це пульсація амплітудно-частотної характеристики як в смузі пропускання так і після придушення. Другою особливістю є максимальна крутизна спаду від смуги пропускання до смуги затримки, при невеликому порядку. Також перевагою активних фільтрів є підсилення вхідного сигналу, що покращує енергетичні умови приймання сигналу. Доцільно фактично компенсувати втрати в пасивних елементах, тому що збільшення підсилення фільтра зменшує його динамічний діапазон.

Недоліком є необхідність в джерелах живлення, та наявність нелінійних спотворень сигналу, що зменшує динамічний діапазон роботи фільтра в порівнянні з пасивними фільтрами.

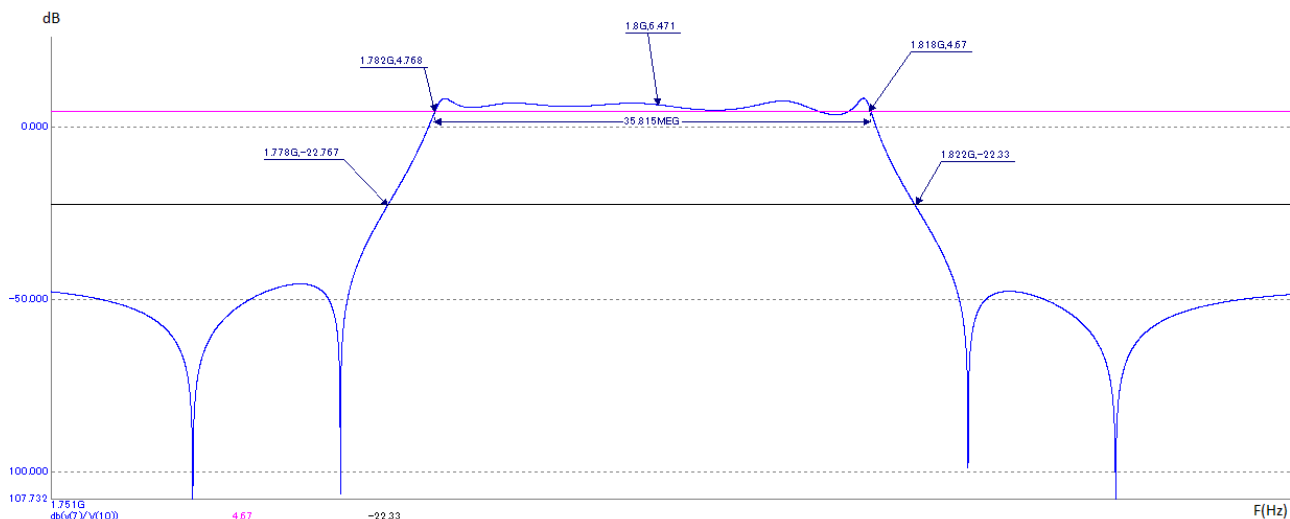


Рис.3. АЧХ активного фільтру GSM

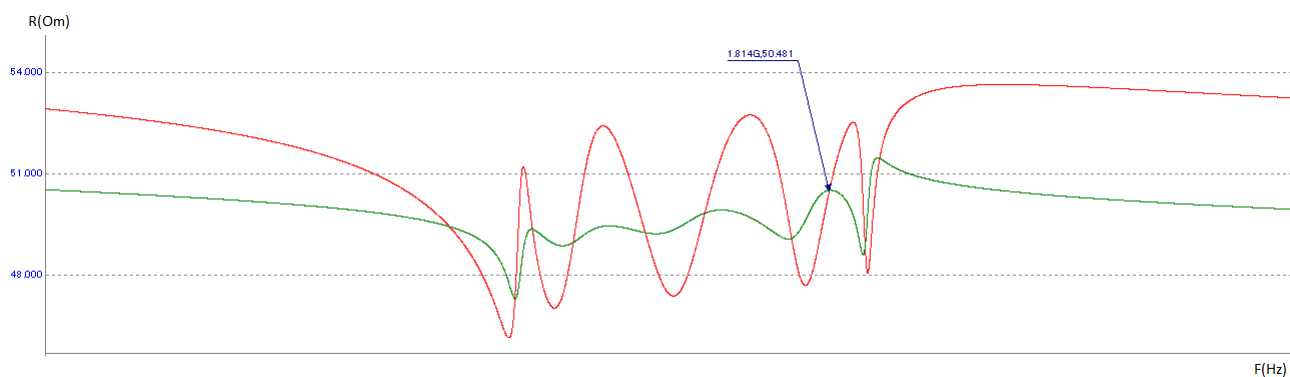


Рис. 4. Залежність вхідного і вихідного опорів схеми від частоти

Дослідження фільтру показали, що він відповідає вимогам до фільтру діапазону GSM-1800. Динамічний діапазон досліджуваного фільтру склав ≤ 17 дБм по інтермодуляційний складовій третього порядку (IP3).

Література

1. *Raucher Ch., Janssen V., Minihold R.* Fundamentals of spectrum analysis. – Rohde & Shwarz, Munchen, 2001.
2. *Могильченко М.О.* Основи синтезу електричних фільтрів. Навчальний посібник. – НТУУ „КПІ”, 2008.
3. *Кравчук С. О.* Системи зв'язку з рухомими об'єктами / Вид-во ТОВ «Спринт-Сервіс», 2012. – 452 с.
4. *Richard W. Daniels* Approximation Methods for Electronic Filter Design. - New York: McGraw-Hill, 1974.
5. *Кривицкий Б.Х.* Справочник по теоретическим основам радиоэлектроники. — М.: Энергия, 1977.

ПРИСТРІЙ З ПІДВИЩЕНОЮ ЧАСТОТНОЮ ВИБІРКОВІСТЮ ДЛЯ СИСТЕМ РАДІОМОНІТОРИНГУ

Могильченко М.О.

НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ»

Корсак В.Ф.

Український державний центр радіочастот

E-mail: korsak@ucrf.gov.ua

Наритник Т.М., Войтенко О.Г., Поршнєв В.Л.

СП «Інститут електроніки та зв'язку УААНП»

Лутчак О.В.

Національний технічний університет України «КПІ», РТФ

E-mail: office@mitris.com

DEVICE WITH HIGH FREQUENCY SELECTIVITY FOR RADIO MONITORING SYSTEMS

The results of the developed device with high frequency selectivity based bandcrossing filter using high-q coaxial resonators with feedback for monitoring the levels of spurious emissions base stations of standard CDMA-800.

На Україні в суміжних смугах частот працюють системи стільникового зв'язку стандартів GSM-900 та CDMA-800, тому є велика ймовірність створення завад від позасмугового випромінювання передавачів базових станцій (БС) CDMA-800 (робочі частоти у смузі 869...890 МГц) приймачам БС GSM-900 (робочі частоти у смузі 890...915 МГц) [1]. Ситуація ускладнюється тим, що БС цих стандартів часто розташовані недалеко одна від одної і використовують зустрічно направлені антени.

Український державний центр радіочастот (УДЦР) при видачі дозволу на роботу БС CDMA-800 указує в особливих умовах експлуатації вимоги щодо обмеження позасмугового випромінювання у смузі 890...915 МГц на рівні не вище -80 дБм на виході її передавача (вимірюється у смузі 100 кГц). Але використовувані підрозділами УДЦР засоби вимірювання мають чутливість по входу на рівні -100 дБм (у смузі 100 кГц) і допускають максимальну вхідну потужність не більше 100 мВт, тому вони підключаються до виходу передавача через атенюатор на 30...40 дБ, в результаті позасмугове випромінювання нижче -60 ... -70 дБм (у смузі 100 кГц) не може бути виміряне.

Опис схеми, принципу роботи пристрою та його технічні характеристики. Пристрій (комплект вимірювального обладнання) призначений для контролю рівнів побічних випромінювань БС стандарту CDMA-800 з використанням аналізатора спектру Advantest U3772. Комплект складається з набору з'єднуючих кабелів і моноблоку (в подальшому – прилад) з входом 1 та трьома виходами (рис. 1). Вхід 1 приладу підключається каліброваним кабелем до виходу передавача БС. Вихід 2 приладу – транзитний; підключається кабелем до передавальної антени БС, щоб не змінювався режим роботи передавача. Вихід 3 підключається до

апаратури контролю роботи БС (рівень потужності понижений резистивним дільником). Вихід 4 – вимірювальний, частотно-вибірковий, підключається каліброваним кабелем до аналізатора спектру Advantest U3772. В комплект обладнання входять різні переходи, що дає змогу переходити від рознімань N-типу (кінцеві рознімання каліброваних кабелів) на рознімання 7/16 та SMA. Все це забезпечує зручність проведення вимірювань на місці розташування БС.

Схема підключення обладнання до БС наведена на рис. 1, його структурна схема – на рис. 2.

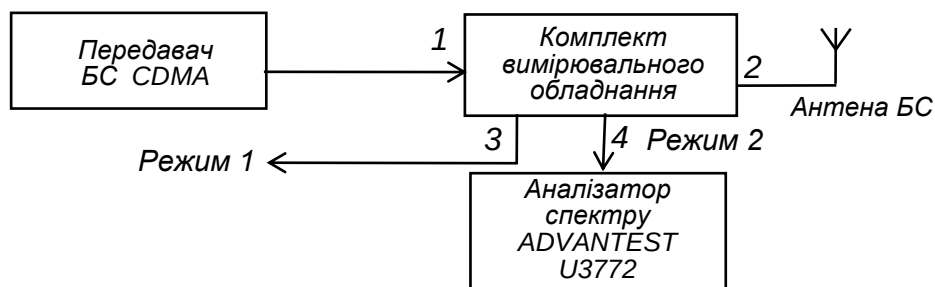


Рис. 1. Схема підключення обладнання до БС

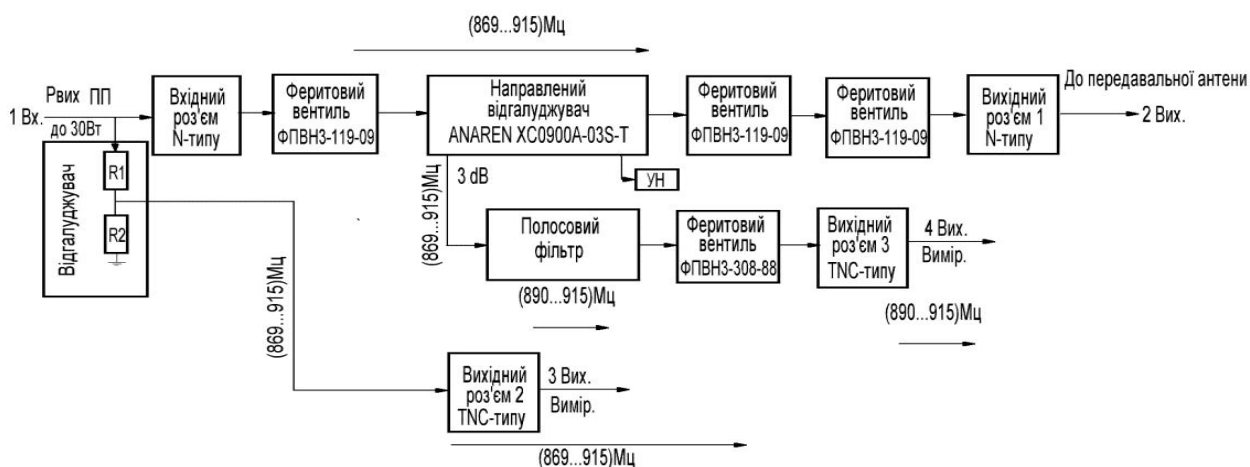


Рис. 2. Структурна схема пристрою

Сигнал від передавача базової станції CDMA через вхідний роз'єм N-типу та феритовий вентиль ФПВНЗ-319-09 потрапляє на направлений відгалужувач ANAREN типу 3A412. Вентиль забезпечує необхідне КСХН по входу обладнання та забезпечує додаткове поглинання потужності, яка відбивається від входу фільтра у смузі загородження і може завадити роботі передавача БС. З прямого виходу направленного відгалужувача сигнал через вентиль ФПВНЗ-319-09 потрапляє на смуговий фільтр. Вентиль забезпечує необхідне КСХН по входу фільтра, а також частково поглинає потужність, яка відбивається від входу фільтра в полосі загородження та може поступити в основний тракт і завадити роботі передавача БС. Сумарне загасання обох вентилів складає ~ 50дБ, тому, з

урахуванням 3 дБ направленої відгалужувача, потужність, яка може поступити на вхід передавача, буде складати ~ мінус 11 дБмВт. Ця потужність, на наш погляд, не може завадити роботі передавача БС.

Смуговий фільтр [2] забезпечує проходження потужності позаполосних випромінювань передавача БС з входу 1 на вихід 2 з втратами ~ 1...1,5 дБ та загасання в смузі загородження не менше ніж 35дБ, що дає змогу підключати до виходу 2 через феритовий вентиль аналізатор спектру ADVANTEST U3772. Смуговий фільтр виконаний по SAW технології. Максимальна потужність, яка може поступити на вхід 2 аналізатора, складає 5 дБмВт. Феритовий вентиль ФПВНЗ-308-88 забезпечує необхідне КСХН по виходу обладнання та необхідне КСХН по виходу фільтра, незалежно від зовнішнього навантаження.

Пристрій забезпечує наступні технічні характеристики, наведені в таблиці

Таблиця

Найменування характеристики	Вимоги ТЗ
1.Діапазон робочих частот, МГц:	869...915
2.Максимальна вхідна потужність, Вт, не більше	30
3.Загасання сигналу в діапазоні частот 869...915 МГц від входу 1 до виходу 2, дБ не більше,	4,5
4.Загасання сигналу в діапазоні частот 869... 888 МГц від входу 1 до виходу 3, дБ не менше	35
5.Загасання сигналу в діапазоні частот 869.. 888 МГц від входу 1 до виходу 4, дБ не менше	35
6.Загасання сигналу в діапазоні частот 890...915 МГц від входу 1 до виходу 4, дБ не менше	8
7.Загасання сигналу в діапазоні частот 890...915 МГц від виходу 2 до виходу 4, дБ, не менше	60
8.КСХН _{вх1} , не більше(тракт 50 Ом, 869...915 МГц)	1,3
9.КСХН _{вих2} , не більше (тракт 50 Ом, 869...915 МГц)	1,3
10.КСХН _{вих3} , не більше (тракт 50 Ом, 869...915 МГц)	1,3
11.КСХН _{вих4} , не більше (тракт 50 Ом, 890...915 МГц)	1,3

Висновки. Розроблений частотно-вибірковий пристрій з підвищеною частотною вибірковістю (крутизна амплітудно-частотної характеристики на рівні 17дБ/МГц) дає змогу вимірювати позасмугове випромінювання, оскільки він придушує основне випромінювання не менш ніж на 35 дБ, а позасмугове – лише на 5 дБ.

Пристрій може бути використано підрозділами УДЦР при проведенні первинного технічного контролю БС стандарту CDMA-800 перед їх введенням у експлуатацію.

Література

- 1.Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс М.Е.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи – М.: Связь.-1972.-Т.2.-394 с.
2. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу. Навчальний посібник/За редакцією д-ра технічних наук, проф. Кривуци В.Г.-К.: ДУІКТ.-2012 – 596 с.
3. John B/ Ness: "A Unified Approach to the Design, Measurement, and Tuning of Coupled-Resonator Filters", IEEE Trans. on MW Theor. and Tech., Vol 46, No 4, April 1998.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАТЕЛЯ
ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА ДЛЯ КАНАЛА СВЯЗИ
С ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Войтенко А.Г., Дідковський А.В., Алієв М.Я.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ", Киев

E-mail: director@mitris.com

Волков В.В.

Одесский областной радиопередающий центр

E-mail: v.v.v51@mail.ru

Reshaper of informative stream for a communication channel with carrying capacity

In a lecture technical solution of creation of HSLDOS of delivery of information is offered and the results of researches of transmitting and receiving shaper for the transfer of the information flow with the speed of up to 2.4 GB/s on terahertz radio relay communication lines, created in the frequency range 128 - 134 GHz.

В докладе предложено техническое решение создания высокоскоростных каналов доставки информации и представлены результаты исследований приемо-передающего формирователя для передачи информационного потока со скоростью до 2,4 Гбит/с по терагерцовой радиорелейной линии связи, созданной в частотном диапазоне 128 – 134 ГГц.

Потребность в информационном обмене постоянно растет и существенно растет и количество информации. Телекоммуникационные системы также нуждаются в постоянном увеличении пропускной способности. Это обусловлено внедрением технология связи четвертого поколения, такие как Wi-Fi, Wi-max, LTE, от которых требуется предоставление пользователям все больших скоростей передачи данных, что неизбежно требует все большей пропускной способности от транспортных сетей. Однако существуют фундаментальные ограничения на скорость передачи данных, которые обусловлены полосой пропускания систем связи.

В связи с этим актуальным является использование терагерцового диапазона (более 100 ГГц) частот, который, с одной стороны, позволяет предоставить значительные (до 10 ГГц и более) полосы пропускания, а с другой стороны, является свободным для пользования в отличие от используемых в настоящее время в системах беспроводной связи более низкочастотных диапазонов (вплоть до 40 ГГц), частотный ресурс которых вычерпан.

Вместе с тем, создание телекоммуникационной системы в терагерцовом диапазоне частот с гигабитной пропускной способностью связано с рядом трудностей [1-7]. Это, во-первых, освоение диапазона частот около 140 ГГц, а, во-вторых, необходимость реализации практически приемлемого гигабитного потока.

Таким образом, стоит задача формирования транспортного потока до 2 Гбит/с по линии, созданной в частотной области около 140 ГГц и выше. То есть канал передачи данных должен занимать в качестве среды распространения терагерцовый частотный диапазон, а в качестве транспорта использовать передачу потока бит со скоростью единицы Гбит/с, обеспечивая при этом приемлемое качество передачи. Стоимость оборудования при этом должна быть минимальной.

Для решения этой задачи разработан формирователь, базирующийся на технических решениях используемых в узлах (чипах) системы Wi-Fi[4-7].

Формирователь представляет собой блок модуляторов – демодуляторов Mikrotik R52nM, который позволяет получить скорость в прямом и обратном каналах по 150Мбит/с. Вход передающей и выход приемной схемы в составе данного чипа - битовый поток в формате Ethernet, а выход передающей и вход приемной схемы в составе данного чипа - символьный поток на частоте в диапазоне около 2 или 5 ГГц. Модуляция и демодуляция может программно перестраиваться от BPSK к QAM - 64. Полоса полученного сигнала составляет 40 МГц. Повышение спектральной эффективности достигается использованием многопозиционной модуляции поднесущих (QAM - 64). Дальнейшее повышение скорости в канале связи достигается созданием блока, который выполняет кодирование и модуляцию потока в формате Ethernet с распределением по смежным частотным полосам и объединению их в общий многочастотный поток в передающей части и распределения по исходным частотным полосам с дальнейшей их демодуляцией, маршрутизацией и формированием Ethernet интерфейса в приемной части. Результирующая (суммарная) скорость при создании восьми частотных потоков при модуляции QAM - 64 составит 1200Мбит/с в каждом направлении. Суммарная полоса с учетом защитных частотных интервалов (ширины полосы фильтров, которые ограничивают полосу каждого потока) не превышает 400МГц.

Такое техническое решение позволяет создание канала связи в необходимом частотном диапазоне, например, методом гетеродинного преобразования до требуемого уровня.

На рис 1. показан общий вариант структурной схемы формирователя для создания шести информационных каналов с информационной шириной по 40 МГц каждый и принятие шести аналогичных каналов.

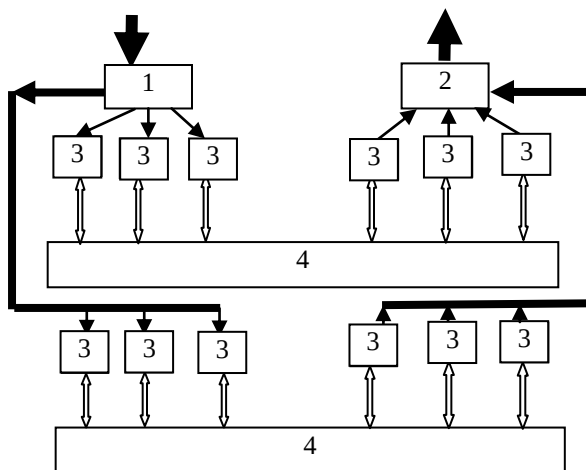


Рис.1. Упрощенная схема формирователя:

- 1) аналоговый разветвитель каналов, 2) аналоговый сумматор каналов,
- 3) радиомодуль Mikrotik R52nM, 4) маршрутизатор Mikrotik RB800.

Основные параметры Mikrotik R52nM следующие: Формат - miniPCI; Стандарты - 802.11a/b/g/n; Частоты - 2,4 и 5 ГГц (указанные частоты реализуются как в трактах на передачу, так и на прием); Выходная мощность - 25dBm; Модуляция - OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM; DSSS - DBPSK, DQPSK, CCK; Полоса выходных частот - 40 МГц.

При использовании модуляции 64QAM в реальных условиях скорость в одном канале на передачу и прием составит по 150Мбит/с.

Требуемое значение частотного диапазона реализуется превращением частотного диапазона (например, 2,5ГГц) в требуемый.

В показанной на рисунке схеме условно отображено по 6 радиомодулей Mikrotik R52nM на передачу и прием. Реально в блок вводится необходимое количество радиомодулей для получения соответствующей скорости передачи и дальности связи.

При использовании восьми радиомодулей на передачу и восьми на прием реализуется суммарная скорость 1,2 Гбит/с как на передачу, так и на прием. Для снижения возможной интерференции выбирается разнесение полос в 5,0 МГц. Требуемое значение частотного диапазона обеспечивается преобразованием частотного диапазона (например, 2,5ГГц) в необходимый, в частности, терагерцовый диапазон.

Заключение. В результате проведенных исследований и тестирования схемы приемо-передающего формирователя с использованием предложенного технического решения и последних достижений Wi-Fi технологий показана возможность создания формирователя информационного потока со скоростью до 2,4 Гбит/с для последующего его использования для передачи по терагерцовой радиорелейной линии связи терагерцового (128-134 ГГц) диапазона.

Повышенная пропускная способность, простота в изготовлении и сравнительно низкая стоимость приемо-передающего формирователя сверхскоростного информационного потока являются весьма важными факторами для его применения в телекоммуникационных системах различного назначения.

Литература

1. Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н. .Состояние и перспективы использования терагерцовых волн в радиотелекоммуникационных системах// Науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій»*збірник тез.К.:НТУУ «КПІ», 2011.-с.19-23.
2. Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н.Направления создания сверхскоростных радиотелекоммуникационных систем с использованием терагерцовых волн// Материалы 21-ой Международной Крымской конференции КрыМиКо'2011, «Севастополь, Крым, Украина.-том 1.-С.387-389
- 3.В.Вишневский, С.Фролов, И.Шахневич. Радиорелейные линии связи в миллиметровом диапазоне: новые горизонты скоростей//Электроника.2011, №1. С.90-97.
4. Телекомунікаційна система широкосмугового радіодоступу з інтеграцією засобів радіо- і проводного доступу «МІТРС-Е» Патент України на корисну модель №75581, дата публікації 10.12.2012р., Бюл.№23 з пріоритетом від 27.04.2012. Ильченко М.Ю., Нарытник Т.М., Казіміренко В.Я. та інші.
5. Патент України на корисну модель №84923 (Україна). Приймально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку із підвищеною спектральною ефективністю та пропускною здатністю/ Ильченко М.Ю.,Нарытник Т.М., Казіміренко В.Я., Войтенко О.Г., Радзіховський В.В., Свириденко В.В. – Опубл. 25.11.2013р., Бюл.№21.
6. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу. Патент України на винахід №71488, дата публікації 10.07.2012 р., Бюл.№13 з пріоритетом від 30.01.2012.
7. Terahertz Communication System on the Base of Chaotic Noise Signals. M.Ye.Ilchenko, T.N.Narytnik, V.A.Cherepenin, V.I.Kalinin, V.V.Chapursky // Intern.Reseach Journal “Telecommunication Sciences”, V.4, No 1, 2013.

ХАРАКТЕРИСТИКА КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НАДШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ І СИСТЕМ RFID

Нестеров П.В., Іщенко М.В., Шелковніков Б.М.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: p.nesterov90@gmail.com

Characterization of combined location method for RFID systems using UWB signals

The combined location method was considered in order to describe a possibility of improvement classical location methods. Using the UWB and RFID preferable location techniques the probability density function and location errors of combined method was presented.

Існує досить багато робіт, що мають за мету описати та протестувати методи визначення місцезнаходження об'єктів, що використовують системи радіочастотної ідентифікації (RFID – Radio Frequency Identification) та надширокосмугового зв'язку (UWB – Ultra Wide Band), але набагато менше робіт, що висвітлюють можливості комбінування методів, що широко застосовуються в обох системах.

Вивчення комбінованого методу визначення місцезнаходження об'єктів є важливим для покращення точності систем RFID в загалі. В якості рішення цього актуального питання може стати можливість застосування систем надширокосмугового зв'язку та найбільш характерних методів визначення місцезнаходження об'єктів в поєднанні з системами RFID [1,2].

В системах безпроводового зв'язку для забезпечення можливості визначати місцезнаходження пристроїв або об'єктів в закритому та відкритому середовищах використовують відповідні метрики. Варто приділити особливу увагу розгляду деяких підходів визначення місцезнаходження, так як важко обрати конкретний метод з огляду на непостійність умов застосування та різноманітні впливи на сигнал. Можна виділити чотири різних методи стосовно систем RFID та UWB: мультилатераційний з використанням метрик RSS (Received Strength Signal), TDOA (Time Differences of Arrival), метод KNN (k Nearest Neighbors) та метод з використанням метрики AOA (Angle of Arrival).

Представлене рішення передбачає поєднання обох аналітичних виразів методу на основі метрик RSS та TDOA, як таких, що показали найкращі результати точності визначення місцезнаходження та відносно прості для реалізації. Гіпотеза полягає в відборі тих положень, що дають змогу застосовувати обидва методи з високою імовірністю отримання точних координат, та відсіюванні інших положень, котрі вимагають використання лише одного метода (через низьку продуктивність одного з методів в

конкретних умовах), або якщо комбінований метод показав низьку імовірність.

Важливо відмітити, що метрики RSS та TDOA вважаються незалежними випадковими величинами. Запропоноване рішення опирається на сумісний розподіл імовірності, який визначає імовірності обох величин. Після запису відповідних виразів з урахуванням теореми Баєса та наступним спрощенням на основі властивостей незалежних величин, маємо вирази (1), (2):

$$f_{RSS,TDOA}(RSS, TDOA) = f_{TDOA}(TDOA) * f_{RSS}(RSS) \quad (1)$$

$$f_{TDOA,RSS}(TDOA, RSS) = f_{RSS}(RSS) * f_{TDOA}(TDOA) \quad (2)$$

Скористуємось отриманими виразами визначення для функції щільності імовірності методів RSS (3) та TDOA (4):

$$P(x,y|\overline{RSS}) = K_{RSS} * \left\{ \prod_{i=1}^N P(RSS_i | x, y) \right\} = K_{RSS} * \left\{ \prod_{i=1}^N \left(\frac{1}{\sigma} e^{-\frac{RSS_i}{\sigma}} \right) \right\} \quad (3)$$

$$P(x,y|\overline{TDOA}) = K_{TDOA} * \left\{ \prod_{i=1}^N P(TDOA_{ij} | x, y) \right\} = K_{TDOA} * \left\{ \prod_{i=1}^N \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(TDOA_{ij}-\mu)^2}{2\sigma^2}} \right) \right\} \quad (4)$$

Аналітичний результат обох виразів можна показати виразом (5), який залежить від функції щільності ймовірності вказаних методів, RSS та TDOA метрик, отриманих з N RFID-рідерів. Величина K є результатом величин K_{TDOA} і K_{RSS} . Вираз представляє собою розподіл імовірностей отримання координат шуканої точки, за умови отримання відповідних метрик та використання комбінованого методу.

$$P(x,y|\overline{RSS|\overline{TDOA}}) = K * \left\{ \prod_{i=1}^N P(RSS_i | x, y) * P(TDOA_{ij} | x, y) \right\} \quad (5)$$

Координати можна обчислити за допомогою мінімальної середньоквадратичної похибки через знаходження відомого значення результуючої функції щільності імовірності.

Моделювання методів локалізації проводиться з використанням чотирьох RFID-рідерів, які розташовані по кутах сітки положення квадратної форми. Площа сітки визначена довжиною 5 одиниць по координатній осі x та y, що становить площу 25 квадратних одиниць (Рис. 1).

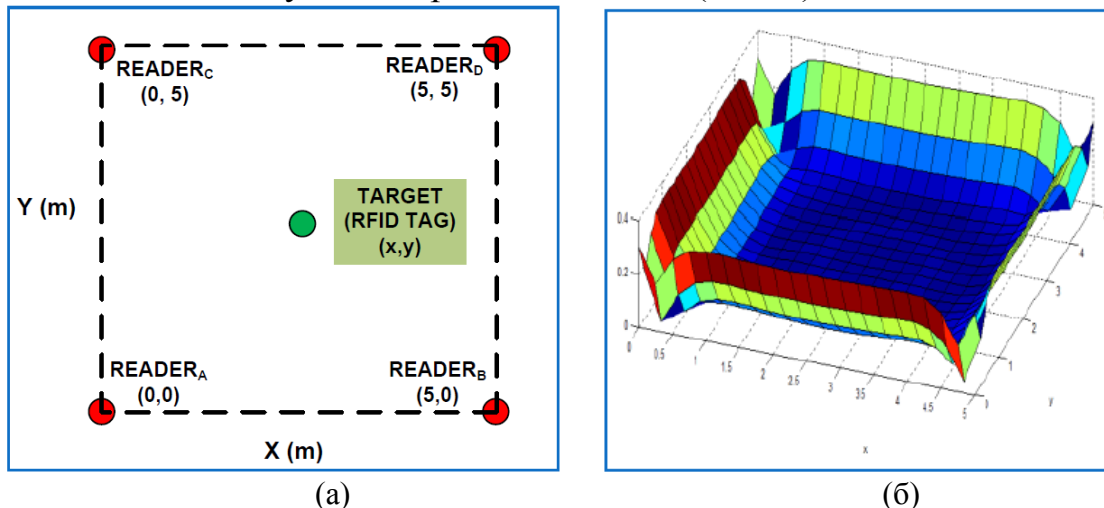


Рис. 1. Графічне представлення сценарію моделювання з чотирма RFID-рідерами (а) та розподіл похибок (б)

Рис. 2 ілюструє результати отриманих значень середньої похибки визначення місцезнаходження, коли мітка розташована в попередній позиції згідно сценарію. Середня похибка визначення місцезнаходження є сукупною похибкою, що враховує похибки, отримані в попередніх симуляціях [3,4].



Рис. 2. Тенденція середньої похибки визначення положення в точці $x_1 = 2,5$, $y_1 = 2,5$ (зліва) та точці $x_3 = 0$, $y_3 = 2,5$ (справа) для модифікованих методів RSS, TDOA та комбінованого методу

Комбінований підхід включає інформацію від обох методів в один і в той же час навіть якщо один із них показує гіршу продуктивність, тому сумарна точність комбінованого методу поєднує в собі точність кращого з методів визначення положення об'єкта в кожній точці. Як результат, похибка визначення місцезнаходження менша, ніж у випадку використання даних методів окремо.

Зважаючи на отримані результати можна зробити висновок про доцільність використання комбінованого методу в системах RFID визначення місцезнаходження об'єкта, а також важливість технології UWB в цьому процесі. Комбіновані методи здатні покращити результати точності у визначенні положення, особливо, якщо мова йде про використання надширокосмужових сигналів.

Література

1. Location Tracking - now indoors and outside | Ubisense [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. Режим доступу: <http://www.ubisense.net/en/news-and-events/press-releases/location-tracking-now-indoors-and-outside.html> Субота, 28 грудня 2013 12:00.
2. Our Technology | Time Domain [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. Режим доступу: <http://www.timedomain.com/technology.php> Субота, 28 грудня 2013 12:00.
3. Zhou, Junyi, Shi, & Jing. Localization of stationary objects using passive RFID technology. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, (pp. Vol. 22, No. 7, 717–726), 2009.
4. Bouet, M., & Santos, a. A. RFID Tags: Positioning Principles and Localization Techniques. (pp. 1-5). Dubai: 1st IFIP Wireless Days, 2008.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ НА ЧАСТОТЕ 130 ГГц

Приступчук Ю. А., Шелковников Б. Н.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: kyzon2008@gmail.com

Simulation of wireless system at a frequency of 130 Ghz with HEMT technology use

In this paper the wireless system of 10 Gbit at a frequency of 130 GHz with HEMT technology use, using a packet of AWR, and results of researches are provided.

Так как сумма мультимедийных служб и услуг передачи данных растет постоянно, потребность в высокой скорости передачи данных вызывает большой интерес. В области телекоммуникаций, существует большой спрос на беспроводную передачу несжатого видео высокой четкости, такие, как телевидение высокой четкости (HDTV, 1,5 Гбит / с), 3D-видео (3 Гбит / с) и 4K Digital Cinema (6 Гбит / с) в режиме реального времени. Gigabit Ethernet (GbE) и 10 Gigabit Ethernet (10GbE) нашли широкое применение, и 10 -Гбит/с Ethernet Passive Optical Network (10G-EPON) в их числе [1]. Таким образом, есть необходимость в высокоскоростной технологии, которая может поддерживать стандарты сети такие, как GbE и 10GbE и передавать несжатое видео высокой четкости. Одним из выходов может быть применение беспроводных систем, в том числе и технологии HEMT. В наши дни технология HEMT является очень перспективной для реализации устройств миллиметрового диапазона, в том числе малошумящих и мощных усилителях, преобразователях и множителях частоты. В данной статье приведены результаты моделирования беспроводной системы, работающей на частоте 130ГГц с применением HEMT технологии в программном пакете AWR [2]. Также проанализировано влияние параметров системы и видов модуляций на качественные показатели системы.

Моделирование радиосистемы. Структурная схема модели системы изображена на рис. 1. На схеме передатчик состоит из следующих функциональных узлов:

Digital Data — генератор случайных данных на скорости 1Гб/с; Coder — сверточный кодер со скоростью кодирования $\frac{1}{2}$; QPSK Transmitter — микросхема модулятора QPSK (в целях сравнения здесь также представлены BPSK и QAM-16 модуляторы). На выходе модулятора получается манипулированный сигнал с несущей частотой 130 ГГц (синтезаторы и смесители входят в состав микросхемы). Для сглаживания выходного сигнала в модуляторе использовался фильтр с «приподнятой» косинусоидой с $r=0,35$; PA — нелинейный усилитель. В AWR усилитель может

моделироваться с применением трех различных моделей: Large Signal Polynomial, Small Signal Polynomial, AM-to-AM модель [2]. Первые две учитывают усиление во всей частотной области и учтена нелинейность усилителя. Третья модель представляет собой зависимость амплитуды и фазы выходного сигнала от уровня входного сигнала с внесенными фазовыми сдвигами.

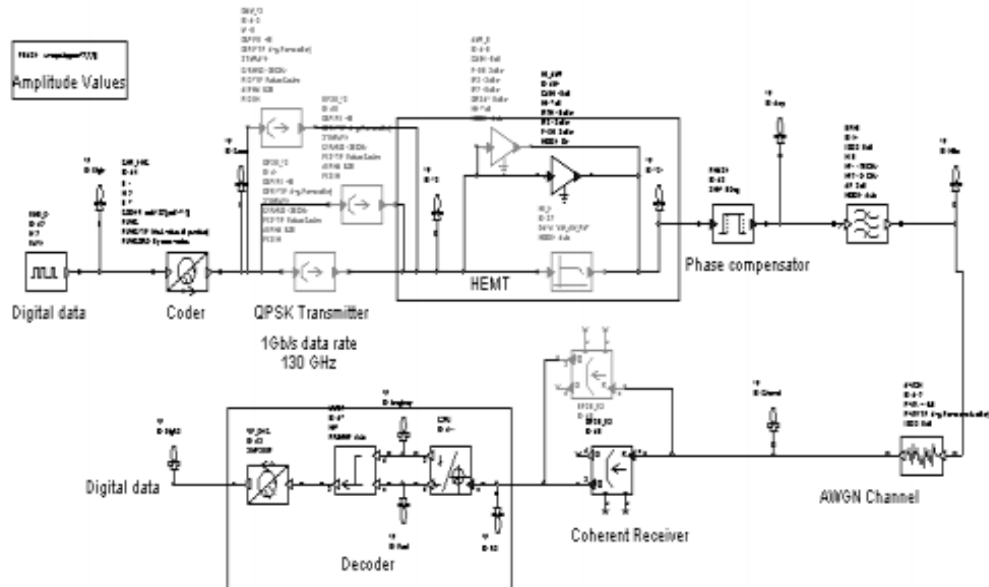


Рис. 1. Модель радиосистемы на частоте 130 ГГц.

В данной работе были использованы все три модели. Для частотонезависимых моделей использовалась модель усилителя GaAs HEMT из [3]. Поэтому, показатель P_{1db} принят равным 10 дБм. Коэффициент усиления был выбран равным 16 дБ (из параметров усилителя фирмы HITITE HMC-AUH320). Фазовое пространство QPSK изображено на рис. 2.

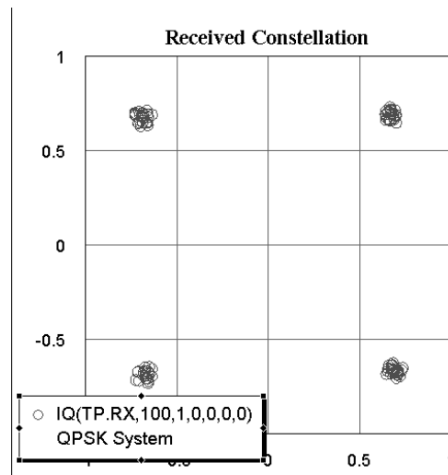


Рис. 2. Фазовое пространство QPSK

Вид полученного сигнала на выходе модулятора изображен на рис. 3. Так при значении затухания равному 50 дБ принятый сигнал изображен на рисунке 4 соответственно. В этой же схеме можно сравнить полосы различных видов модуляции (QPSK, BPSK и QAM-16), включая поочередно соответствующие модуляторы (рис. 5).

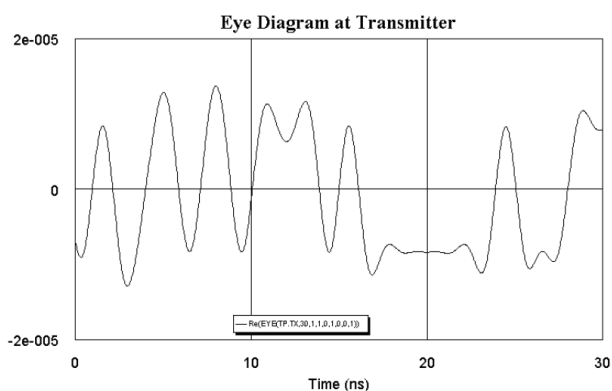


Рис . 3. QPSK сигнала на выходе модулятора

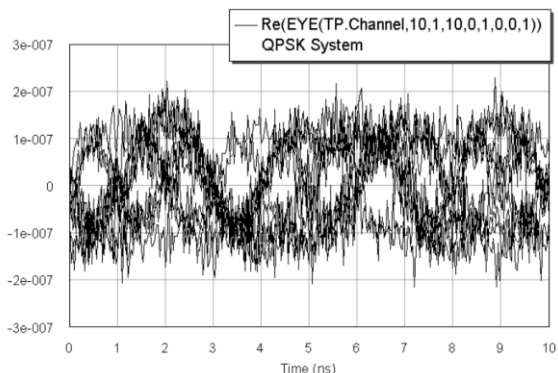


Рис . 4. Принимаемый сигнал

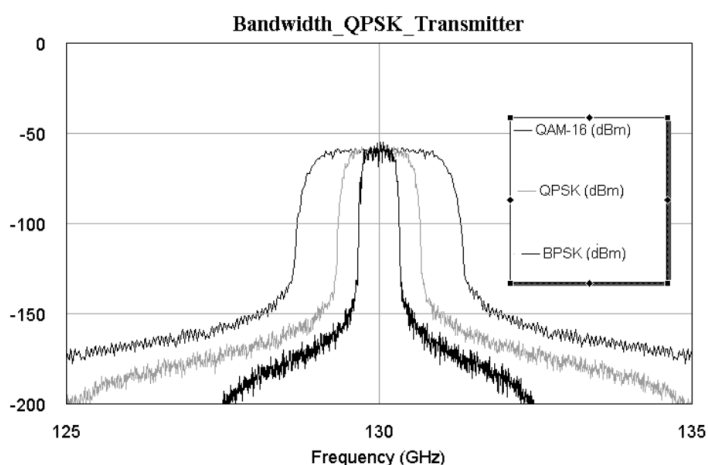


Рис. 5. Полосы частот для различных видов модуляции

Выводы. В работе была построена схема радиосистемы на частоте 130 ГГц с применением технологии НЕМТ. Проанализировано влияние параметров системы и видов модуляций на качественные показатели системы. На основе полученных результатов можно предъявлять требования к отдельным функциональным узлам. Наглядно проанализировано влияние нелинейности на спектр сигнала, сравнены полосы сигналов различных видов модуляции. В данной работе не были приняты во внимание шумы гетеродина и смесителей, а отдельные функциональные узлы были идеально согласованы. На практике усилители, работающие на частоте 130 ГГц, существуют только в лабораториях крупнейших корпораций и организаций телекоммуникационных услуг и коммерчески не производятся.

Литература

1. IEEE P802.3ae 10Gb/s Ethernet Task Force (<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ae/index.html>)
2. Maas Stephen A. Nonlinear Microwave and RF Circuits. Boston: Artech House, 2003. 604 p.
3. Hirata Akihiko, Kosugi Toshihiko, Takahashi Hiroyuki 120-GHz-Band Millimeter-Wave Photonic Wireless Link for 10Gb/s Data Transmission // IEEE Transactions on microwave theory and techniques. May 2006. Vol. 54. No. 5.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ МЕТОДИКИ РОБОТИ СТАТИЧНИХ M2M ПРИСТРОЇВ

Самсонов С.С., Шелковніков Б.М.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ “КПІ»

E-mail: samsonov.serhiy@gmail.com

The Research of Power Saving Functioning Methods of Static M2M Devices

This paper presents and studies two functioning methods for indoor static M2M devices. Taking to consideration the problem of dynamically changing coverage of the environment, a threshold-based enhanced method was introduced. Research shows that this method works very good in terms of power saving, however setting the threshold parameter too high may lead to significant delays.

Важливість моніторингу в реальному часі для електричних мереж в Smart Grid не залишає сумнівів. Для транспортування статичних даних т.зв. розумних вимірювачів, повинні використовуватися особливі види мереж [1]. Такі пристрої комунікації машинного типу (МТС) відомі як (M2M) [2]. У M2M- комунікаціях, машини використовують бездротове підключення для досягнення спільних завдань без втручання людини, забезпечують всюдишні рішення для моніторингу в реальному часі. M2M стикається з багатьма проблемами, серед яких - проблема покриття та енергозбереження [3].

Використання самих останніх технологій Smart Grid розвивається разом з телекомунікаційними системами, що забезпечують швидку і надійну передачу даних, зібраних розумними лічильниками. M2M є телекомунікаційною технологією, яка фокусується на обміні даними між машинами, часто з використанням стільникових мереж. Як будь-яка технологія M2M стикається із власним набором проблем, пристрої повинні бути невеликими і недорогими, що означає деякі проблеми можуть виникнути під час проектування M2M мереж, такі як потужність, обчислення, зберігання та пропускну здатність. [4]

Головною перевагою використання стільникових мереж в M2M, звичайно, є можливість мати зв'язок в будь-якому місці без попереднього оснащення середовища. [5] Проте, стільникові мережі орієнтовані в основному на людину в даний час, а це означає, певні питання з точки зору покриття. [6] Наприклад, якщо користувач хоче мати зв'язок, але покриття в його поточному місцезнаходженні погане, він намагатиметься перейти в інше місце щоб знайти місце з кращим покриттям. На жаль цей підхід не працює із стаціонарними пристроями. Це питання стає критичним, якщо взяти до уваги що охоплення іноді може змінюватися з часом в тому ж самому місці (наприклад оператори мобільного зв'язку, що відключають деякі базові станції в нічний час з точки зору економії електроенергії або через технічні

несправності). Стаціонарні пристрої не можуть рухатися в пошуках кращого покриття, але все ще стикаються з тими ж проблемами, з якою стикаються всі інші пристрої бездротового зв'язку - якість обслуговування (QoS), енергозбереження тощо. І тому, що розумні лічильники, які є частиною технології Smart Grid, є стаціонарними M2M пристроями - ця стаття орієнтована на подолання проблем поганого покриття при передаванні статистичних даних.

Рис.1 демонструє вплив трьохкрокової моделі на необхідну для передачі в деякий момент часу потужність. У зв'язку з вимогами обмеження потужності, максимальна потужність у разі передачі не перевищує певного максимального значення, котре у цій моделі встановлено на рівні 21 дБм. Через це, відношення сигнал-шум ніколи не піднімається вище певного максимального значення, яке для відношення сигнал-шум було встановлено на рівні 15 дБ. Втрати у просторі розраховуються як константа втрат + випадкова частина втрат + втрати що вносяться трьохкроковою моделлю.

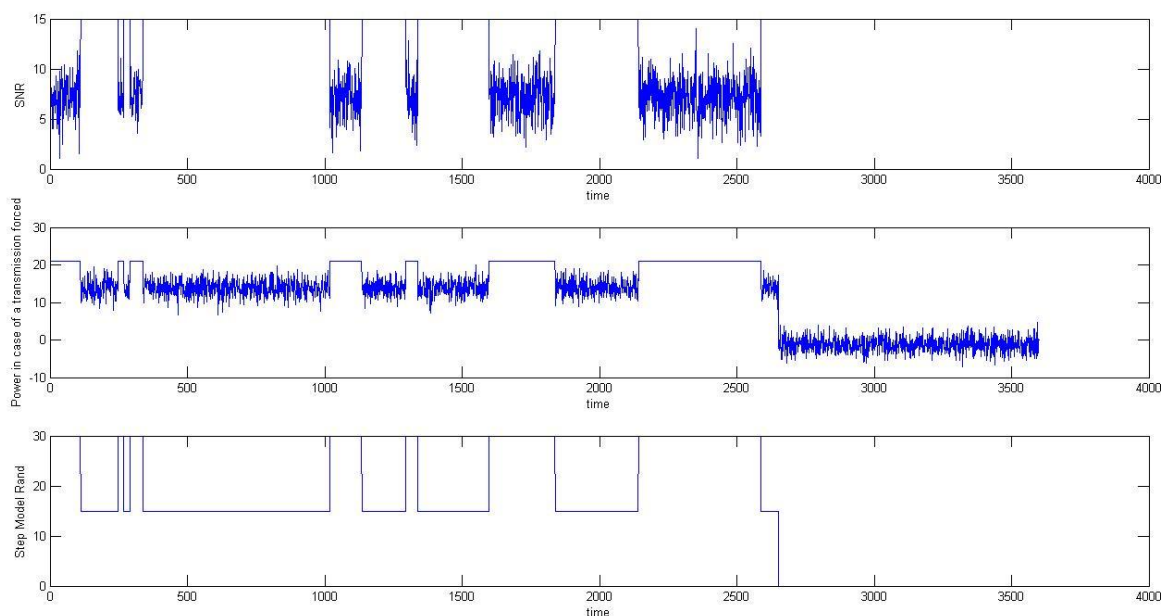


Рис 1. Відношення сигнал-шум, можливе енергоспоживання і та трьохкрокова модель

Як видно з гістограми на рис. 2 справа, базова модель не використовує занадто багато спроб до моменту спроби відправлення. Провалені спроби відправлення відносяться тільки до тих випадків, коли в певний випадок часу завади настільки великі, що навіть при спробі відправлення доповідь про отримання не надходить. Ліва частина рис. 2 показує, як перехід до базової моделі та встановлення порогового значення на рівні 5 дБ може зменшити потужність, що витрачається на передавання. Але разом із тим зростає кількість невдалих спроб до передавання повідомлення. Втім це виливається у незначні затримки, а не у втрати повідомлень.

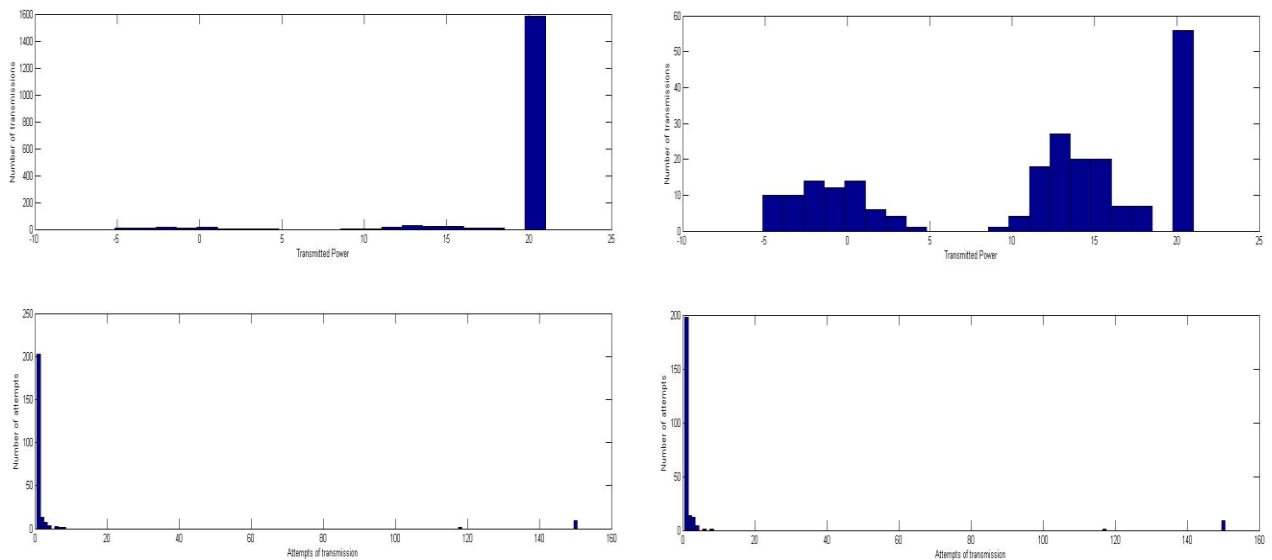


Рис. 2. Гістограма потужності передавання і спроб передавання в базовій моделі (справа) та в покращеній моделі із порогом=5 дБ (зліва)

Результати моделювання показують, що покращена модель справляється із проблемою енергозберігання набагато краще, ніж базова. Однак встановлення порогового значення занадто високо може призвести до значних затримок та втрат повідомлень. Динамічне знаходження оптимального порогового параметру може стати темою наступних досліджень.

Література

1. Geng Wu, Shilpa Talwar, Kerstin Johnsson, Nageen Himayat, Kevin D. Johnson. M2M: From Mobile to Embedded Internet. *Intel IEEE Communications Magazine*. (pp. 36-43, April), 2011.
2. Shao-Yu Lien and Kwang-Cheng Chen, Yonghua Lin. Toward Ubiquitous Massive Accesses in 3GPP Machine-to-Machine Communications. *IBM Research Division IEEE Communications Magazine*. (pp. 66-74, April), 2011.
3. David Boswarthick, Omar Elloumi, Oliver Hersent. M2M Communication: a System Approach. ETSIWiley 2012, 336 pages.
4. Yan Zhang, Rong Yu and Shengli Xie, Wenqing Yao, Yang Xiao, Mohsen Guizani. Home M2M Networks: Architectures, Standards, and QoS Improvement. *IEEE Communications Magazine* (pp. 44-52, April), 2011.
5. Shoji Yunoki, May Takada, Chunguang Liu. Experimental Results of Remote Energy Monitoring System via Cellular Network in China. *SICE Annual Conference*. August 20-23, 2012, Akita University, Akita, Japan, (pp. 948-954).
6. Chih-Yuan Tu, Chieh-Yuan Ho, Ching-Yao Huang. *Energy-Efficient Algorithms and Evaluations for Massive Access Management in Cellular Based Machine to Machine Communications*. 2011 IEEE VTC Fall 2011, San Francisco/CL.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ВЗАЄМНОГО ЗВ'ЯЗКУ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЗОНАТОРІВ ВІД ВІДСТРОЮВАННЯ ЗА ЧАСТОТОЮ

Трубаров І. В.

НТУУ «КПІ», Інститут телекомунікаційних систем

E-mail: trubarov_igor@mail.ru

The investigation of the dependence of a mutual coupling coefficient versus frequency offset for cylindrical dielectric resonators

The estimation of the mutual coupling coefficient of two cylindrical dielectric resonators disposed in a rectangular waveguide is done. The calculations have been carried out for different values of a distance between two resonators.

У діапазоні НВЧ широке застосування знайшли частотно-селективні пристрої на діелектричних резонаторах (ДР) [1, 2]. При цьому часто частотні фільтри на ДР створюються у хвильоводному виконанні (рис. 1).

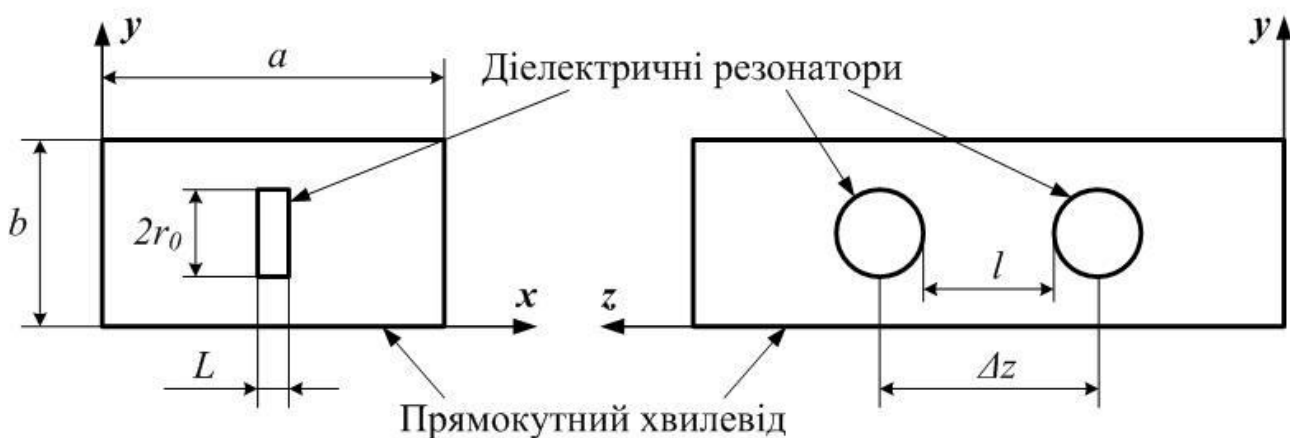


Рис. 1. Система з двох циліндричних ДР, розташованих у прямокутному хвильоводі

Розмістимо два однакових ДР у прямокутному хвильоводі, і при цьому коливання основного типу коливань хвильоводу можуть розповсюджуватися на частоті, рівній резонансній частоті ДР (рис. 1). У цьому випадку частотна залежність модуля коефіцієнта передачі такої системи $|S_{21}|$ матиме два мінімуми (рис. 2). Цей ефект має місце через те, що основний резонанс ДР розщеплюється відносно резонансної частоти f_0 через взаємний зв'язок двох резонаторів [3]. У такому випадку виміряти коефіцієнт взаємного зв'язку можна, вимірявши різницю резонансних частот (див. рис. 2):

$$k_{21} = \frac{f_2 - f_1}{f_0}. \quad (1)$$

Практичний інтерес становить питання кількісної оцінки взаємного зв'язку двох резонаторів при поступовому відстроюванні одного ДР відносно другого за частотою. Дана робота присвячена дослідженню цього питання на прикладі двох циліндричних ДР, розташованих у прямокутному хвилеводі.

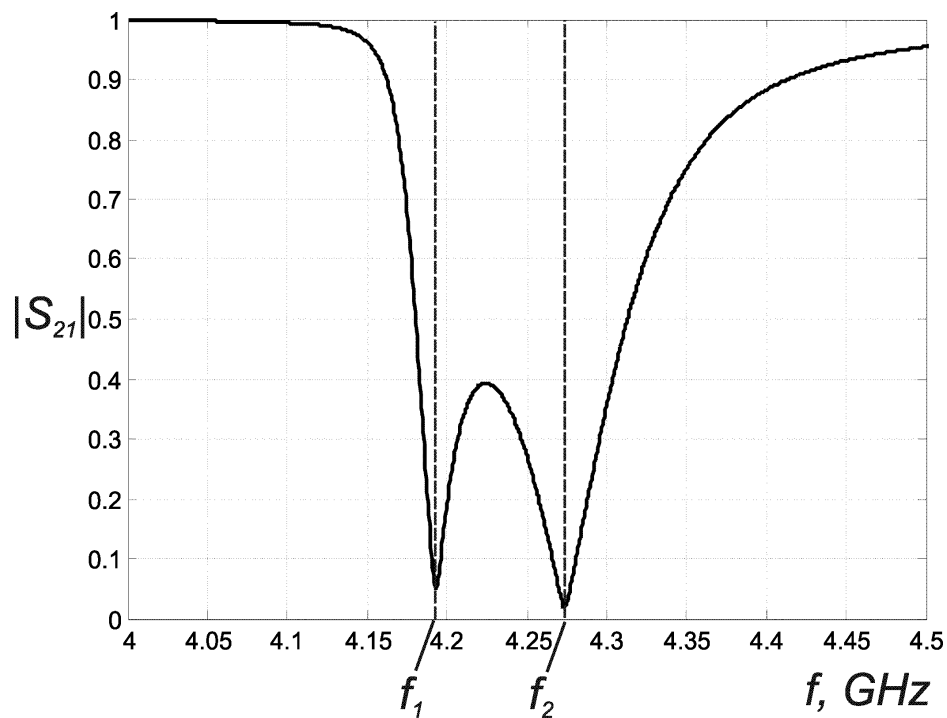


Рис. 2. Частотна залежність модуля коефіцієнта передачі $|S_{21}|$ для двох однакових циліндричних ДР з резонансною частотою $f_0 = 4.22$ ГГц

Розміри поперечного перерізу прямокутного хвилеводу (див. рис. 1) $a \times b = 58 \times 25$ мм. Початкові розміри ДР становлять: $L = 2.5$ мм, $r_0 = 5.05$ мм. Резонансна частота ДР у хвилеводі становила $f_0 = 4.22$ ГГц. Дослідження проводились шляхом чисельного експерименту методом скінченних елементів [4].

Методика дослідження полягала в наступному. Два резонатори розміщені на відстані l один від одного у центрі поперечного перерізу хвилеводу (див. рис. 1), при цьому один з них зберігає початкові розміри, а висота другого L_1 змінюється від 2 до 3 мм з кроком 0.1 мм. Для кожного значення L_1 виконується математичне моделювання системи, зображеної на рис. 1. Після цього розмір відстань між ДР l змінювалася і обчислення повторювалися.

Для кожного значення L_1 другого резонатора резонансна частота f_{01} буде новою і відрізнятиметься від f_0 . Тоді кількісною мірою взаємного зв'язку двох відстроєних один від одного ДР вважатимемо залежність виміряного коефіцієнта зв'язку, розрахованого за формулою (1) від відносного розстроювання другого резонатора відносно першого, яке обчислюється наступним чином:

$$\delta f = \frac{f_{01} - f_0}{f_0}.$$

Отримані залежності $k_{21}(\delta f)$ для декількох значень відстані l зображено на рис. 3. Якби взаємного зв'язку не було, то мало б місце співвідношення $k_{21} = \delta f$ для будь яких δf . Асиметрія кривої відносно $\delta f = 0$ пояснюється нелінійною залежністю резонансної частоти f_0 від висоти резонатора L .

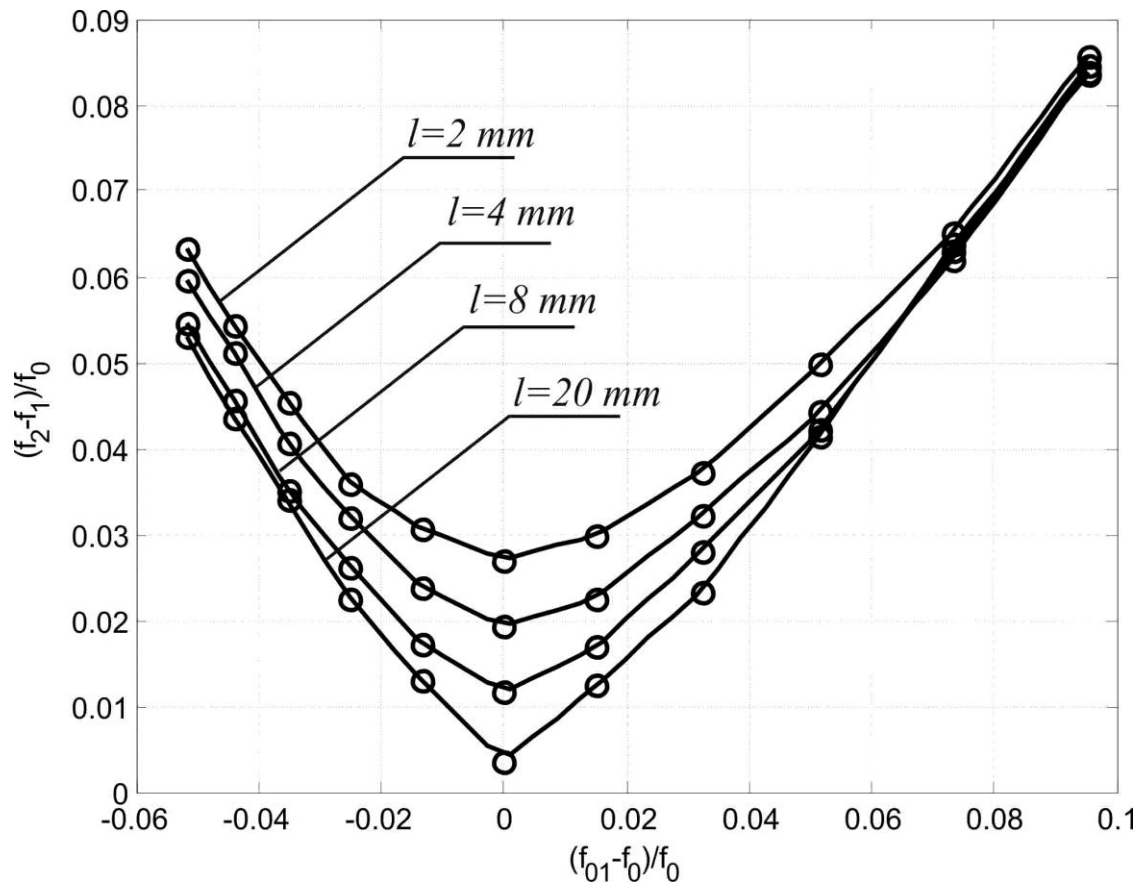


Рис. 3. Залежність виміряного коефіцієнту взаємного зв'язку k_{21} від відносного відстроювання δf для декількох значень відстані l між ДР

Література

1. Ильченко М. Е., Взятыйшев В. Ф., Гассанов Л. Г. и др. Диэлектрические резонаторы. Под ред. М. Е. Ильченко. – М.: Радио и связь. – 1989. – 328 с.
2. RF and Microwave Passive and Active Technologies / Edited by Mike Golio. – CRC Press. – 2008. – ISBN 13: 978-0-8493-7220-9.
3. М. Е. Ильченко, А. А. Трубин. Электродинамика диэлектрических резонаторов. – Киев: Наукова думка – 2004.
4. Банков С. Е., Курушин А. А. Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft – М.: ЗАО «НПП «Родник», 2009. – 256 с.

УДК 681.586.5

**NEW METHOD FOR UNCERTAINTY ANALYSIS
OF ELECTRICAL CIRCUITS BASED ON THE μ -ANALYSIS**

**M. Ferber, A. Korniienko, G. Scorlett, C. Vollaire, F. Morel,
L. Kr"ahenb"uhl, J. A. de Vasconcelosy**

*University of Lyon, ECLAmpere, CNRS UMR5005,
36 avenue Guy de Collongue, 69134 Ecully, France*

Email: moisesferber@gmail.comy

*Laboratorio de Computac, ~ao Evolucionaria Universidade
Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil*

**НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ μ -АНАЛИЗА**

In this paper we present how to use the μ -analysis to determine the worst-case scenario of uncertain linear electrical circuits in the frequency domain. Even though this worst-case analysis methodology in robust control theory was developed in the 1980s, it has not been applied to circuit theory. The two main advantages of this methodology are: the bounds over any voltage or current of the circuit are guaranteed and the computational complexity is of polynomial time, since the core algorithm is based on convex optimization.

Linear electrical circuits are networks of linear electrical elements such as resistors, inductors, capacitors, voltage sources and current sources, which are connected so that a return path for the current exists. Even though linear electrical circuits are approximated models of real electronic systems, they have unquestionable application in analysis and design for electrical engineering.

One of the many usual simplifying assumptions in circuit theory is that the passive elements, such as resistors, inductors and capacitors are deterministic elements with nominal values precisely known. This assumption may be valid for some applications in which, for instance, the element nominal values dispersion is very low, the operational conditions of the circuit do not significantly change or the voltage and current spectral waveforms are weakly affected by parameter variation. However, in many other applications, the uncertainties of the circuit elements must be taken into account. In microelectronics or electromagnetic compatibility (EMC), for instance, the unavoidable production dispersion, temperature variation and early-phase project uncertainty are known phenomena related to uncertainty and they should be considered in analysis and design [6].

Thus, it is important to develop a general analysis methodology that allows one to test whether the behavior of a linear electrical circuit with uncertain elements is satisfactory. This will be referred to as the *robust performance analysis*. In many applications related to circuit theory, such as filter or phase locked loop (PLL), the behavior of an uncertain system is evaluated in the frequency domain. In this case, the robust system performance is evaluated by computing upper and/or lower bounds of the frequency responses of a chosen performance transfer function. For the example of filter analysis, the performance transfer function may be the filter attenuation. In this context, the main purpose of this paper is to propose a new method of robust analysis in the frequency domain for electrical circuits.

In the literature, one finds two different approaches of parametric uncertainty description in circuit theory: probabilistic and worst-case analysis. The first uncertainty description embeds the idea of a probability density function (PDF) over the parameters, with some examples found in [1]–[5]. Each parameter assumes any value in a given range with a probability given by the PDF. The robust analysis, in this case, consists of an estimation of a probabilistic quantity related to the variable of interest, such as the average, standard deviation or PDF of an arbitrary current in the circuit.

The worst-case approach does not consider any probabilistic aspect. The variable of interest is analyzed for the worst combination of the uncertain parameters [4], [6]–[10]. If the performance criteria is respected for the worst case it is thus satisfied for all possible combination of the uncertain parameters. For example, for a given range of the parameter variation, such as the tolerance of resistor, inductor or capacitor values of a linear filter, the worst-case analysis could consist in the estimation of the maximum and/or minimum filter gain amplification *i.e.* the upper and/or lower bounds of its frequency response magnitude.

Even though these two approaches are both relevant, the probabilistic approach was more investigated in the electrical circuit community [1]–[5]. One of the reasons is possibly the high complexity of finding the worst-case parameter combination of complex circuits. Nevertheless, the ability to ensure the system performance in all cases is crucial in critical applications, such as cardiac stimulation chips, nuclear power plant control, automatic driving panels of vehicles and aerospace electronic systems.

The importance of robust analysis using the worst-case approach is evident by the growing number of publications in this field [4], [6]–[10]. As it was mentioned before, the computational complexity or time is the main difficulty of the proposed solutions. In [6], [7] and [8], a methodology based on Interval Arithmetic (IA) is proposed to address the worst-case analysis problem. In order to simplify the problem, the authors assume monotonicity of the variable of interest with respect to the uncertain parameters, which means that the frequency response magnitude of a filter can only increase (or only decrease) if any of the uncertain parameters increases (or decreases). This is a very strong assumption and it limits the number of the electrical circuits that can be correctly analyzed.

In [7], the authors propose an alternative solution based on interval partitioning which is inefficient in terms of the computational time for large-scale systems. In [9], genetic algorithms (GA) and affine arithmetic (AA) are used to improve the results obtained from IA. However, the computational complexity is still high for large-scale systems and therefore its usage is somehow limited.

The Monte Carlo approach is widely used for the worst-case analysis since it is rather simple to implement and is compatible with linear and nonlinear models. However, in order to guarantee the result, an infinite number of Monte Carlo simulations is required. In reality, a finite number of simulations is performed and, as a consequence, there is no guarantee anymore. If a high number of simulations is considered, then the analysis result has a high probability of being correct. Nevertheless, the Monte Carlo method is in general not efficient, which means that for the robust analysis of realistic system models, the computation time is often prohibitive.

For these reasons and in the case of linear models, this paper presents a new method based on the μ -analysis. The μ -analysis is a robust stability analysis methodology, in the frequency domain, originally proposed in the Control Systems Theory community [11]. This methodology deals with the computation complexity of the considered problem by relaxing some analysis conditions. The relaxation is performed so that the analysis result is still guaranteed. Additionally, a minor modification of the μ -analysis can be considered in order to estimate the upper and lower bounds of the desired transfer function. It solves the robust performance analysis problem considered in this paper and it will be referred to as ν -analysis. The advantages of the proposed approach over existing methods in the electrical circuit community is that (i) it ensures the worst-case result and (ii) its computational time is polynomial related to the number of parameters since it is based on the relaxations leading to the convex LMI optimization framework [12].

Even though the μ - and ν -analysis methods are used often in the Control Systems community, no publications were found, in which this robust analysis method is applied to linear electrical circuits with uncertain parameters. The μ - and ν -analysis methods are powerful theoretically based tools and it uses the Control Theory mathematical formalism, which is not necessarily the same of the Electronic Engineering community. Nevertheless, μ/ν -analysis methods can be directly applied to an uncertain linear circuit model, after transforming it into the $(M;\Delta)$ -form, which is found oftenly in the robust Control Theory community.

In Control Systems theory, robustness analysis is a well-investigated topic with many available approaches for its solution. For the considered problem, the most promising one is the approach based on the frequency constraint framework. In the Robust Control community, it is

the so-called μ -analysis [11]. A modification of this method allows one to evaluate the upper and lower bounds of the absolute value of the considered transfer function frequency response.

In order to define and then evaluate the robust performance of a system (upper and lower bounds), the problem of the robust stability analysis should be solved. In terms of the electrical circuits, the stability property implies that for an input signal with bounded energy, all the circuit output signals have bounded energy as well. Of course, the question of stability is less strong compared to the performance one but it still can arise when uncertainties are present. For these reasons the standard robustness analysis methodology is often divided into two steps: (i) the robust stability analysis and (ii) the robust performance analysis. The first problem is solved by the standard μ -analysis while the second one is solved by its modified version: ν -analysis.

In this paper a well-established deterministic uncertainty analysis theory in robust control has been considered and applied to uncertain linear electrical circuits. The methodology is based on the ν -analysis and its core algorithm is the interior point for convex optimization. The computational complexity is thus of polynomial time, which means it's very efficient even for large-scale systems.

The authors believe that the methodology presented in this paper is of great interest for uncertain linear circuit analysis, filters and worst-case tolerance analysis.

References

1. L. de Menezes, A. Ajayi, C. Christopoulos, P. Sewell, and G. Borges, "Efficient computation of stochastic electromagnetic problems using unscented transforms," *Science, Measurement Technology, IET*, vol. 2, no. 2, pp. 88–95, march 2008.
2. S. J. Julier, Jeffrey, and K. Uhlmann, "Unscented filtering and nonlinear estimation," in *Proceedings of the IEEE*, 2004, pp. 401–422.
3. M. Ferber, C. Vollaie, L. Krahenbuhl, J.-L. Coulomb, and J. A. Vasconcelos, "Conducted emi of dc-dc converters with parametric uncertainties," *Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on*, vol. PP, no. 99, pp. 1–8, 2013.
4. H. Kettani and B. Barmish, "A new monte carlo circuit simulation paradigm with specific results for resistive networks," *Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions on*, vol. 53, no. 6, pp. 1289–1299, june 2006.
5. M. Ferber De Vieira Lessa, C. Vollaie, L. Krahenbuhl, and A. Vasconcelos, Joao, "Adaptive unscented transform for uncertainty quantification in EMC large-scale systems," in *Proc. of the 12th International Workshop on Optimization and Inverse Problems in Electromagnetism*, Ghent, Belgium, Sep. 2012, p. CD. [Online]. Available: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00726428>
6. S. Skelboe, "True worst-case analysis of linear electrical circuits by interval arithmetic," *Circuits and Systems, IEEE Transactions on*, vol. 26, no. 10, pp. 874–879, Oct.
7. W. Tian, X.-T. Ling, and R. Liu, "Novel methods for circuit worst-case tolerance analysis," *Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions on*, vol. 43, no. 4, pp. 272–278, Apr.
8. M. Tian and C. J. R. Shi, "Worst case tolerance analysis of linear analog circuits using sensitivity bands," *Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions on*, vol. 47, no. 8, pp. 1138–1145, Aug.
9. N. Femia and G. Spagnuolo, "True worst-case circuit tolerance analysis using genetic algorithms and affine arithmetic," *Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions on*, vol. 47, no. 9, pp. 1285–1296, Sep.
10. J. Leyva-Ramos and J. Morales-Saldana, "Uncertainty models for switch-mode dc-dc converters," *Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions on*, vol. 47, no. 2, pp. 200–203, Feb.
11. S. Skogestad and I. Postlethwaite, *Multivariable Feedback Control, Analysis and Design*. John Wiley and Sons Chichester, 2005.
12. Y. Nesterov, *Introductory Lectures on Convex Optimization*, ser. Applied optimization. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 2004, no. 87.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ УСЛОВНО ОПТИМАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В СИСТЕМАХ ТЕСТИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Афанасьева Л.О., Лисенко О.И.

НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ»

E-mail: liana.afanasyeva@gmail.com; a_i_lysenko@voliacable.com

Applying the algorithms suboptimal filtration in the system of testing fiber optic communication lines

In this paper optimization and research of suboptimal filtering methods of signal processing in the communication channels with complex interference problems of large dimension are considered. Only way of obtaining practically realizable results in tasks of large dimension is the reduction of the order filters.

Построение высокоскоростных систем передачи дискретных сообщений, использующих стохастические каналы связи, является весьма актуальным ввиду того, что количество передаваемой по каналам связи информации непрерывно увеличивается. Так, все увеличивающийся объем подлежащих передаче данных диктует необходимость использования для этого не только специально выделенных каналов, но и каналов ухудшенного качества (с коммутацией), а также радиоканалов различного вида.

При скоростной передаче дискретных сообщений по стохастическим каналам связи возникают множество проблем, связанных с учетом различного рода аддитивных помех. Например, при использовании каналов связи коротковолнового диапазона особенно характерна ситуация присутствия в них сосредоточенных по спектру помех, являющихся негауссовскими случайными процессами. Наличие этих помех обусловлено, например, большим числом радиосредств, одновременно работающих в канале на близких частотах.

Недостаточность априорных сведений о свойствах сосредоточенных помех в месте приема приводит к построению адаптивных устройств.

Во многих приложениях часто возникает такая проблема, как загрязнение полезного сигнала нежелательными, часто мощными, сигналами или шумом. Если полезный сигнал и шум занимают строго определенные и разнесенные полосы частот, для извлечения полезного сигнала используются обычные линейные фильтры. Однако существуют ситуации, при которых нужно, чтобы характеристики фильтра были переменными, адаптировались к меняющимся характеристикам сигнала или чередовались интеллектуально. В подобных случаях, например, когда спектры сигнала и шума перекрываются, или когда полоса шумовых частот неизвестна или переменна, коэффициенты фильтра должны меняться, и их нельзя задать заранее.

Перечислим типичные приложения, в которых неуместны фильтры с фиксированными коэффициентами.

1. Электроэнцефалография, где артефакты или загрязнения сигнала, порожденные движением или морганием глаза, значительно больше подлинной электрической активности мозга и занимают ту же полосу частот, что и сигнал, представляющий медицинский интерес. Чтобы удалить артефакты, сохранив при этом нужные сигналы, обычные линейные фильтры не подходят.

2. В цифровой связи присутствует метод расширения спектра, который используется в условиях, когда сильная активная помеха может интерферировать с полезным сигналом. Интерференция часто происходит в узкой, но неизвестной полосе частот в широкополосном спектре, и единственное эффективное решение этой проблемы предлагают адаптивные фильтры.

3. Цифровая передача данных по телефонным каналам на высокой скорости. Искажение сигнала, вызванное плохими амплитудной и фазовой характеристиками канала, приводят к тому, что импульсы, представляющие различные цифровые коды, интерферируют между собой (межсимвольная интерференция), что затрудняет надежное детектирование кодов в приемнике. Для компенсации внесенного каналом искажения, которое может быть переменным или неизвестным, используется адаптивное выравнивание.

Адаптивный фильтр отличается следующим свойством: его частотная характеристика автоматически регулируется или модифицируется для улучшения производительности фильтра в соответствии с некоторым критерием, что позволяет фильтру адаптироваться к изменениям характеристик входного сигнала. Вследствие самонастройки и присущей адаптивным фильтрам гибкости они используются в таких различных сферах, как телефонное эхоподавление, обработка сигналов с радаров, системы навигации, выравнивание каналов связи и выделение биомедицинских сигналов.



Иллюстрация наложения спектров сигнала и мощной помехи

Рис. 1. Иллюстрация наложения спектров сигнала и мощной помехи

Итак, адаптивные фильтры стоит использовать, если:

- Характеристики фильтра должны быть переменными, адаптироваться к меняющимся условиям;
- Существует спектральное перекрытие сигнала и шума (рис.1);
- Полоса шумовых сигналов неизвестна или меняется со временем.

Практическое применение приближенных методов оптимальной фильтрации ограничивается высоким порядком фильтров, особенно в задачах большой размерности, в которых даже применение простейшего метода нормальной аппроксимации приводит к необходимости интегрировать систему уравнений высокого порядка. Поэтому единственным способом получения практически реализуемых фильтров в задачах большой размерности является понижение порядка фильтров. Чтобы понять, как это может быть достигнуто, проанализируем на следующем примере.

Рассмотрим систему, описываемую стохастическим дифференциальным уравнением $\dot{Z} = -Z^3 + ZV_1$, наблюдаемый процесс определяется как $\dot{Y} = X = Z + V_2$, где V_2 - аддитивная помеха, представляющая собой нормально распределённый белый шум, независимый от V_1 . Найдем условно оптимальный фильтр, удовлетворяющий уравнение первого порядка $\dot{\hat{Z}} = \alpha_1 \hat{Z}^3 + \alpha_2 \hat{Z} + \beta X + \gamma$.

За основу для выбора функций $\xi(\hat{z}, t) = [\hat{z} \ \hat{z}^3]^T$ и $\eta(\hat{z}, t) = 1$ мы выбрали уравнение субоптимального фильтра метода нормальной аппроксимации, в котором

коэффициенты $-R(3 + v_2^{-1})$ и $v_2^{-1}R$ при $\hat{Z}$ и X заменены подлежащими оптимизации функциями времени α_2 , β и, кроме того, введены также подлежащие оптимизации коэффициент α_1 при $\hat{Z}^3$ и свободный член γ .

Сначала находим по формулам $\kappa_{22} = v_2$, $\kappa_{02} = M(Z - \bar{Z})\bar{Z} = m_{20} - m_{11}$, где $m_{rs} = MZ^r \bar{Z}^s$. После этого определяем, что $\beta = v_2^{-1}(m_{20} - m_{11})$ и уравнение, связывающие α, β, γ принимает следующий вид

$$\begin{aligned} m_{03}\alpha_1 + m_{01}\alpha_2 + \gamma &= -m_{30} - \beta m_{10}, \\ (4m_{06} - 3m_{15} - m_{03}^2)\alpha_1 + (4m_{04} - 3m_{13} - m_{01}m_{03})\alpha_2 + 3(m_{03} - m_{12})\gamma &= -m_{33} + \\ m_{30}m_{03} + \beta(3m_{22} - 4m_{13} - m_{10}m_{03}) - 3v_2\beta^2(m_{12} - m_{03}), \\ (2m_{04} - m_{13} - m_{01}m_{03})\alpha_1 + (2m_{02} - m_{11} - m_{01}^2)\alpha_2 &= -m_{31} + m_{30}m_{01} + \beta(m_{20} - 2m_{11} + \\ m_{10}m_{01}) \end{aligned}$$

Уравнение, определяющее совместную характеристическую функцию случайных величин Z_t и $\bar{Z}_t$, имеет следующий вид

$$\frac{\partial g_1(\lambda_1, \lambda_2; t)}{\partial t} = M \left\{ -i\lambda_1 Z^3 + i\lambda_2(\alpha_1 \hat{Z}^3 + \alpha_1 \hat{Z} + \beta Z + \gamma) - \frac{1}{2}v_1\lambda_1^2 Z^2 - \frac{1}{2}v_2\beta^2 \lambda_2^2 \right\} e^{i\lambda_1 Z + i\lambda_2 \bar{Z}}.$$

Так как $M(iZ)^r (i\bar{Z})^s e^{i\lambda_1 Z + i\lambda_2 \bar{Z}} = \frac{\partial^{r+s}}{\partial \lambda_1^r \partial \lambda_2^s} g_1(\lambda_1, \lambda_2; t)$, то полученное уравнение сводится к линейному уравнению в частных производных

$$\frac{\partial g_1}{\partial t} = \lambda_1 \frac{\partial^3 g_1}{\partial \lambda_1^3} - \alpha_1 \lambda_2 \frac{\partial^3 g_1}{\partial \lambda_2^3} + \alpha_2 \lambda_2 \frac{\partial g_1}{\partial \lambda_2} + \beta \lambda_2 \frac{\partial g_1}{\partial \lambda_1} + \frac{1}{2}v_1\lambda_1^2 \frac{\partial^2 g_1}{\partial \lambda_1^2} + \left(i\gamma\lambda_2 - \frac{1}{2}v_2\beta^2 \lambda_2^2 \right) g_1.$$

Интегрируя это уравнение с $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2]$, β и γ , определяемыми полученными алгебраическими уравнениями, найдем оптимальные α и γ . Для этого можно применить любой приближенный метод интегрирования уравнений в частных производных. При этом придется учесть, что моменты m_{rs} в уравнениях для α и γ выражаются через характеристическую функцию g_1 формулой

$$m_{rs} = \left[\frac{\partial^{r+s} g_1}{\partial (i\lambda_1)^r \partial (i\lambda_2)^s} \right]_{\lambda_1 = \lambda_2 = 0}.$$

Однако практически лучше всего применить для приближенного решения уравнения для g_1 либо метод нормальной аппроксимации конечномерных распределений вектора состояния, либо метод моментов, либо семиинвариантные методы, независимо от того, сводится это уравнение к уравнению в частных производных или нет.

Література

1. Пугачев В.С. Стохастические дифференциальные системы. Анализ и фильтрация. / В.С. Пугачев, И.Н. Синицын. – 2-е изд., доп. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1990. – 632 с.
2. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. / В.С. Пугачев – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 496 с.
3. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Стринз; пер. с англ. под ред. В. В. Шахгильдяна. - М.: Радио и связь, 1989. — 440 с.
4. Haykin, S. Adaptive filters. / S. Haykin // IEEE Transactions on Communications. 1995. - Vol. 7. - P. 547-553.

КРИПТОГРАФІЯ З ВІДКРИТИМ КЛЮЧЕМ В ІНТЕРНЕТІ

Бойків А.А.

Національний технічний університет України «КПІ»

E-mail: boyandkiw@gmail.com

Public-key Cryptography in Internet of Things

Security is an important consideration in all modern communication systems. Since a wide variety of actors are involved in the manufacturing, installation and actual use of smart objects, the security challenges associated with a network of such objects are more perplexing than those in the current Internet.

Криптографія з відкритим ключем заснована на використанні двох ключів: закритого ключа, який залишається в секреті і, відповідно, відкритого ключа, який являється відомим для всіх. У криптографії з відкритим ключем, відкритий текст повідомлення шифрується за допомогою відкритого ключа, і зашифрований текст розшифровується за допомогою закритого ключа. Це встановлює захищений канал зв'язку між користувачами, які мають доступ до відкритого ключа і власником відповідного закритого ключа.

Криптографія з відкритим ключем також може бути використана в схемах підпису, відповідно для підписання повідомлення. Цифровий підпис повідомлення створюється за допомогою закритого ключа, і справжність цього підпису може бути перевірена будь-якою людиною, що володіє доступом до відповідного відкритого ключа. Відколи криптографічний підхід почав використання асиметричних ключів, це також отримало назву асиметрично-ключової криптографії. Алгоритми асиметрично-ключової криптографії були використані в широкому діапазоні протоколів, таких як Transport Layer Security (TLS), Secure Shell (SSH), Pretty Good Privacy (PGP) і ряді інших.

Також варто сказати, що є кілька пропозицій, які намагаються забезпечити мережі смарт об'єктів з допомогою закритого симетричного ключа, на основі аутентифікації і механізму розподілу ключів. Основне припущення у всіх з них є те, що криптографія з відкритим ключем є занадто ресурсоемною і енергоємною для фактичної реалізації і розгортання на обмежених ресурсах пристроїв. У підходах, що базуються на симетричних

ключах, якщо індивідуальний ключ використовується для кожного вузла в мережі з N вузлами, то кожен вузол повинен для зберігати $(N - 1)$ ключів.

Хоча це забезпечує сильну стійкість до власного скомпрометування вузла, це також призводить до проблем з масштабістю, які роблять цю схему небажаною для мережі з великою кількістю вузлів. Крім того, подальша ідеальна секретність не може бути гарантована, як тільки ключ вузла попадає під загрозу. З іншого боку, якщо один симетричний ключ є загальним для всіх вузлів в мережі, вимоги до пам'яті для кожного окремого вузла значно знижуються, але це також призводить до зниження мережевої стійкості попадання ключа під загрозу.

У відповідь на ці проблеми, було запропоновано багато імовірнісних ключових схем розподілу для симетричних криптографічних алгоритмів. Цим схемам необхідний або попередній розподіл ключів, який вимагає більш складну конфігурацію під час ініціалізації або більшу кількість мережевого трафіку, що призводить до підвищеного споживання енергії. Загалом, схеми з симетричним ключем не пропонують гнучкості, не маючи попередньо розподілених ключів, що впроваджені з відкритим ключем асиметричної криптографії.

Література

1. Chan, H., Perrig, A., and Song, D. Random key predistribution schemes for sensor networks. In Symposium on Security and Privacy (2003), IEEE, pp. 197-213.
2. Dierks, T., and Rescorla, E. RFC 5246: The transport layer security (TLS) protocol version 1.2, August 2008.
3. Du, W., Deng, J., Han, Y., Varshney, P., Katz, J., and Khalili, A. A pairwise key predistribution scheme for wireless sensor networks. ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC) 8, 2 (2005), 228-258.
4. Elkins, M. RFC 2015: MIME security with pretty good privacy (PGP), October 1996.
5. Karlof, C., Sastry, N., and Wagner, D. TinySec: A link layer security architecture for wireless sensor networks. In Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems (2004), pp. 162-175.
6. Liu, D., and Ning, P. Location-based pairwise key establishments for static sensor networks. In Proceedings of the 1st ACM workshop on Security of ad hoc and sensor networks (2003), ACM, pp. 72-82.
7. Park, T., and Shin, K. LiSP: A lightweight security protocol for wireless sensor networks. ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS) 3, 3 (2004), 634-660.

ОЦІНКА СЕРЕДНЬОГО ЧАСУ ПЕРЕДАЧІ ПОВІДОМЛЕННЯ В AD-HOC МЕРЕЖІ

Воротніков В.В.¹, Бойченко О.С.¹, Кулаков Ю.О.²

¹ - *Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова ДУТ*

E-mail: bos_2006@ukr.net

² - *Національний Технічний Університет України «КПІ»*

E-mail: ya.kulakov@gmail.com

Estimate the average transmission time messages in AD-HOC networks

This paper evaluated the average transmission time messages in AD-HOC networks. The problems of determining the optimal route in the network at different levels of congestion.

Швидкий розвиток безпроводних мереж висуває нові вимоги до оцінки часових параметрів та вивчення залежностей параметрів Ad-hoc мереж від її структури. Існує проблема оцінки залежності часових параметрів від швидкості зміни структури Ad-hoc мереж з метою оптимального розподілення каналів та потоків інформації в бездротових інформаційно-комунікаційних мережах з урахуванням довжини обраного маршруту та часу, затраченого на передачу відповідного пакету за цим маршрутом [2]. Для оцінки довжини маршруту використовуються різні критерії: число транзитних вузлів маршруту, довжина маршруту, якість трафіку та час передачі пакету з одного вузла мережі до іншого, а також швидкість зміни положення вузлів [1]. Саме проблема отримання точної оцінки залежності часових параметрів Ad-hoc мереж від швидкості пересування вузлів на даний час є актуальною.

Оцінка параметрів бездротових ІКМ та її вплив на рівень якості трафіку відображено у роботі [2]. В роботі [3] розроблена методика для знаходження основних характеристик Ad-hoc мереж, яка надає можливість проводити моделювання поведінки ІКМ в будь-який момент часу з різними вхідними діями. Але оцінці залежності часових параметрів Ad-hoc мереж від швидкості переміщення вузлів не було присвячено відповідної уваги.

Метою досліджень є розробка математичної моделі для проведення оцінки залежності часових параметрів Ad-hoc мереж від швидкості переміщення вузлів з урахуванням розподілу трафіку по існуючим каналам та знаходженням найкоротшого шляху при швидкій зміні топології ІКМ.

Пропонується розглядати Ad-hoc мережу, яка складається з N вузлів комутації та M ліній зв'язку. Введено наступні припущення:

1. Вузли комутації мають нескінчену пам'ять та нульовий час обробки;
2. Довжини всіх пакетів незалежні та розподілені за показниковим законом з середнім значенням μ (байт);

3. Трафік складається з повідомлень, що мають однаковий пріоритет. Він створює пуасонівський потік з середнім значенням γ_{ij} (повідомлень/сек) для повідомлень, що виникають у вузлі i та призначені вузлу j . Тоді трафік матиме вигляд [1]:

$$\gamma = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij}. \quad (1)$$

4. Кожна лінія зв'язку складається з одного дуплексного каналу зв'язку з пропускнуою здатністю, рівною d_{kl} (байт/сек), де (k,l) – лінія зв'язку між вузлами k та l . Якщо лінія зв'язку між вузлами k та l відсутня, то $d_{kl} = 0$.

Позначено через $x_{kl}^{(i,j)}$ долю потоку γ_{ij} , що проходить по лінії (k,l) :

$$0 \leq x_{kl}^{(i,j)} \leq 1 \quad (2)$$

Тоді:

$$\lambda_{kl} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} x_{kl}^{(i,j)}, \quad (3)$$

де λ_{kl} – величина потоку в лінії (k,l) (повідомлень/сек), обумовлена потоком γ_{ij} .

Для змінних $x_{kl}^{(i,j)}$ повинна виконуватися умова зберігання потоку в мережі:

$$\sum_{k=1}^N x_{kl}^{(i,j)} - \sum_{k=1}^N x_{lk}^{(i,j)} = \begin{cases} -1, & l = i \\ 0, & l \neq i, j \\ 1, & l = j. \end{cases} \quad (4)$$

Представлено через Z_{ij} – середній час, що витрачається на передачу повідомлення, яке виникло у вузлі i та призначено вузлу j (міжкінцева затримка повідомлення). Важливою характеристикою якості функціонування Ad-hoc мережі є середня затримка повідомлення в мережі – T , яка визначається як сума міжкінцевих затримок Z_{ij} :

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} Z_{ij}. \quad (5)$$

Застосування формули Литтла призводить до загального результату:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{kl} t_{kl}. \quad (6)$$

де t_{kl} – середній час знаходження повідомлення в лінії (k,l) .

Спираючись на припущення 1–4 мережа черг зводиться до моделі, де кожна лінія зв'язку розглядається як незалежна система масового обслуговування типу М/М/1 [1]. В цьому випадку середній час перебування повідомлень в лінії (k,l) складається з часу передачі повідомлення – $1/\mu d_{kl}$ та часу очікування в черзі – W_{kl} :

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl}} + W_{kl}. \quad (7)$$

де

$$W_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl}} \frac{\lambda_{kl}}{\mu d_{kl} - \lambda_{kl}} \text{ або } t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl} - \lambda_{kl}} \quad (8)$$

Введено позначення величини потоку в лінії (k,l): $f_{kl} = \lambda_{kl} / \mu$. Тоді:

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu} \frac{1}{d_{kl} - f_{kl}} \quad (9)$$

Підстановка t_{kl} до виразу (6) дає вираз для середньої затримки повідомлень в мережі [1]:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{f_{kl}}{d_{kl} - f_{kl}} \quad (10)$$

Наведені вище вирази описують задачу визначення оптимальних маршрутів в мережі за критерієм середньої затримки. Для урахування довжини маршруту та кількості вузлів у маршруті необхідно враховувати час τ_{kl} , витрачений на передачу повідомлення за відповідним маршрутом. Тоді середній час, що витрачається на передачу повідомлення від вузла i до вузла j матиме вигляд:

$$t_{ij} = \frac{1}{\gamma} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{f_{kl}}{d_{kl} - f_{kl}} + \tau_{kl} \quad (11)$$

Середній час, що витрачається на передачу повідомлення від вузла k до вузла l описується виразом:

$$\tau_{kl} = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{L_{kl}}{V} \quad (12)$$

де V – швидкість обміну даними в мережі;

L_{kl} – довжина маршруту між вузлами k та l .

Зміна місцеположення вузлів відбувається з певною швидкістю, що веде за собою зміну топології мережі, її розрахунок та визначення нових оптимальних маршрутів за кількістю вузлів та довжиною маршруту.

Аналіз результатів свідчить про те, що при швидкій зміні топології бездротових ІКМ, розрахунок основних характеристик зводиться до визначення структури мережі у певний момент часу та безпосереднього розрахунку наведених вище характеристик.

Література

6. Вишневський В. М., Ляхов А. И., Портной С. Л., Шахнович И. В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
7. Романов О. І. Аналіз часу обробки повідомлень в системі управління телекомунікаційною мережею./ О. І. Романов, М. М. Нестеренко, В. Б. Маньківський // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ” № 1 – 2010, – С. 60 – 67.
8. Бойченко О. С. Методика знаходження основних характеристик перспективних автоматизованих систем управління підрозділів на базі бездротових інформаційно-комунікаційних мереж із динамічно-змінюваною топологією / О. С. Бойченко, В. В. Воротніков, М. І. Сичевський // НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.1. – С. 366 – 372.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНОСТІ ПОМИЛКИ НА БІТ ДЛЯ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ З ПРЯМИМ РОЗШИРЕННЯМ СПЕКТРУ З ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ВЗАЄМНИХ ПЕРЕШКОД

Грабар І.Г., Кубрак О.М., Борисов П.С.

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова Державного університету телекомунікацій peterson_79@mail.ru

Analysis of methods for calculation bit error rate for direct sequence spread spectrum systems into account influence of mutual obstacles

Several methods exist for calculating bit error rate in DSSS systems. Among these are bounds calculations, various approximations and simulations. Many of these methods can be applied to either deterministic or random sequences employed by the desired and interfering users. Although deterministic spreading sequences are used in actual DSSS systems implementations, a random sequence approach often yields accurate results with reduced computational complexity. This paper examines conditions under which deterministic or random analysis should be used and demonstrates the various tradeoffs between achieving accurate bit error rate values and the computational complexity required for their calculation.

Для розрахунку ймовірності помилки на біт інформації, що викликана впливом взаємних перешкод у системах радіозв'язку з прямим розширенням спектру (СРЗ з ПРС) було розроблено багато методів. Їх можна умовно розділити на три категорії: розрахунок границь, апроксимації та моделювання. Граничні методи, як правило, характеризуються середньою та високою складністю розрахунків, але часто дають гірші результати, коли кількість перешкодових сигналів зростає. Проте, якщо границі можна зробити максимально щільними шляхом збільшення часу розрахунків, ці методи дають найточнішу оцінку з усіх відомих аналітичних підходів. Аналітичні апроксимації, як правило, проводяться на основі граничних теорем та можуть також приводити до складних розрахунків, проте ми розглянемо способи зменшення складності при збереженні достатньої точності. Моделювання має перевагу у простоті навіть у складних сценаріях, пов'язаних з багатопроменевим розповсюдженням, системними помилками синхронізації та різною потужністю сигналів, що передаються. Тим не менш, моделювання може вимагати надмірний час виконання та давати помилкові результати, особливо при невеликих значеннях ймовірності помилки на біт.

Наводяться результати, отримані для визначення ймовірності помилки на біт, що викликана впливом взаємних перешкод (ВП) у СРЗ з ПРС при використанні апроксимаційних методів. Запропоновано новий метод, який забезпечує кращу точність та має меншу складність розрахунків.

Сигнал СРЗ з ПРС при прямокутній формі імпульсів інформаційної послідовності $b(t)$ можна представити виразом [3]:

$$S_1(t) = A_1 \cdot b_1(t) \cdot a_1(t) \cdot \cos(\omega_c t + \phi_1), \quad (1)$$

де A_1 - амплітуда сигналу ($A_1 = \sqrt{2P_1}$, P_1 - потужність сигналу);

$a(t)$ - псевдовипадкова послідовність;

ω_c - несуча частота;

ϕ_1 - значення початкової фази сигналу.

При проведенні аналізу приймемо, що тривалість інформаційного символу τ_b у ціле число раз більше тривалості імпульсу псевдовипадкової послідовності τ_i , $\tau_b = N\tau_i$. Сумарний сигнал $S(t)$, що поступає на вхід приймача має вигляд [1]:

$$S(t) = \sum_{k=1}^K P_k \cdot b_k(t - \tau_k) \cdot a_k(t - \tau_k) \cdot \cos(\omega_c t + \phi_k) + n(t), \quad (2)$$

де K - кількість джерел радіосигналів;

τ_k та ϕ_k - випадкові час затримки та фаза, відповідно, по відношенню до сигналу, що очікується $S_1(t)$. Вирішальна статистика приймача буде [2]:

$$\xi_I(\tau_b) = \pm A_1 \tau_b + \sum_{k=2}^K W_k \cos \phi_k + n(\tau_b), \quad (3)$$

де $W_k = 2A_k [b_{k,-1} \rho_{k1}(\tau_k) + b_{k,0} \hat{\rho}_{k1}(\tau_k)]$;

$b_{k,-1}$, $b_{k,0}$ - частини двох сусідніх інформаційних символів k -го перешкоджаючого сигналу, що поступають на вхід інтегратора;

$\rho_{k1}(\tau_k)$, $\hat{\rho}_{k1}(\tau_k)$ - часткові взаємкореляційні функції.

Стандартна гаусівська апроксимація (СГА) складається з усереднення відношення сигнал-перешкода по усім часовим та фазовим затримкам. При цьому ймовірність помилки на біт визначається з виразу [2, 3]:

$$P_e^{\tilde{N}\tilde{A}\tilde{A}} = Q\left(\sqrt{\frac{3N}{K-1}}\right), \quad (4)$$

де $Q(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt$ - додатковий інтеграл помилок.

Така гаусівська апроксимація основана на використанні середнього значення та дисперсії вихідних сигналів кореляційного приймача та дає найбільш точні результати при достатньо невеликих K . Не дивлячись на свої недоліки СГА достатньо широко використовується завдяки своїй простоті розрахунків та легкості програмування.

Одна з причин неточності СГА для невеликої кількості користувачів є те, що ВП, як правило, не зводяться до гаусівської випадкової величини при великому значенні N та фіксованих значеннях затримки τ та фази ϕ [1]. Метод покращеної гаусівської апроксимації (ПГА) вирішує цю проблему шляхом обробки дисперсії ВП σ як випадкової змінної, яка є функцією часу затримки та фази. Якщо розподіл σ відомий, ПГА дає значення $Q(BCIII)$:

$$P_e^{i\bar{A}\bar{A}} = \int_0^\infty Q\left[\frac{N}{\sqrt{\sigma}}\right] f_\sigma(\sigma) d\sigma \quad (5)$$

Ця апроксимація є достатньо точною в порівнянні з граничними розрахунками, але знаходження функції $f_\sigma(\sigma)$ потребує виконання операції згортки $K-2$ разів. У [2] показано, що цей процес потребує KN^2 операцій, що ідентично розрахунковій складності граничних розрахунків.

Розрахунок ймовірності помилки на біт дещо зміненим методом апроксимацій – спрощеним покращенням гаусівської апроксимації (СПГА), потребує визначення тільки математичного очікування μ та дисперсії σ від Ψ . Головними перевагами СПГА є невелика розрахункова складність та точність апроксимації. Ймовірність помилки на біт за допомогою цієї апроксимації визначена виразом:

$$P_e^{N\bar{I}\bar{A}\bar{A}} = \frac{2}{3}Q\left[\sqrt{\frac{N^2}{\mu}}\right] + \frac{1}{6}Q\left[\sqrt{\frac{N^2}{\mu + \sqrt{3}\sigma}}\right] + \frac{1}{6}Q\left[\sqrt{\frac{N^2}{\mu - \sqrt{3}\sigma}}\right], \quad (6)$$

яка є середньозваженою СГА з двома іншими складниками, що є функцією від μ та σ . Розрахунок значень μ та σ може бути спрощено, як наведено у [2] з невеликими втратами точності, використовуючи тільки другий порядок для σ :

$$\mu = (K-1)\left[\frac{N}{3}\right]; \quad \sigma^2 \approx (K-1)\left[\frac{23N^2}{360}\right]. \quad (7)$$

З причини того, що μ пропорційна K та σ пропорційна $\sqrt{K}$, СПГА, а також ПГА сходиться до СГА з ростом K . СПГА є достатньо точною у більшості аналізованих випадків, з неточностями тільки при дуже малих значеннях ймовірності помилки на біт.

Таким чином, запропоновано метод спрощеної гаусівської апроксимації для розрахунку ймовірності помилки на біт для систем радіозв'язку з прямим розширенням спектру при впливі взаємних перешкод. Метод має значно простіші розрахунки в порівнянні з граничними та показує достатньо точну оцінку показника СРЗ, зокрема, дає точний результат з розрахунковою складністю у одну операцію.

Література.

1. J. S. Lehnert and M. B. Pursley, "Error probabilities for binary direct-sequence spread-spectrum communications with random signature sequences," IEEE Trans. Commun., pp. 87-98, Jan. 1987.
2. J. S. Lehnert, "An efficient technique for evaluating direct-sequence spread-spectrum multiple-access communications," IEEE Trans. Commun., pp. 851-858, Aug. 1989.
3. В.И.Борисов, В.М.Зинчук, А.Е.Лимарев и др., Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью. Под. ред. В.И.Борисова. – М.: Радио и связь, 2003. – 640с.; ил. 314.

МЕТОД ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗОНИ ЛИХА В УМОВАХ ДЕСТРУКТИВНИХ ВПЛИВІВ

Великий О.О., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: a.a.velikiy@gmail.com

The method of peer review of quality indicators of telecommunication systems disaster area in terms of destructive influences

With the emergence of an emergency, information and telecommunication resources partially or completely lose their properties. Therefore, improving the process necessary peer review of quality indicators of telecommunication systems disaster area in terms of destructive influences.

Як в Україні так і у всьому світі щорічно виникають тяжкі надзвичайні ситуації різного характеру, внаслідок яких гинуть люди, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів.

Відомо, що практично всі надзвичайні ситуації приводять до втрати інформаційно-телекомунікаційного забезпечення процесу рятувально-відновлювальних робіт, тому задача практично миттєвого відновлення інформаційно-телекомунікаційного забезпечення є дуже актуальною.[1]

Розв'язання цієї практичної задачі на сьогоднішній час виконується наступним чином:

Існує множина проектів $\{T_1, \dots, T_k\}$. Для прийняття рішення про впровадження проекту ТКС зони лиха залучають групу експертів, які виконують експертизу за традиційною моделлю експертного оцінювання. (Метод сканування, Метод морфологічного аналізу, Метод Сааті, Метод перехресного впливу, Метод Делфі, Метод мозкового штурму і т.д.). [2]

Але при практичному застосуванні прийнятих до реалізації проектів ТКС зони лиха, вони не в повному об'ємі виконують покладені на них функції. Тому необхідно вдосконалювати методичне забезпечення процесу експертної оцінки прийняття рішення на реалізацію проектів ТКС зони лиха.

Новизною полягає удосконалення існуючої моделі експертизи проектів ТКС зони лиха із застосуванням системної методології передбачення. Це дозволило: розробити для всіх типів ТКС зони лиха ієрархічну систему критеріїв оцінки ефективності їх функціонування, удосконалити метод вибору найкращого варіанту в умовах невизначеності, розробити експертно-моделюючий комплекс імітаційних моделей для перевірки прийнятих рішень.

На рис.1 зображений метод експертної оцінки показників якості телекомунікаційних систем зони лиха в умовах деструктивних впливів.

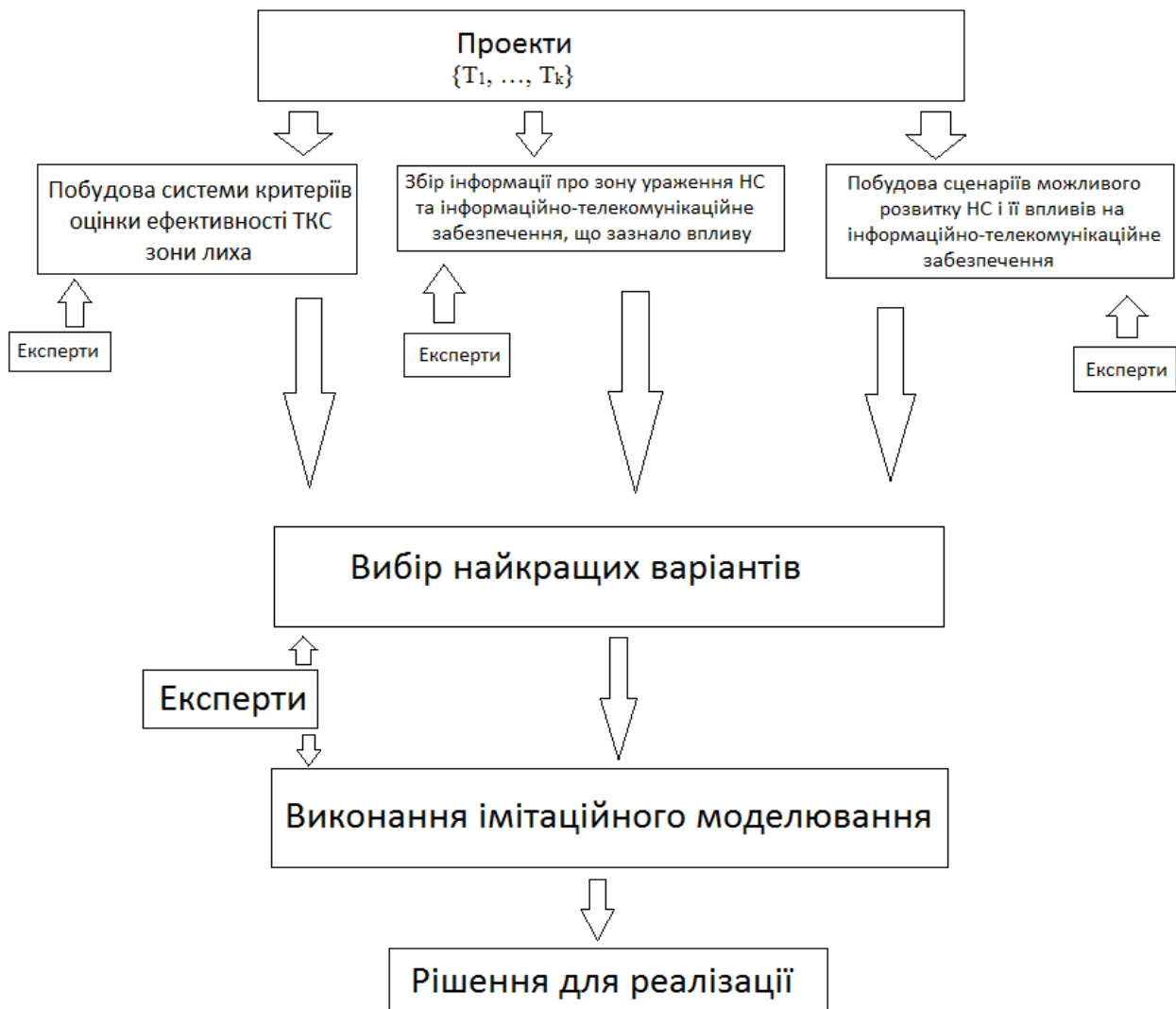


Рис.1. Удосконалена модель експертизи проектів ТКС зони лиха

Побудова системи критеріїв оцінки ефективності ТКС зони лиха відображає розрахунки експертами ефективності ТКС на мережевому, каналному та фізичному рівні, при зібраній та аналізованій інформації про зону ураження та інформаційно-телекомунікаційного забезпечення, що зазнало впливу [3].

Також будуються сценарії розвитку НС, розраховуються обсяги та масштаби, а також вплив на ТКС.

Після зібраних варіантів, аналізу всіх критеріїв, робиться вибір найкращих варіантів із запропонованих. Заповнюється матриця, яка містить сценарії $\{C_1, \dots, C_n\}$, та $\{T_1, \dots, T_m\}$ – проекти ТКС зони лиха. Кожен проект містить всі сценарії, за який експерти виставляють умовні оцінки їх доцільності і ефективності. Вибір найкращого варіанту проводиться за допомогою методів теорії ігор (критерієм Вальда, критерієм Севіджа, критерієм Гурвиця).

Для практичного застосування вибраних варіантів, виконується імітаційна модель, а також розрахунки ефективності тієї чи іншої системи (рис.2).

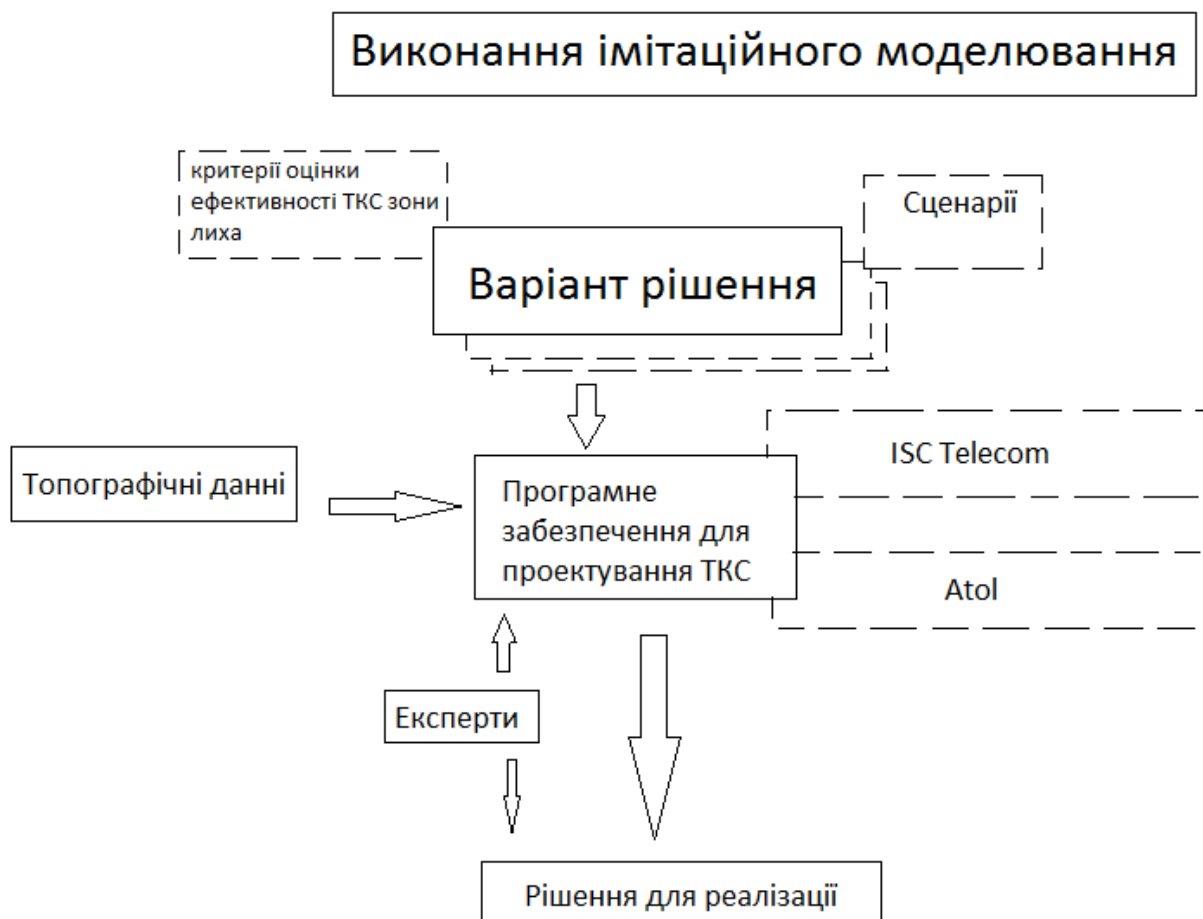


Рис.2. Виконання імітаційного моделювання ТКС зони лиха

За результатами робиться висновок, яка із запропонованих систем краще підходить для даної НС, і приймається рішення на реалізацію даного методу. [4]. Також вибраний метод заносять в базу даних, для доопрацювання та редагування, у випадку, коли НС повторилася знову.

Таким чином підвищується ефективність телекомунікаційно-інформаційного забезпечення надзвичайної ситуації завдяки використанню удосконаленої моделі експертизи проектів ТКС зони лиха.

Література

1. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление: теория и практика / Д. А. Поспелов. – М. : Наука, 1986. – 288 с.
2. *Цвиркун А. Д.* Основы синтеза структуры сложных систем / А. Д. Цвиркун. – М. : Наука, 1982. – 200 с.
3. Основы моделирования сложных систем : учеб. пособ. для студентов вузов / Под ред. И. В. Кузьмина . – К. : Высшая школа, 1981. – 360 с.
4. Сложные технические и эргадические системы: метод использования / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиятдинов, А. В. Харченко, В. В. Осташевский. – Х. : Факт, 1997. – 240 с.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К АЛГОРИТМУ МАРШРУТИЗАЦИИ В СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Воловик В.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: veravolovik@gmail.com

Probabilistic approaches to routing algorithms in sensor networks

The decision of selecting approach to routing algorithms based on the components analysis of the sensor network. Showed comparison of the effectiveness between probabilistic and classical approaches

Сенсорная сеть состоит из большого количества простейших устройств сбора информации (мотов) и одного или нескольких более сложных устройств (базовых станций). Мот оборудован сенсором и передатчиком. Передатчик мота имеет очень низкую мощность и потому связаться непосредственно с базовой станцией могут только ближайшие к ней моты, остальные - через промежуточные моты по цепочке. Возникающая в связи с этим задача маршрутизации осложняется тем, что ограничения на габариты, энергопотребление и стоимость мотов вынуждают оснащать их маломощным процессором и оперативной памятью малого объёма.

В качестве модели функционирования связи предлагается использовать стационарный Марковский процесс с двумя состояниями: S_0 – связь не работает, S_1 – связь работает. При этом интенсивности переходов из S_0 в $S_1(\lambda_{01})$ и наоборот из S_1 в $S_0(\lambda_{10})$ считаются постоянными величинами. Обратные к ним величины $T_0=1/\lambda_{01}$ и $T_1=1/\lambda_{10}$ – это среднее время пребывания связи в состояниях S_0 и S_1 соответственно.

Вводится $p_1(t)$ – вероятность того, что в момент t связь находилась в состоянии S_1 и $p_0(t)=1-p_1(t)$ – вероятность нахождения связи в состоянии S_0 в момент t . При данных условиях из уравнений Колмогорова получается выражение, связывающее $p_0(t)$ и $p_1(t)$:

$$p_1(t) = \left(p_1(0) - \frac{T_1}{T_0 + T_1} \right) \cdot e^{\frac{T_0 + T_1}{T_0 \cdot T_1} \cdot t} + \frac{T_1}{T_0 + T_1}.$$

Вероятностный подход заключается в том, что при поиске маршрутов между узлами учитываются значения $p_1(t)$ и $p_0(t)$. В отличие от классических алгоритмов маршрутизации, в которых предполагается, что все связи имеют одинаковую длину, в вероятностном подходе у каждой связи своя длина. Она зависит от статистического поведения связи, фактически от $p_1(t)$ и $p_0(t)$. Расстояние между узлами (длина связи) $d(t)$ вычисляется таким образом, чтобы большему значению $p_1(t)$ соответствовало меньшее расстояние $d(t)$. В частности, можно использовать формулы $d(t) = -\ln(p_1(t))$

или $d = \ln\left(1 + \frac{T_0}{T_1}\right)$ (предельный переход $d(t)$ при $t \rightarrow \infty$). Кратчайшие пути до всех узлов вычисляются в метрике d или $d(t)$. Такие пути называются вероятностными маршрутами, поскольку они построены с использованием вероятностной метрики.

Эффективность вероятностного или классического подхода измеряется средним числом корректных маршрутов в таблице маршрутизации, у которых все связи в текущий момент работают. Этот показатель сравнивается для двух маршрутных таблиц, построенных для одной и той же сети, но с использованием разных метрик.

Топология сети генерируется случайным образом с заданными параметрами N , D , T_{1s} и T_{0s} , где N – число узлов в сети, D – среднее количество соседей узлов сети, T_{1s} – среднее T_1 для всех связей сети, T_{0s} – среднее T_0 для всех связей сети. Если $T_0 < \infty$ для связи, то узлы считаются соседями. При генерации топологии сети сначала выбираются узлы, между которыми возможна прямая связь, причем так, чтобы среднее число соседей узлов сети было равно D . Далее, для каждой полученной связи выбираются значения T_0 и T_1 , предполагая, что эти значения являются случайными величинами, распределенными по экспоненциальному закону со средними T_{0s} и T_{1s} соответственно. После того, как топология сети сгенерирована, выбирается начальное состояние сети. Для этого для каждой связи выбирается её начальное состояние: S_1 с вероятностью $T_1/(T_1+T_0)$ и S_0 с вероятностью $T_0/(T_1+T_0)$. Затем генерируются маршрутные таблицы для классического и вероятностного подходов.

Обе маршрутные таблицы хранят кратчайшие пути от заданного узла до всех остальных узлов сети, но отличаются метриками, которые используются для определения длины пути. Первая маршрутная таблица использует простую метрику, в которой длина пути между двумя узлами равна сумме транзитных переходов в этом пути. При этом используются только те связи, которые работали (то есть находились в состоянии S_1) в момент генерации маршрутной таблицы. Вторая маршрутная таблица использует вероятностную метрику d , которая допускает использование в маршрутных таблицах связи, выключенные в момент генерации таблицы. Фактически, состояние сети в момент генерации таблицы никак не влияет на выбор кратчайших маршрутов, поскольку учитываются только статистические характеристики сети.

После генерации маршрутных таблиц начинается моделирование изменений в топологии сети. Вследствие переключений связей некоторые маршруты в таблицах маршрутизации становятся некорректными. Число корректных маршрутов в сети $R_c(t)$ вычисляется как сумма корректных маршрутов в таблицах маршрутизации каждого узла сети. Затем находится отношение числа корректных маршрутов в данный момент времени к максимальному возможному числу маршрутов R , где $R = N(N-1)$. И

наконец, вычисляется значение $E(t) = \frac{R_c(t)}{R}$, равное доле корректных маршрутов в данный момент времени:

$$E_s(t) = \frac{\int_0^t E(x) dx}{t}.$$

Значение функции $E_s(t)$ рассчитывалось для обеих маршрутных таблиц - классической и вероятностной. Эта функция в некоторой степени характеризует эффективность работы алгоритма маршрутизации, поскольку показывает среднюю по времени долю корректных маршрутов в таблице маршрутизации.

Таким образом, результаты моделирования показали, что с течением времени эффективность классического алгоритма маршрутизации падает, в то время как эффективность вероятностного алгоритма остается примерно постоянной. На большом промежутке времени вероятностный алгоритм показывает в среднем значительно лучшие результаты. Однако в начальные моменты времени эффективность классического алгоритма достаточно высока и превосходит эффективность вероятностного алгоритма. Чем более мобильная сеть, то есть чем чаще происходят изменения в топологии сети, тем быстрее вероятностный алгоритм обгоняет по эффективности классический.

Предложено использовать комбинацию классического и вероятностного подходов, когда сообщения между узлами направляются сначала по классическому маршруту, а в случае неудачи – по вероятностному.

Литература

1. Мишагин К.Г. Продление времени жизни сенсорной сети с помощью методов коллективной передачи информации / К.Г. Мишагин, В.А. Пастухов, А.Н. Садков // Тр. науч. конф. по радиофизике. Нижний Новгород, ННГУ, 2005. - С. 344 - 346.
2. Аракелян, С.М. Самоорганизующаяся информационная среда с децентрализованным управлением для взаимодействия образовательных учреждений / С.М. Аракелян, А.В. Духанов, В.Г. Прокошев, С.В. Рощин //
3. Батаев Р.А. Вероятностный подход в создании алгоритмов маршрутизации в сетях с изменяющейся топологией / Р.А. Батаев // Телекоммуникационные и информационные системы: тр. междунар. конф.- СПб., 2007. С. 117 - 125. - ISBN 5-7422-1583-5.

СПОСОБЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИМИСЯ РАДИОСЕТЯМИ

Гаркавый Д.С.

НТУУ «КПИ» Інститут телекомунікаційних систем

E-mail: poluct@mail.ru

Methods of intellectualization control of self-organizing radionetworks

Emergence of a fundamentally new kind of management tasks associated with maintaining the required modes of operation of complex dynamic objects under uncertainty, required the development of specific methods for their solution involving artificial intelligence technology.

Появление принципиально новой разновидности задач управления, связанных с поддержанием необходимых режимов функционирования сложных динамических объектов в условиях неопределенности, потребовало развития специфических методов их решения с привлечением технологии искусственного интеллекта. Поэтому на сегодняшний день информационные системы управления интенсивно развиваются в направлении их интеллектуализации, при этом существенно изменяется технология принятия управленческих решений. Интеллектуальные информационные системы (ИИС) объединяют возможности систем управления базами данных и технологию искусственного интеллекта, благодаря чему хранение управленческой информации в них сочетается с обработкой и подготовкой ее для использования при принятии решений.

Длительное время считалось, что ИИС эффективны и применимы лишь для решения так называемых неформализуемых и плохо формализуемых задач, связанных с необходимостью включения в алгоритм их решения данных обучения на реальном экспериментальном материале (например, задачи распознавания образа). Однако в последнее время ИИС все шире используются при решении задач в системах связи и телекоммуникаций: управление коммутацией, маршрутизация, управление трафиком, распределение каналов в подвижных системах радиосвязи и т.д.

Рассматривая самоорганизующиеся сети радиосвязи, относящиеся к классу сложных динамических систем, функционирующих в условиях неполноты и недостоверности контрольной информации о состоянии сети, невозможно говорить об эффективной работе данных сетей без соответствующей системы управления. Приведем некоторые доводы в пользу того, что ИИС должны стать важнейшей составной частью системы управления СРС:

- во-первых, главной проблемой при управлении самоорганизующимися радиосетями (СРС) является необходимость выбора решений из множества возможных управленческих решений в условиях

неопределенности и в зависимости от ситуации, сложившейся в сети, а также требований к передаче определенного типа трафика;

- во-вторых, управление сетью требует сбора и обработки большого объема служебной информации об ее состоянии, использующейся методами управления на различных уровнях модели OSI для принятия соответствующих решений. Проблема получения информации с объектов (узлов сети), функционирующих в реальном масштабе времени, в настоящее время решена (использование различных способов зондирования сети). Но это породило другую проблему: как уменьшить долю информации до уровня, который действительно необходим для принятия решения системой управления? В то же время следует отметить, что потеря информации, поступающей от узлов сети, работающих в реальном масштабе времени, может существенно сказаться на конечном решении, принятом системой управления;
- в-третьих, нехватка времени на принятие решений и проблема координации взаимодействия методов управления, выполняющих различные функции (управление маршрутизацией, топологией, потоками данных, энергопотреблением, безопасностью и др.)

Важно отметить, что главная архитектурная особенность, которая отличает интеллектуальную систему управления от построенной по “традиционной” схеме, связана с подключением механизмов хранения и обработки знаний для реализации способностей по выполнению требуемых функций в условиях неопределенности (неполноты информации) при случайном характере внешних возмущений.

Система управления СРС имеет достаточно сложную архитектуру, включающую в свой состав ряд функционально-подчиненных подсистем. Иерархия их подчинения обуславливает декомпозицию исходных целей и задач управления на последовательность вложенных составляющих. Такое разделение предполагает многоуровневую организацию системы управления, обладающей развитыми интеллектуальными возможностями по анализу и распознаванию обстановки, формированию стратегии целесообразного поведения, планированию последовательности действий, а также синтезу управляющих воздействий, направленных удовлетворить требования к обслуживанию определенных типов трафика.

Организация каждого уровня интеллектуальной системы управления сетью предполагает использование совокупности моделей представления знаний, информационной поддержки, описания контролируемого объекта и т.д. Главным отличием концепции иерархического построения систем управления СРС является использование методов и технологий искусственного интеллекта в качестве основных средств борьбы с неопределенностью внешней среды. Практическое воплощение этой концепции предполагает избирательное использование тех или иных технологий обработки знаний в зависимости от специфики решаемых задач и особенностей управляемого объекта.

Таким образом, на сегодняшний день происходит интеллектуализация информационных систем управления и трансформация их в ИИС. Наиболее перспективными для создания интеллектуальных систем управления представляются четыре технологии: экспертных систем, ассоциативной памяти, нечеткой логики, нейронных сетей. Основная идея при этом заключается в переходе от строго формализованных алгоритмов, предписывающих, как решать задачу, к логическому программированию с указанием того, что нужно решать на базе знаний, накопленных специалистами в конкретных предметных областях.

В ближайшей перспективе необходимо говорить о создании “интеллектуальных радиосетей”. Уже сейчас в архитектуре узла предусматривается наличие баз данных и знаний, электронной карты местности, подсистемы обучения, применение технологии распределенных интеллектуальных агентов.

Таким образом, введение ИИС в систему управления сетью радиосвязи позволит:

- оптимизировать процесс управления данной сетью на основе анализа и учета ситуации, сложившейся в сети (информационном направлении), а также требований по передаче определенных типов трафика;
- минимизировать ошибки, вызванные человеческим фактором в ходе принятия неправильного решения по управлению сетью (особенно на этапе инициализации сети);
- уменьшить затраты времени на сбор и анализ служебной информации о состоянии сети, а также значительно сократить объемы этой информации.

Литература

1. С.Г.Бунин, А.П.Войтер, М.Е.Ильченко, В.а.Романюк Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами. – К.:НПП «Издательство «Наукова думка» НАН Украины». – 444с.: ил.
2. Минович А.И., Романюк В.А. Интеллектуальный метод маршрутизації в мобільних радіомережах // Зб. Наук. Праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2009. - №1 – С. 88-97
3. Минович А.И., Романюк В.А. Управление топологией мобильной радиосети // Зв’язок. – 2003. - №2 – С. 28-33

АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ В КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ VPN

Валуйський С.В.^{1,2}, Давидюк В.О.¹

¹*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»*

²*Український науково-дослідний інститут цивільного захисту*

E-mail: samubf@gmail.com, va.davidyuk@gmail.com

The analysis of remote access protocols in enterprise networks using VPN technology

The article contains a comparative analysis of remote access protocols in enterprise networks using VPN technology, including IPSec, SSL, PPTP. It contains recommendations for the use of each of the protocols.

Для забезпечення безпечного мережевого з'єднання з розподіленими підрозділами компанії організовується віртуальна приватна мережа (Virtual Private Networks, VPN), яка використовує набір технологій, що гарантують секретність, захист і цілісність даних, що передаються по мережі спільного користування (Інтернет). Дане рішення є оптимальним в плані фінансових витрат і дозволяє забезпечити найбільш гнучкий спосіб доступу віддалених користувачів та офісних мереж до ресурсів корпоративної мережі. Перед адміністраторами віддаленого доступу і систем VPN постає складне завдання — підготувати і спроектувати таке рішення, яке дасть можливість одночасно задовольняти потреби різних користувачів корпоративної мережі підприємства. В даний час на ринку засобів організації віртуальних приватних мереж є безліч готових рішень і технологій, частково дублюючих один одного по виконуваних функціях. Тоді як велика частка поточних рішень віддаленого доступу використовує віртуальні приватні мережі із застосуванням протоколу IPSec (Internet Protocol Security) [1], на ринку збільшується число компаній, що пропонують технологію віддаленого доступу до ресурсів корпоративної мережі, засновану на протоколі SSL (Secure Socket Layer) для шифрування даних [2]. З іншої сторони, все ще використовується протокол PPTP, який дозволяє легко створити швидку мережу, але з низьким рівнем захисту. Отже, виникає необхідність проведення аналізу зазначених протоколів, що застосовуються у віртуальних приватних мережах для вирішення завдання вибору оптимального рішення віддаленого доступу до внутрішніх ресурсів корпоративної мережі. У різних інформаційних джерелах уже наявні подібні порівняльні аналізи протоколів побудови приватних віртуальних мереж [3], але у даній роботі аналіз буде звужений до рамок використання технологій для таких мереж, які потребують підвищеного рівня безпеки та водночас легкого захищеного віддаленого доступу (наприклад, банківські мережі).

IPSec. Дуже часто для побудови мереж VPN використовується технологія мережевого рівня IPSec – набір протоколів для забезпечення захисту даних, що передаються по протоколу IP. До функціоналу IPSec входять такі можливості: підтвердження достовірності (аутентифікація), перевірка цілісності та шифрування IP пакетів. IPSec також включає в себе протоколи обміну ключами в мережі Інтернет. Пакети даних шифруються по алгоритмам DES, AES та ін. Використання

IPSec передбачає встановлення VPN-клієнта на термінал користувача і забезпечує доступ до ресурсів захищеної мережі так, ніби він знаходиться на своєму робочому місці в корпоративній мережі. Так, як технологія ґрунтується на мережах IP, досягається найбільша гнучкість в конфігурації мережевих налаштувань і додатків. Розглянемо яким саме чином протоколи IPSec змінюють IP-пакети задля досягнення цілей безпеки.

Аутентифікаційний заголовок (Authentication Header, AH) є додатковим заголовком пакету IP, що міститься між стандартним заголовком і полем даних. Метою введення AH є попередження несанкціонованої зміни змісту пакету та забезпечення цілісності віртуального з'єднання шляхом надійної аутентифікації джерела пакету. Заголовок ESP (Encapsulating Security Payload) може виконувати функції AH, а також додатково захищати пакет шляхом шифрування. Залежно від поставленої задачі, IPSec може функціонувати в транспортному або тунельному режимі.

Таким чином, на користувальному рівні використання протоколів IPSec для побудови VPN має такі переваги:

- Використання прикладних додатків та клієнтів без будь-яких обмежень;
- Прозорий доступ до файлів та мережевих ресурсів корпоративної мережі;
- Використання обчислювальної потужності віддалених ПК;
- Можливість користуватись усіми можливостями, що надаються протоколом IP (наприклад VoIP).

SSL. Протокол SSL (Secure Sockets Layer) – стандартний протокол передачі шифрованих даних, що забезпечує шифрування даних на відкритих ключах, що передаються по мережі. В загальному, принцип роботи SSL полягає в тому, що кожен користувач приватної мережі отримує свій сертифікат, за допомогою якого автентифікується, і лише при наявності правильних сертифікатів сторони обмінюються зашифрованою інформацією, яка може бути однозначно зашифрована/дешифрована обома сторонами. Протокол набув широкого використання при передачі захищених даних через веб-браузери, електронну пошту, а також в корпоративних мережах. Перевагами SSL можна вважати:

- Необов'язковість встановлення спеціального клієнтського ПЗ: захищені SSLдані можна передавати через стандартний браузер.
- Широка підтримка операційних систем та браузерів.
- Легкий захищений доступ до ресурсів корпоративної мережі.
- Простота і надійність.

Крімпереваг, VPN на основі SSL можуть мати такі недоліки:

- Прив'язаність SSL до веб-технологій.
- Обов'язкове використання зворотнього проху-сервера при використанні SSL для доступу до корпоративної мережі накладає певні обмеження на застосування передових веб-технологій, наприклад Flash, ActiveXі т.д.

PPTP(Point-to-Point Tunneling Protocol).Даний протокол був розроблений корпорацією Microsoft сумісно з іншими ІТ-компаніями (Ascend Communications, 3Com/Primary Access та ін.). Принцип його роботи полягає в інкапсулюванні кадрів PPP у IP-пакети та передачі їх через захищений тунель у загальнодоступній мережі. Інкапсуляція відбувається таким чином: до кадру PPP додається заголовок GRE (GeneralRoutingEncapsulation– протокол інкапсуляції компанії Cisco), а також заголовок IP. Для безпеки інформації кадр PPP шифрується методами MS-CHAP,

MS-CHAPv2 (реалізації протоколу CHAP від Microsoft) або EAP-TLS. PPTP має такі переваги:

- Простота налаштування і використання.
- Вбудована підтримка майже усіма сучасними операційними системами.
- Висока швидкодія.

Значним недоліком протоколу є низький ступінь захищеності і застарілість.

Порівняння протоколів. Вище були розглянуті кілька популярних протоколів для побудови віртуальних приватних мереж (VPN). Зведемо дані у таблицю задля порівняння (табл.1).

Таблиця 1 – Характеристики протоколів для побудови мереж VPN

	IPSec	SSL	PPTP
Ключ шифр-ня	128 біт	256 біт	128 біт
Рівень захищ-ті	Добре	Відмінно	Задовільно
Необхідність встановлення додаткового ПЗ	Так	Ні	Ні
Швидкодія	Добре	Добре	Відмінно
Вартість застосування	Невисока	Невисока/безкоштовно	Безкоштовно
Область застосування	Корпоративна мережа, спрощений віддалений доступ.	Передача високо-конфіденційних даних через корпоративну мережу, віддалений доступ до мережі.	Передача не конфіденційних даних або при неможливості застосування інших протоколів

Висновки. У даній роботі були розглянуті протоколи для побудови віртуальних приватних мереж (VPN), які найчастіше використовуються на практиці, основи їх роботи, переваги та недоліки, а також проведено їх порівняння задля визначення області застосування кожного протоколу. Таким чином визначено, що найкращим протоколом за критеріями простоти та безпечності для побудови приватної корпоративної мережі, зокрема банківської, можна вважати SSL разом з похідними рішеннями (Open SSL, Open VPNi т.д.), оскільки разом з хорошою швидкістю та відмінним захистом, дана технологія надає доволі простий доступ до ресурсів мережі, наприклад через звичайний браузер.

Література

1. Буров Є. Комп'ютерні мережі. – Львів: СП "БаК", 1999. – 468 с.
2. Кульгін М. Технології корпоративних мереж. Енциклопедія. – СПб.: Питер, 2000. – 704с.
3. Finlayson M., Harrison J., Sugarman R. VPN technologies – a comparison. – Enfield: Metaswitch, 2003. – 45 p.

ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К УЛУЧШЕНИЮ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕННО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА НАЗЕМНОГО РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Заика В.Ф.

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

E-mail: vfzaika@mail.ru

Feasible approach to improve accuracy characteristics of the antenna rotator ground radiodetector complex

Assessing the possibility of increasing the accuracy of the guidance of the antenna rotator ground radiodetector complex through the integrated application of ENF and SHF receivers.

Непрерывное развитие телекоммуникационных сетей (ТС), обусловленное как экстенсивным увеличением количества составляющих их устройств, так и постепенным вводом в эксплуатацию нового оборудования, обуславливает актуальность тщательного исследования проблематики возможных методов и способов повышения эффективности использования уже функционирующих подсистем ТС. Одновременно, учитывая установленный факт, что задачи синтеза и практического развертывания новых ТС решаются менее проблематично чем задачи трансформации уже существующих [1], зачастую возникает соблазн категорического отрицания возможности совершенствования находящегося в эксплуатации оборудования ТС ввиду его «морального» старения.

Поскольку в настоящее время во всем мире бурное развитие претерпевают космические системы (КС) передачи информации, исследование возможностей совершенствования этого типа ТС за счет повышения эффективности использования существующего оборудования представляется одним из приоритетных.

В то же время, существующая тенденция совершенствования КС передачи информации за счет перехода от использования спутников-ретрансляторов, размещенных на геостационарных орбитах (с обращением в направлении вращения Земли на высотах 36 тыс. км), к низкоорбитальным (высотой 500...2000 км) солнечно-синхронным спутниковым системам [2], а также целесообразность организации спутникового непосредственного радиовещания, базирующегося на использовании доступного и хорошо освоенного Ку-диапазона с высокоэллиптических орбит (с апогеем более 45 тыс. км) [3] доказывают актуальность и необходимость разработки научно-технических предложений по совершенствованию схемы наведения антенно-поворотного устройства (АПУ) радиотехнического комплекса (РТК).

Приоритетность совершенствования адаптивной схемы наведения АПУ для улучшения точностных характеристик подтверждает и очевидная экономическая нецелесообразность дальнейшего увеличения геометрических размеров находящейся в эксплуатации параболической антенной установки (АУ) РТ-2500 с диаметром основного зеркала 70 м.

Исходя из вышеизложенного, для удовлетворения предъявляемых к перспективным РТК требованиям по ошибке наведения антенных устройств (не более 18") представляется целесообразным согласованное использование угломестных следящих систем СВ- и КВ-диапазонов.

Анализ процесса наведения, а также зависимость точностных характеристик АУ от флуктуации принимаемого сигнала свидетельствуют, что повышение динамической точности АПУ требует расширения полосы пропускания РТК, что противоречит требованию помехоустойчивости. Это обусловлено тем, что расширение полосы угломестной следящей системы (УСС) выше определенного значения приводит не к увеличению, а к уменьшению точности наведения вследствие увеличения ошибок, вызванных различного рода шумами. Однако сужение полосы УСС может оказаться нецелесообразным из-за нелинейных проявлений в АПУ, когда наступает срыв слежения. При этом увеличение точности наведения АУ требует увеличения временных затрат.

Для разрешения этого противоречия возможно использование более широкой диаграммы направленности СВЧ канала для режима «поиск» с переходом при фиксации объекта к режиму «сопровождение» более узкой диаграммой направленности КВЧ канала. Таким образом, для совершенствования АПУ необходима двухэтапная система наведения, в которой последовательно используются СВЧ и КВЧ радиоприемные устройства.

В случае использования упомянутой АУ РТ-2500 в качестве базовой, для первого этапа наведения («поиска») возможно применение СВЧ приемника, который в сочетании с АУ способен формировать широкую диаграмму направленности, а на втором этапе наведения («сопровождении») - использование КВЧ приемника. Таким образом, рациональная схема АПУ будет включать: зеркальную систему; совмещенный облучатель; СВЧ приемник; КВЧ приемник; силовой следящий привод; блок корреляции и коммутатор.

Функционирование АПУ по предложенной схеме будет осуществляться следующим образом. Коммутатор управляет работой приемников, включая в работу СВЧ приемник для поиска широкой диаграммой направленности (θ_n) объекта. В случае его обнаружения происходит подстройка широкой диаграммы направленности на максимум и включение КВЧ приемника для подстройки на максимум узкой диаграммы направленности (θ_c) и обратно в случае срыва наведения.

Оценка точности разработанной схемы наведения АПУ РТК может быть осуществлена с использованием выражений

$$\theta_n = \frac{4,2 \lambda_n 10^3}{D}, \quad (1)$$

$$\theta_c = \frac{4,2 \lambda_c 10^3}{D} \quad (2)$$

где: θ_n - ширина диаграммы направленности СВЧ приемника, обеспечивающем режим «поиск»;

θ_c - ширина диаграммы направленности КВЧ приемника, обеспечивающем режим «сопровождение»;

$\lambda_n = 10^{-1} \dots 10^{-2}$ м - рабочая длина волны режима «поиск»;

$\lambda_c = 10^{-2} \dots 10^{-3}$ м - рабочая длина волны режима «сопровождение»;

D - диаметр АУ (для выбранной в качестве базовой АУ РТ-2500 – 70 м).

Полученные из выражений (1) и (2) значения ширины диаграмм направленности АПУ для режимов наведения и сопровождения позволяют сделать вывод, что использование СВЧ приемника может обеспечить погрешность наведения АПУ от 6' до 0,6', в то время как КВ приемник в сочетании с АУ способен формировать диаграмму направленности от 0,6' до 0,06'.

Таким образом, предложенный подход к усовершенствованию схемы наведения АПУ за счет комплексного применения угломестных следящих систем СВ- и КВ-диапазонов и поочередного применения режимов «поиск» - «сопровождение» способен

$$W_{\Delta} = \frac{\Delta_n}{\Delta_c} = 10 \text{ (раз)},$$

на порядок повысить выигрыш по точности наведения АПУ РТК.

Литература

1. Гайворонская Г.С. Многофакторная оптимизация пространственно-временной структуры телекоммуникационных сетей /дис. д-ра техн. наук. - К.: ГУ ИКТ, 2007. – 320 с.
2. Козелкова Е.С. Методика повышения качества моделирования многоспутниковой низкоорбитальной экологической системы дистанционного зондирования Земли: Монография. – К.: ЦНИИ НиУ, 2005. - 120 с.
3. Крылов А.М., Локишин Б.А. О спутниковом вещании с высокоэллиптических орбит // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. - 2009.- № 2. - С. 26-29.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДЁЖНОСТИ УЗЛА БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Заруцкая А.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ „КПИ”

E-mail: ZarutskAnastasia@gmail.com

Mathematical model of the node of wireless sensor during developing its rational topology

General information and basic parameters of wireless sensor network nodes, their mathematical model.

В структуру БСС, для которой проектируется топология, могут входить узлы пяти типов – КУ (только передают сообщения), РАН-координатор (только принимают сообщения), ретрансляторы (как принимают, так и передают сообщения) и мосты. Вне зависимости от функционального назначения узлы характеризуются следующими параметрами:

- Уникальный идентификационный номер (*ID*), необходимый для адресной доставки сообщений;
- Геометрическое положение в пространстве, т.е. трехмерный вектор координат: $X = (x_1, x_2, x_3)^T$, определяющий положение якорной точки узла (в данном случае центра симметрии антенны приемопередатчика);
- Максимальная плотность информационного потока, способного передаваться или приниматься узлами: $U_{fc}^{\max}$ бит в секунду в рассматриваемом частотном диапазоне с учетом способа кодирования [1, 2];
- Средняя величина загрузки – плотность информационного потока U бод, передаваемого и/или принимаемого узлом для решения основной задачи БСС – доставки сообщений от КУ до шлюза,

$$U = \sum_S (U_i^{TX} + U_i^{RX}),$$

где S – множество КУ, генерирующих информационные потоки, принимаемые и передаваемые данным узлом; U_i^{TX} и U_i^{RX} – плотности передаваемого и принимаемого потоков, соответствующих i -му КУ (в частных случаях могут быть равны нулю).

Каждый из N_{ED} КУ в составе БСС характеризуются периодичностью отправки информационных сообщений (точнее, переменным интервалом

T_m между одноименными фазами двух последовательных однотипных сообщений), измеряемой в секундах, и длинной сообщений L , измеряемой в байтах. В рассматриваемом алгоритме для учета нагрузки на сеть эти два параметра заменяются эквивалентной величиной – плотностью генерируемого информационного потока в соответствии со следующей формулой:

$$U_i^{ED} = \frac{L}{T_m}, \text{ байт / сек}, i = 1..N_{ED},$$

в общем случае уникальной для каждой из КУ.

К характеристикам приемопередатчиков, размещенных на узлах БСС, относятся, прежде всего, рабочий частотный диапазон, рабочий канал в пределах диапазона, мощность излучаемого сигнала и максимальная пропускная способность, соответствующая данному каналу (плотность передаваемого и принимаемого информационного потока, бит/сек).

Для моделирования приемо-передающего тракта узлов эти характеристики в соответствии с [1] принимают следующие значения:

- Опорная частота канала, МГц:

$$f_c = 2405 + 5(k - 11), k = 11, 12, \dots, 26; \text{ ширина канала } df = 5 \text{ МГц}.$$

В качестве рабочего канала принят канал 20, для которого опорная частота излучаемого сигнала составляет 2450 МГц.

- Мощность передатчиков P_{TX} принята одинаковой для всех узлов и составляет 10^{-3} Вт .
- Скорость передачи и приема информации $U_{f_c}^{\max}$ для выбранного частотного диапазона составит 250 кбит/с.
- Коэффициенты усиления приемо-передающего тракта для упрощения модели выбраны одинаковыми $G_{TX} = G_{RX} = 1$.

Кроме того, модель автономного узла БСС агрегирует модель его элемента питания, которая в начальном приближении может быть представлена следующим образом:

- Заряд батареи расходуется пропорционально общей продолжительности работы приемопередатчика в режиме приема и/или передачи.
- Вероятность отказа узла по причине разряда батареи считается единичной по прошествии времени $T = t_c \frac{U_{f_c}^{\max}}{U}$ с начала работы узла, где t_c - время непрерывной работы узла при максимально допустимой плотности потока, принимаемого и передаваемого узлом, $U = U_{f_c}^{\max}$.

При моделировании было принято $t_c = 72 \text{ ч}$.

Для моделирования случайного выхода узлов из строя было выбрано экспоненциальное распределение вероятности отказов q_{ml} [3]. Соответствующая функция распределения имеет вид:

$$F(t, \lambda) = 1 - e^{-\lambda_f t},$$

где t – временной интервал, часов; λ_f – средняя интенсивность отказов в час.

В связи с отсутствием реальных статистических данных об этой величине при моделировании значение ее было смоделировано следующим образом:

$$\lambda_f = \lambda_{f_c} \frac{U}{U_{f_c}^{\max}},$$

где $\lambda_{f_c} = 1 \cdot 10^{-5}$ отказов / час – интенсивность отказов при максимальной загруженности узла;

U – суммарная плотность принимаемого и передаваемого узлом информационного потока;

$U_{f_c}^{\max}$ – максимальная плотность информационного потока, способного приниматься или передаваться узлом.

С учетом введенных обозначений для вероятности работоспособности узла в течение регламентного периода можно записать следующее соотношение:

$$P_i'' = (1 - q_{ml})(1 - q_{ml}').$$

Таким образом, в предлагаемой модели надежности узла БСС основную роль играет средняя плотность информационного потока, обрабатываемого узлом.

Литература

1. IEEE Standards 802.15.4. Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). — IEEE Computer Society, 2006.
2. Sinem C.E. ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary. — Berkeley, 09/2004.
3. Таха Х. Введение в исследование операций. — М.-СПб.-К.: Издательский дом «Вильямс», 2005.

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ РОЗВІДКИ СЕНСОРНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ

Іщенко Д. А., Пекарєв Д. В., Кирилюк В. А.
Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова
Державного університету телекомунікацій
E-mail: vovanew777@mail.ru

Conceptual model of sensory exploration telecommunication network using technical means of intelligence

Conceptual model of sensory exploration telecommunications network by application of intelligence. Components of the model sensory exploration telecommunications network is defined by its decomposition. Model includes: model extracting primary intelligence; model to obtain intelligence information; model complex processing of intelligence information; model of the final intelligence.

Проблема комплексного захисту об'єктів і інформації охоплює широке коло питань. Важливою складовою частиною її є наявність інформаційних фізичних полів, які виникають при функціонуванні різних об'єктів і є джерелами інформаційних потоків.

Проблемам розвідки, маскування й захисту інформації присвячена значна кількість фундаментальних та науково-прикладних робіт закордонних й вітчизняних авторів. В роботах [1-6] пропонуються підходи забезпечення захисту об'єктів різного призначення й інформації від розвідок. Автори досить повно та всебічно висвітлюють результати теоретичних і практичних досліджень щодо створення, впровадження та застосування засобів та способів захисту, маскування й розвідки. Проте, вивчення існуючих матеріалів показує певну недостатність систематизованих відомостей саме у області моделювання процесів функціонування об'єктів захисту та технічних засобів, що здійснюють їх комплексну розвідку у різних фізичних полях саме сенсорних телекомунікаційних мереж. У зв'язку із цим з'являється необхідність розроблення концептуальній моделі розвідки сенсорної телекомунікаційної мережі з застосуванням технічних засобів розвідки

Під моделлю розвідки (далі – МР), в даному випадку, пропонується розуміти процес добування розвідувальної інформації про сенсорну телекомунікаційну мережу (далі – СТКМ) технічними засобами розвідки (далі – ТЗР). Вона може бути подана частковими моделями, які є її складовими в залежності від змісту діяльності за етапами роботи суб'єктів розвідувальної діяльності, що приймають участь в цьому процесі.

З достатнім ступенем деталізації основні принципи обробки викладені в роботі [5].

Користуючись відомим матеріалом, здійснимо декомпозицію МР СТКМ та визначимо у якості її складових:

- модель добування первинних розвідувальних даних про СТКМ різними ТЗР;
- модель одержання розвідувальних відомостей про СТКМ на основі аналізу первинних розвідувальних даних кожного окремого засобу розвідки;

- модель комплексної обробки розвідувальних відомостей, отриманих за допомогою декількох засобів розвідки;
- модель підготовки підсумкової розвідувальної інформації для замовника відповідно до поставлених розвідувальних завдань.

Модель добування первинних розвідувальних даних про СТКМ різними ТЗР

Первинні розвідувальні дані містять всю доступну для відповідного засобу інформацію у вигляді якісних і кількісних ознак СТКМ, що розвідують.

Модель добування первинних розвідувальних даних про СТКМ різними ТЗР повинна включати до складу: модель СТКМ; модель ТЗР; модель умов ведення розвідки; модель розвідувальних даних, що отримані конкретним ТЗР по визначеному СТКМ у різних умовах обстановки.

Модель СТКМ у загальному вигляді повинна відображати опис демаскуючих ознак СТКМ:

- ознаки, що характеризують фізичні властивості елементів СТКМ як речовини, наприклад, тепло, електропровідність, структура;
- ознаки, що характеризують властивості фізичних полів, створюваних об'єктом;
- ознаки, що характеризують форму, колір, розміри елементів СТКМ;
- ознаки, що характеризують просторове положення (координати) елементів СТКМ і похідні від координат, якщо об'єкт переміщається;
- ознаки, що характеризують наявність певних зв'язків між елементами СТКМ, тому що СТКМ носить комплексний (складний) характер;
- ознаки, що характеризують результати функціонування СТКМ.

Модель ТЗР представляє собою опис можливостей кожного засобу розвідки щодо виявлення демаскуючих ознак СТКМ у всіх діапазонах хвиль й фізичних полях їх прояву:

- просторові можливості;
- часові можливості;
- інформаційні можливості;
- можливості по пересуванню тощо.
- Модель умов ведення розвідки повинна враховувати:
- умови, що впливають на процеси функціонування СТКМ;
- умови, що впливають на її захист;
- умови, що обмежують одержання інформації за допомогою ТЗР;
- умови, що сприятливі не виявленню СТКМ;
- умови, що визначаються фізичними властивостями й станом середовища, що розділяє елемент СТКМ і засіб розвідки.

Модель розвідувальних даних, що отримані конкретним ТЗР по визначеній СТКМ у різних умовах обстановки представляє собою:

- результат порівняльного аналізу демаскуючих ознак СТКМ і оцінки можливостей ТЗР з обов'язковим врахуванням факторів, що впливають на виявлення й розпізнавання приховуваних об'єктів – елементів СТКМ, і в першу чергу середовища, що розділяє об'єкт і засіб розвідки;
- іконічний (портретний) опис – розвідувальні дані у вигляді записів відбитих радіолокаційних і гідролокаційних сигналів, спектрів ІЧ випромінювання, гідроакустичних і акустичних шумів елементів СТКМ, що використовуються для

визначення координат і швидкості елементів СТКМ, для подальшого їхнього розпізнавання;

- параметричний (сигнальний) опис – розвідувальні дані у вигляді записів обмірюваних параметрів сигналів передавання інформації в СТКМ для подальшого розпізнавання елементів, а також визначення типів елементів й СТКМ, у яких ці елементи встановлені.

Модель одержання розвідувальних відомостей про СТКМ на основі аналізу первинних розвідувальних даних кожного окремого засобу розвідки

На другому етапі добування розвідувальної інформації здійснюється обробка первинних розвідувальних даних, отриманих кожним окремим засобом розвідки.

Відповідно модель одержання розвідувальних відомостей повинна включати до складу:

- модель іконічного (портретного) розпізнавання;
- модель параметричного (сигнального) розпізнавання;
- модель формування сигнатур СТКМ;
- модель перевірки достатності якості розвідувальних відомостей.

Модель іконічного (портретного) розпізнавання описує процес порівняння спектрів прийнятих сигналів з відповідними «портретами» відомих елементів СТКМ, а також для аналітичної оцінки розмірів, деяких геометричних і конструктивних характеристик елементів СТКМ, що розвідують, по особливостях спектра відбитих (випромінюваних) сигналів.

Модель параметричного (сигнального) розпізнавання описує процес порівняння параметрів прийнятих сигналів з параметрами відомих випромінюючих засобів.

Модель формування сигнатур СТКМ розвідки описує процес складання сигнатури СТКМ у різних діапазонах хвилі, що направляються в автоматизовані банки даних і використовуються в інтересах розвідки й для створення нових систем.

Модель перевірки достатності якості розвідувальних відомостей описує процес порівняння повноти й вірогідності розвідувальних відомостей, отриманих за допомогою одного засобу розвідки з відповідними вимогами до них.

У випадках, коли вони достатні для рішення поставленого розвідувального завдання, процес обробки закінчується на другому етапі. Здійснюється перехід до моделі підготовки підсумкової розвідувальної інформації для споживача відповідно до поставлених розвідувальних завдань. Підсумкова розвідувальна інформація готується на основі цих розвідувальних відомостей.

Якщо ж отримані розвідувальні відомості мають низьку вірогідність або по власному складу недостатні для рішення поставленого завдання, то МР СТКМ містить у собі третю складову. Здійснюється перехід до моделі комплексної обробки розвідувальних відомостей, отриманих за допомогою декількох засобів розвідки

Модель комплексної обробки розвідувальних відомостей, отриманих за допомогою декількох засобів розвідки

Відповідно до змісту третього етапу роботи суб'єктів розвідувальної діяльності, що приймають участь у процесі розвідки, модель описує здійснення комплексної обробки розвідувальних відомостей, отриманих з використання різних засобів розвідки, та включає:

- модель прив'язки відомостей від різних засобів розвідки до конкретних СТКМ за просторовими ознаками;
- модель прив'язки відомостей від різних засобів розвідки до конкретних СТКМ за часовими ознаками;
- модель прив'язки відомостей від різних засобів розвідки до конкретних СТКМ за іншими ознаками;
- модель спільного аналізу різнорідних відомостей, що відносяться до однієї СТКМ, яка передбачає взаємне логічне вв'язування й уточнення; аналітичне визначення характеристик СТКМ, що залежать від сукупності різнорідних відомостей.

Розвідувальні відомості про СТКМ, отримані відповідно до моделі комплексної обробки розвідувальних відомостей, отриманих за допомогою декількох засобів розвідки, містять всю інформацію, яку може добути противник методами технічної розвідки з урахуванням одночасного використання інших (не технічних) методів розвідки.

Модель підготовки підсумкової розвідувальної інформації для замовника відповідно до поставлених розвідувальних завдань.

Представляє собою сукупність моделей - описів підготовки підсумкової розвідувальної інформації для різних категорій замовників відповідно до їх запитів: розвідувальні зведення; повідомлення; довідки; аналітичні огляди; технічні описи тощо. Вони розробляються на основі відомостей, отриманих за результатами реалізації моделі одержання розвідувальних відомостей про СТКМ на основі аналізу первинних розвідувальних даних кожного окремого засобу розвідки або моделі комплексної обробки розвідувальних відомостей, отриманих за допомогою декількох засобів розвідки.

Модель враховує, що органи розвідки в сфері своєї відповідальності розробляють розвідувальні документи для трьох основних категорій замовників: для вищого державного, політичного й військового керівництва, для військового командування на театрі воєнних дій і для військово-промислового комплексу.

Розроблена концептуальна модель розвідки сенсорної телекомунікаційної мережі з застосуванням технічних засобів розвідки може бути використана у сфері моделювання процесів функціонування об'єктів захисту та технічних засобів, що здійснюють їх комплексну розвідку у різних фізичних полях саме сенсорних телекомунікаційних мереж.

Література

1. Меньшаков Ю. К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. - М. : Изд у РГГУ, 2002. .
2. Хорев А. А. Технические средства и способы промышленного шпионажа. - М. : ЗАТ «Дальснаб», 1997.
3. Каторин Ю. Ф., Куренков Е. В., Лысов А. В., Остапенко А. Н. Энциклопедия промышленного шпионажа. – С-Пб. : ТОВ «Изд.-во “Полигон”», 1999.
4. Миронычев С. Коммерческая разведка или промышленный шпионаж в России и мероприятия борьбы с ними. - М. : Дружок, 1995.
5. Бабурин А.В., Чайкина Е.А., Воробьева Е.И. Физические основы защиты информации от технических средств разведки: Учеб. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2006.-193 с.
6. Карпович Н. Н. Военное дешифрирование аэрофотоснимков / Н. Н. Карпович. – М. : Военное издательство, 1990. – 544 с.

КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ КЕРОВАНOSTІ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ ОСОБЛИВОЇ СИТУАЦІЇ У ПОЛЬОТІ

Казак В.М., Шевчук Д.О.
Національний авіаційний університет
E-mail: do@nau.edu.ua

Criterion restores controllability of aircraft in extra conditions in flight

The functional of efficiency, which system takes into reconfiguration of control surfaces, total charges, on control, diagnosing, prognostic, controlling, during the special situation on flight is offered. The functional of efficiency allows to estimate current efficiency in the conditions unfavorable external indignations and degrading internal processes.

Літальний апарат (ЛА) як складна технічна система, що працює у реальному часі, часто за апіорно не повністю визначених режимів і умов застосування для ефективного використання має бути наділений властивостями високої надійності та живучості. Обидва ці поняття пов'язані з працездатністю ЛА в часі, тобто з виконанням заданих функцій в установленому обсязі з потрібним рівнем якості протягом визначеного терміну його експлуатації або у довільний момент часу. Поточна польотна ситуація в першу чергу характеризується: умовами і режимом польоту, функціональним станом екіпажа, працездатністю авіаційних систем та аеродинамічним станом несучої поверхні. В результаті дії несприятливих зовнішніх несприятливих чинників і деградуючих внутрішніх процесів може виникнути особлива польотна ситуація, яка підрозділяється на чотири види: ускладнення умов польоту, складна ситуація, аварійна ситуація, катастрофічна ситуація [1]. Надзвичайно висока швидкоплинність розвитку особливої ситуації (ОС) вимагає миттєвого втручання в ситуацію для прийняття рішень, спрямованих на забезпечення керованості та стійкості ЛА. Усе це потребує пошуку більш ефективних методів запобігання розвитку ОС у польоті. Одним з таких напрямів може стати розвиток системних методів реконфігурації керуючих поверхонь для відновлення керованості та стійкості ЛА в умовах раптового виникнення ОС.

У реальному польоті на ЛА, крім керівних сил і моментів, що залежать від переміщення органів керування і їх станів, завжди діють випадкові збурення, зумовлені різними факторами. До них належать випадкові складові сил і моментів рухової установки, а також аеродинамічні сили і моменти, що з'являються внаслідок турбулентності атмосфери, порушення первісної

аеродинамічної поверхні апарата чи відмов і пошкоджень у системі керування польотом.

Так, у роботі [2] розглянуто фактори, що викликають втрату живучості ЛА у процесі їх льотної експлуатації, а також запропоновані методи та моделі реконфігурації керуючих органів для забезпечення виконання поставленої задачі ЛА в умовах виникнення ОС у польоті. Дослідження [3–7] показують, що для відновлення живучості ЛА в ОС можна використовувати кілька способів. З появою раптових пошкоджень аеродинамічної поверхні ЛА, всіяких обривів у приводах кермових поверхонь або їх заклиненні, у разі відмови одного з двигунів силової установки ЛА досить ефективною може бути реконфігурація керування ЛА. У катастрофічних ситуаціях, що передують зіткненню ЛА з перешкодою, можна було б уникнути важких наслідків, якби екіпаж мав можливість ефективно і майже миттєво змінити динамічні властивості керування польотом. Цього можна досягти, застосувавши активні методи керування польотом з одночасною його реконфігурацією стосовно ситуації, що розвивається, у польоті.

У загальному вигляді мету відновлення керованості та стійкості польоту ЛА в умовах виникнення ОС сформулюємо наступним чином: забезпечення заданого рівня безпеки польотів й ефективного використання системи автоматичного керування (САК) у разі виникнення особливої ситуації у польоті. Відповідно до цього визначення, оптимальність алгоритму керування ЛА характеризується векторним критерієм:

$$\Phi E_{САК} = \{C_{\Sigma}(t), K_H(t), W(t)\},$$

де $\Phi E_{САК}$ – функціональна ефективність САК для забезпечення реконфігурації керування ЛА в умовах виникнення ОС; C_{Σ} – сумарні витрати на контроль, діагностування, прогнозування, керування під час виникнення ОС у польоті; K_H – коефіцієнт, що характеризує надійність САК ЛА у процесі експлуатації; $W(t)$ – визначає ступінь ефективності збереження керованості та стійкості ЛА під час використання різних моделей реконфігурації в умовах виникнення ОС у польоті. Розглянемо процес керування режимами роботи ЛА, який виконується під впливом стохастичних зовнішніх збурень та внутрішніх деградуючих процесів.

Технічний стан (ТС) ЛА під час виконання польотного завдання опишемо випадковим вектором $s(t) \in S$ кінцевого фазового простору $S = \{0, \dots, 1\}$, а зміни його структури у часі – випадковою послідовністю $s(t_1), s(t_2), \dots, s(t_n)$, де $t_1, t_2, \dots, t_n$ – дискретні моменти часу. Позначимо $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ – вектор керування несущими поверхнями ЛА, а також режимами роботи двигуна, тоді динаміку керованого процесу опишемо наступним рівнянням:

$$s(t_{n+1}) = f(s(t_n), u(t_n)),$$

а правило вибору керування для забезпечення ефективного функціонування ЛА, представимо у вигляді:

$$u(t_n) = \varphi(s(t_n), u(t_{n-1})), \quad (1)$$

де $\{\varphi\}$ – множина типових стратегій реконфігурації ЛА в умовах виникнення ОС у польоті.

Послідовність цілеспрямованих дій $\sigma = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$ визначає стратегію керування у просторі часу $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, а сукупність типових стратегій керувань утворює простір стратегій $\Sigma = \{\sigma\}$, тоді програма керування ЛА визначається наступною трійкою:

$$РПК_{ЛА} := \langle U, \sigma, t \rangle,$$

де $РПК_{ЛА}$ – реконфігурована програма керування ЛА (керуючими поверхнями, двигунами і т.п.), що забезпечує відновлення керованості та стійкості ЛА у польоті в умовах ОС; U – простір типових керуючих дій або впливів; t – послідовність моментів керуючих впливів й задана для них стратегія керування – σ .

Запропонований узагальнений критерій ефективності, який системно враховує функціональну ефективність САК для забезпечення реконфігурації керуючих поверхонь, сумарні витрати на контроль, діагностування, прогнозування, керування під час виникнення ОС у польоті, а також оцінити можливість відновлення керованості та стійкості ЛА в умовах ОС у польоті.

Література

1. Нормы лётной годности гражданских самолётов СССР. (НЛГС - 3). Межведомственная комиссия по нормам лётной годности гражданских самолётов и вертолётов СССР – 3-е издание. – 1984. – 464с.
2. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті : монографія / В. М. Казак. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 284 с.
3. Живучесть авиационных силовых установок: учебник для студ. вузов (направление "Авиация и космонавтика" / В. С. Кривцов, А. И. Рыженко ; Национальный аэрокосмический ун-т им. Н.Е.Жуковского "Харьковский авиационный ин-т". – Х. : ХАИ, 2004. – 660 с.
4. Авраменко В. Н. Вопросы анализа живучести энергообъединений / В. Н. Авраменко. — К. : Ин-т энергодинамики НАНУ, 1997. – 45 с.
5. Адаптивный регулятор для подавления флаттера крыльев при неизмеряемых возмущениях и немоделируемых динамиках // Системы автоматического управления и техническая кибернетика. – М. : ВИНТИ, 1992. – № 3. – С. 17 – 25.
6. Адаптивные системы управления самолетов : Обзор. – М. : ОНТИ ЦАГИ, 1975. – № 479. – С. 41.
7. Бруссард Р. Применение рассчитанных заранее законов управления в реконфигурируемой системе управления полетом / Р. Бруссард, Д. Д. Мердер, Н. Хальо, А. К. Каглайан // Аэрокосмическая техника. – 1989. – № 2. – С. 33 – 42.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ У МЕРЕЖАХ З ДИНАМІЧНОЮ ТОПОЛОГІЄЮ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ZIGBEE

Карбовська О.В., Терновой М.Ю.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ "КПІ", Україна

e-mail: olenkakarbowska@gmail.com, tenovoy@its.kpi.ua;

Channel capacity analysis in zigbee networks with dynamic topology

The paper describes channel capacity analysis in networks based on ZigBee technology. Networks with mesh topology are studied. The channel capacity dependence on mobile nodes speed and quantity of repeaters between source and destination nodes is analyzed.

Інтенсивний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та зростаюча з кожним роком кількість користувачів вимагають пошуку нових рішень в організації та використанні мереж і технологій зв'язку. Безпроводові мережі передачі даних є одним з основних напрямків, розвиток яких приведе до задоволення вимог користувачів в забезпеченні якісного зв'язку.

Аналіз нових і перспективних рішень, а також останніх розробок в області безпроводових та енергозберігаючих технологій, наприклад, ETRI VoZ виявив, що ефективним рішенням для побудови енергозберігаючих мереж з гарантованою надійністю передачі даних при відносно невеликих швидкостях і можливістю довготривалої роботи мережевих пристроїв від автономних джерел живлення є застосування технології ZigBee, описаної стандартом IEEE 802.15.4, що дозволяє створити мережу із складною топологією [1]. Огляд літератури показав, що актуальною є задача дослідження мереж з динамічною топологією на основі технології ZigBee. Дослідження з використанням цієї технології переважно орієнтовані на створення фіксованої централізованої мережі, але існуючі дослідження, направлені саме на створення мереж з динамічною топологією, не охоплюють деяких важливих питань. Зокрема це питання дослідження пропускної здатності у таких мережах.

Стандарт 802.15.4/ZigBee – це відкритий стандарт безпроводового зв'язку для систем збору даних і управління. Ця технологія дозволяє створювати безпроводові мережі, що самоорганізуються, з автоматичною ретрансляцією повідомлень та підтримкою стаціонарних та мобільних вузлів. Мережі ZigBee при відносно невеликих швидкостях передачі даних забезпечують гарантовану доставку пакетів і захист переданої інформації [2].

Найбільш використовуваним протоколом для маршрутизації у мережах ZigBee є Ad hoc On-Demand Distance Vector routing protocol (AODV). Але те, яким чином повідомлення буде направлятись від одного вузла мережі до іншого, залежить від топології мережі. Мережа ZigBee може бути побудована на основі однієї з трьох топологій: зірка, дерево або mesh [3]. Оскільки найбільш використовуваною є mesh-топологія, то дослідження проводилось саме на її основі.

Структура топології mesh дуже схожа на структуру топології дерево. Верхнім і головним вузлом мережі є координатор. Правило підключення вузлів у мережі наступні:

- координатор зв'язаний з набором маршрутизаторів і кінцевих пристроїв – його дочірніх вузлів;

- маршрутизатор може бути зв'язаний з іншими маршрутизаторами і кінцевими пристроями - його дочірніми вузлами.

У mesh мережі маршрут встановлюється від одного вузла до іншого і пролягає через будь-яку кількість проміжних вузлів. На відміну від широкомовної розсилки, у передачі задіяні тільки вузли, що входять в маршрут і це значно знижує навантаження мережі і прискорює передачу. Топологія mesh складніша для управління і синхронізації, проте вона забезпечує більшу надійність і стійкість до збоїв. Маршрутизатори підтримують таблиці маршрутизації і використовують алгоритм пошуку маршруту для її побудови та оновлення.

В роботі було досліджено особливості передачі даних у мережі з динамічною топологією на основі технології ZigBee. Одним з найважливіших параметрів для будь-якої мережі, що визначає можливість передачі даних є пропускна здатність.

З метою дослідження пропускної здатності було визначено експериментальну модель мережі (рис.1) і проведено два експерименти.

1. Дослідження проводилось для мережі з 6 стаціонарними вузлами і одним мобільним вузлом. Під час експерименту змінювалась швидкість руху мобільного вузла-одержувача повідомлень від 0.5 м/с до 2.5 м/с. Досліджувалась залежність пропускної здатності мережі від швидкості рухомого вузла за умови однакового часу передачі (рис.2).

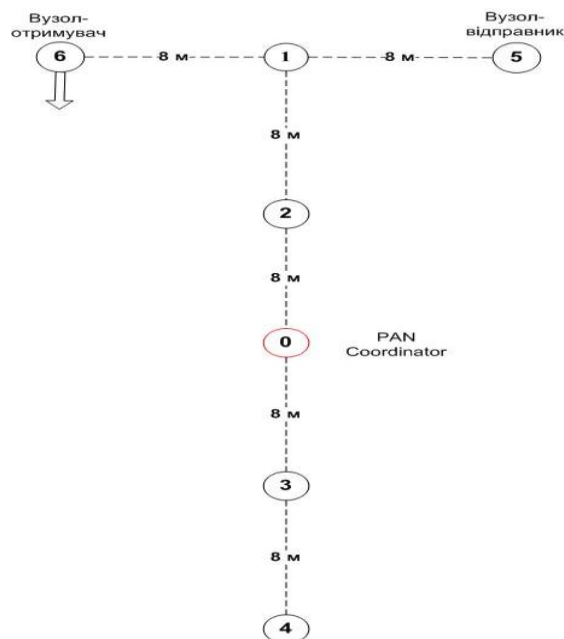


Рис. 1 Експериментальна модель мережі

Пропускна здатність мережі значно зменшується при швидкості більше 0.5 м/с і продовжує плавно зменшуватись на швидкостях більше 1 м/с. Це пояснюється тим, що при збільшенні швидкості мобільний вузол швидше виходить із області видимості маршрутизатора, через який він передає дані. Тобто необхідно більше службової інформації для пошуку нових маршрутів.

2. Дослідження залежності пропускної здатності від кількості вузлів-ретрансляторів між вузлом-відправником та вузлом-одержувачем (рис. 3).

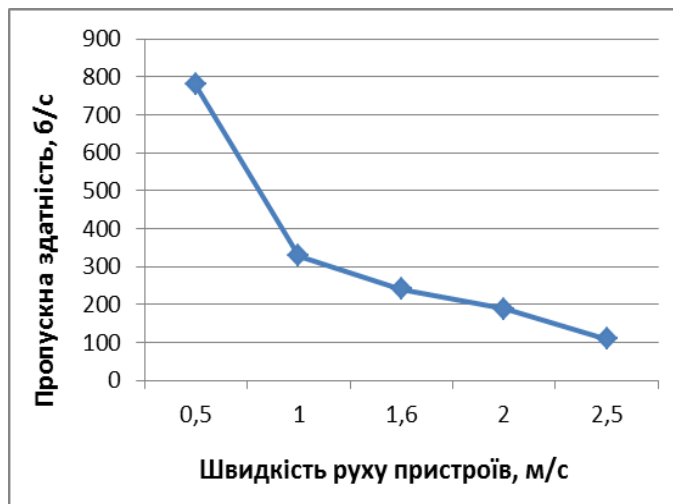


Рис. 2 Залежність пропускної здатності від швидкості руху вузла

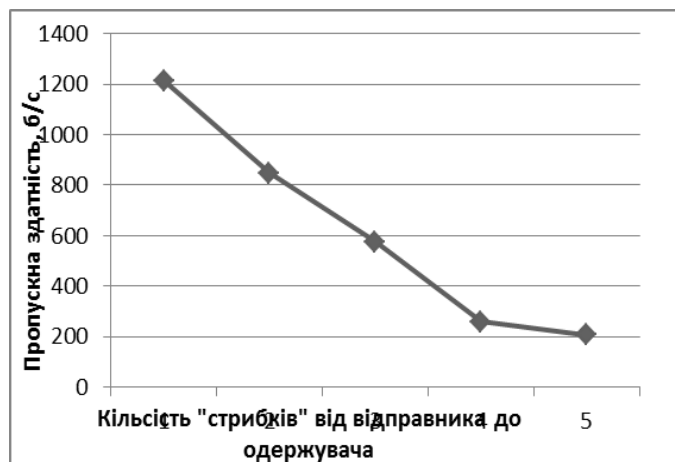


Рис. 3 Залежність пропускної здатності мережі від кількості вузлів-ретрансляторів між відправником та одержувачем

При збільшенні кількості «стрибків» між вузлом-відправником та вузлом-одержувачем пропускна здатність мережі зменшується. Це можна пояснити тим, що при збільшенні кількості транзитних вузлів, що оброблюють та передають інформацію, збільшується кількість службової інформації у зв'язку з необхідністю пошуку та обслуговування маршруту.

Дослідження показало, що при малих швидкостях з невеликою кількістю вузлів-ретрансляторів пропускна здатність мережі є задовільною. Подальший розвиток роботи полягає в дослідженні пропускної здатності для інших топологій мережі.

Література

1. ZigBee Alliance <http://zigbee.org/>
2. Ahamed S.S.R. The role of ZigBee technology in future data communication system / S.S.R. Ahamed // Theoretical and Applied Information Technology.- Vol. 5.- № 2.- 2009.- pp. 129-135.
3. Baronti P. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards / P. Baronti, P. Pillai, V. Chook, S. Chessa, A. Gotta, Y. Fun Hu // Computer Communications.-Vol. 30.- 2007.- pp. 1655–1695.

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Кафідова О.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: alena.kafidova@gmail.com

The structure of the wireless sensor networks efficiency method, classification of those networks and their structural components and topologies. The purpose of the work is efficiency of wireless sensor networks.

Підвищення ефективності безпроводових сенсорних мереж, на цей час дуже актуальне, бо сфера застосування БСМ швидко розширюється та розвивається. БСМ – це нові перспективні технології в галузі телекомунікацій. Вони вже знайшли широке застосування в промисловості, сільському господарстві, правоохоронних, контролюючих і охоронних структурах. І передбачається стійка тенденція щодо розширення сфери їх застосування.

Можливі застосовування для моніторингу охорони та здоров'я (наприклад, вимірювання положення тіла і місце людини, загального моніторингу хворих в лікарнях і на дому); моніторинг забруднення повітря; виявлення лісових пожеж; виявлення зсувів; моніторинг якості води (аналіз властивостей води дамб, річок, озер і океанів, а також запасів підземних вод); запобігання стихійних лих (бездротові вузли були успішно розгорнуті в річках, де зміни рівня води необхідно відслідковувати в режимі реального часу); моніторинг стану машин; реєстрація даних; моніторинг якості і рівня. Одне з актуальних застосувань сенсорних систем – це забезпечення моніторингу житлових, господарських та адміністративних приміщень. Це так звана проблема створення «Інтелектуального будинку». В такій системі встановлюються датчики для різних служб «Інтелектуального будинку»: управління світлом, кліматом, домашньою електронікою.

При побудові БСМ необхідно орієнтуватися на вибір безпроводових методів доступу в телекомунікаційних сенсорних мережах. Класифікація БСМ за масштабом дії (рис. 1) передбачає розділення на персональні (Personal Area Network, PAN), локальні (Local Area Network, LAN), міські (Metropolitan Area Network, MAN) и глобальні мережі (Wide Area Network, WAN).

Безпроводові сенсорні мережі у відмінності від звичайних обчислювальних (проводових і безпроводових) мереж мають масу переваг:

- повна відсутність кабелів — електричних, комунікаційних і т.д.;
- можливість компактного розміщення або навіть інтеграції сенсорів в об'єкти навколишнього середовища;

- надійність як окремих елементів, так і, що більш важливо, усієї системи в цілому; у ряді випадків мережа може функціонувати при справності тільки 10-20% сенсорів;
- відсутність необхідності в персоналі для монтажу й технічного обслуговування.

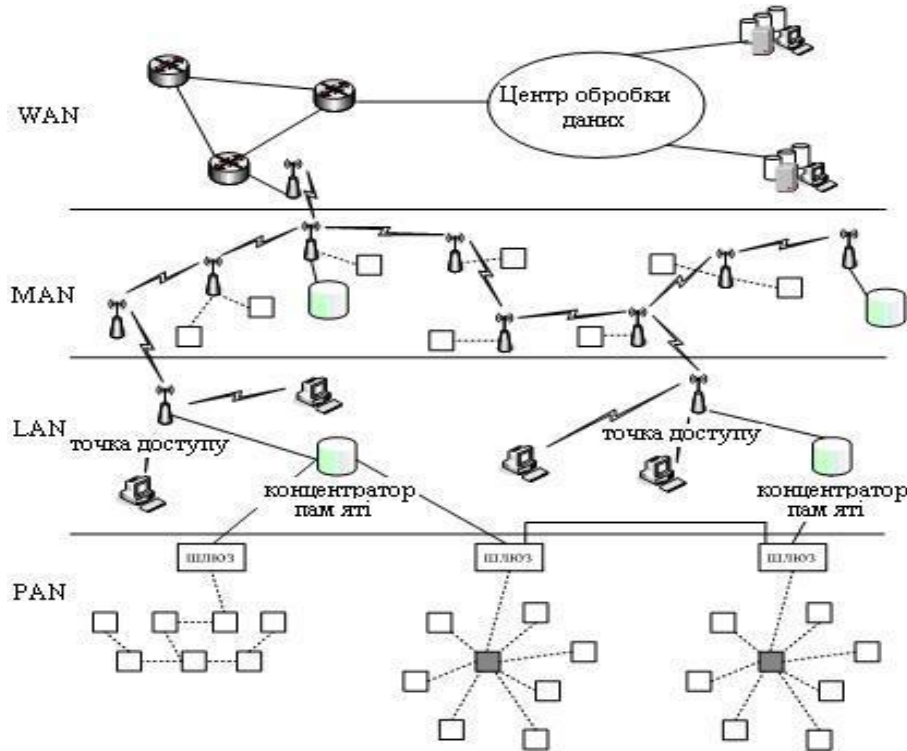


Рис. 1. Структура телекомунікаційної мережі

Взагалі телекомунікаційні сенсорні мережі будуються на базі сенсорів і ліній зв'язку. Сенсори являють собою пристрої, що складаються з датчика, який здійснює вимірювання параметрів об'єкта моніторингу, і прийомопередавача. БСМ будуються з використанням двох типів фізичних пристроїв: повнофункціонального пристрою (Full Function Device, FFD) та пристрою з обмеженим набором функцій (Reduced Function Device, RFD) [1]. Пристроєм FFD може здійснюватися зв'язок як з кількома FFD, так і кількома RFD, в той час як у пристрої RFD не реалізована функція встановлення зв'язку з іншими RFD. Повнофункціональні мережні пристрої функціонують у трьох режимах (в залежності від початкової конфігурації): координатор, маршрутизатор і кінцевий вузол, а пристрої RFD – тільки в режимі кінцевого вузла [2]. Функціональний поділ фізичних пристроїв дозволяє будувати БСМ декількох топологій, які за методом організації можуть бути децентралізовані, централізовані, ієрархічні або гібридні (рис.2) [3].

Більшість сенсорів є мобільними пристроями з вбудованими джерелами енергії. Тому одним з факторів тривалості функціонування вузла є енергоспоживання. Пасивне сканування каналу призводить до великих втрат енергії. Рішенням поставленого завдання є періодична активність

вузлів, тобто, вузол може працювати в трьох режимах: робочий, пасивний і неробочий.

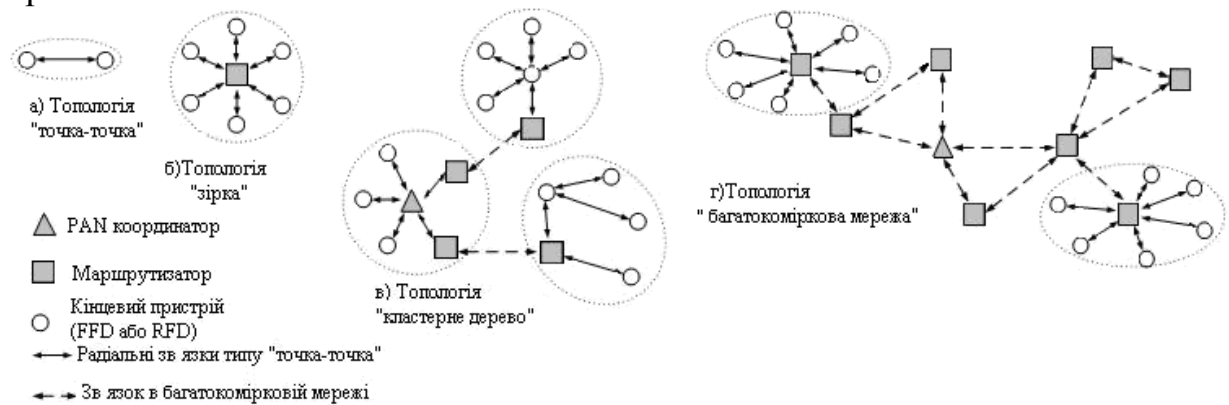


Рис. 2. Топології сенсорних мереж

З метою економного витрачання електроенергії в БСМ слід реалізувати два способи функціонування мережі. Перший з цих способів передбачає, що координатор мережі постійно активний. Він контролює мережу і тому здатний здійснювати обмін даними з максимально високою швидкістю. За сигналами координатора окремі ділянки мережі періодично переходять у робочий режим і обмінюються повідомленнями. При другому методі функціонування вся мережа знаходиться у неробочому режимі, включаючи і координатора. Обмін даними виконується у межах окремих сегментів мережі, які працюють періодично.

Стандарт IEEE 802.15.4 орієнтований на організацію WPAN з невеликими швидкостями передачі даних – 250 Кбіт/с максимальна швидкість передачі даних, при радіусі дії мережних пристроїв від 10 до 75 м. Низька швидкість передачі даних, але за інших рівних умов вимагає низького енергоспоживання мережних пристроїв. Це дозволяє спростити створення пристроїв, що працюють з автономним живленням.

Висновки: Для того, щоб підвищити ефективність БСМ потрібно використовувати мережі різного рівня ієрархії. Доцільна побудова сучасної БСМ на основі безпроводових технологій, що забезпечує надійність функціонування і мобільність. Для персональних БСМ рекомендується використовувати стандарт 802.15.4 ZigBee, а за необхідності забезпечити високошвидкісну передачу даних – стандарт 802.15.3a.

Література

1. Кучерявый Е.А. Принципы построения сенсоров и беспроводных сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // Электросвязь. — 2006. № 6.
2. Сенсорные сети: состояние, решение и перспективы / [Алгулиев Р.М., Фаталиев Т.Х., Агаев Б.С., Алиев Т.С.] // ISSN 1684-2588 Телекоммуникации. — 2007. — №4. — С. 27—32.
3. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті / [Щербак Г.В., Мельникова Л.І., Рубан І.В., Садовий К.В.]: Підручник. - Харків: 2007. - 255с.

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ СТВОРЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Кирилюк В.А., Завада А.А., Самчишин О.В.

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

Державного університету телекомунікацій

E-mail: vovanew777@mail.ru

Direction and progress creating and using wireless sensor networks

The report offers an analysis of the current state of creation and use of wireless sensor networks and the direction and progress in this area.

Найбільш складним та трудомістким етапом діяльності технічного моніторингу є збір та систематизація даних про визначений об'єкт. Тому останнім часом провідні світові виробники озброєння і військової техніки та лідери у розробці нової комп'ютерної техніки особливу увагу приділяють створенню сучасних ефективних технологій збору та первинній обробці даних.

За прогнозами фахівців корпорації Intel [1], значним проривом у цих технологіях є створення найближчими роками безпроводових сенсорних мереж (БСМ). Технологія БСМ полягає у використанні сотень мільярдів мікроскопічних датчиків, вбудованих майже в усі предмети, що супроводжують нас у реальному житті, реагують на навколишнє середовище і контактують між собою за допомогою безпроводових мереж з метою вирішення значного переліку прикладних завдань, у тому числі й в інтересах збору даних про визначений об'єкт. Прогнозується, що розміри кінцевих пристроїв БСМ можуть бути зменшені до розміру піщинки. При цьому сенсори зможуть не лише виступати в ролі інтелектуальних датчиків, але й виконуватимуть первинну обробку інформації та взаємодіятимуть між собою, утворивши єдину БСМ. Водночас, такі сенсори практично не споживатимуть електроенергії і вбудованих мініатюрних акумуляторів вистачатиме на кілька років, тобто практично на весь термін роботи сенсорів. За висновками експертів [4], це буде концептуально новий тип комп'ютерних систем, що функціонуватиме за допомогою БСМ. Завдяки застосуванню сенсорів можливості комп'ютерів і комп'ютерних мереж розширяться на кілька порядків. При цьому будь-які фізичні об'єкти, обладнані сенсорами, можуть бути розпізнані комп'ютером.

Як відомо [2], мережна технологія Zig Bee (стандарт IEEE 802.15.4) забезпечує простоту створення мереж збору даних та надає можливість їх оперативного розгортання. Ця технологія дозволяє програмно керувати мережними пристроями визначеного стандарту і призначена для збору даних від сенсорів, моніторингу і керування.

Серед основних напрямів удосконалення діючих сенсорів слід відзначити їх мініатюризацію та створення безпроводової інтегрованої обчислювальної платформи-сенсора з низьким енергоспоживанням. Так, використовуючи нові підходи в КМОП-технології та у технології мініатюрних електромеханічних систем MEMS (micro-electrical mechanical systems), вже сьогодні можна інтегрувати всі основні схеми і компоненти, необхідні для створення КМОП-кристалів радіомікросхем, безпосередньо на стандартній кремнієвій пластині згідно з концепцією Radio Free Intel [3]. Це дозволяють сучасні досягнення мікроелектроніки, а саме можливість розташувати на одному кристалі як обчислювальні блоки, так і всі необхідні пристрої для підтримки безпроводових мереж – глобальних, локальних і персональних.

Впровадження БСМ на базі малогабаритних сенсорів характеризується не лише відстеженням стану середовища (об'єкта), але і діяльністю залежно від обставин. При цьому ефективність БСМ напряму пов'язана з їх властивостями: можливістю самоорганізації в єдину безпроводову мережу, можливістю автономно працювати протягом тривалого часу та низькою собівартістю.

Можливості сенсорних мереж зацікавили військові відомства та промисловість. Так, за даними проведеного опитування ON World [4], близько 29% великих промислових компаній США вже використовують сенсорні мережі, а ще 40% планують розгорнути їх протягом наступних двох років.

Таким чином аналіз перспективних технологій для збору даних моніторингу на основі БСМ провідних країн світу є актуальним.

Використання БСМ дозволить контролювати пересування людини, озброєння та військової техніки або інші зміни у навколишньому середовищі. Реалізація технології БСМ складатиме основу складних інтелектуальних систем та дозволить розгорнути мережу недорогих, але при цьому досить складних напівпровідникових сенсорних пристроїв, які зможуть самостійно встановлювати зв'язок між собою та передавати інформацію від сенсора до сенсора в напрямку до центру обробки інформації або кінцевому користувачу про будь-які зміни у навколишньому середовищі або оточенні об'єкта, щодо якого здійснюється збір даних. При цьому БСМ створюються щораз заново для вирішення конкретних задач і миттєво розпадаються після їх виконання на окремі елементи, після чого готові утворити нові мережі, як тільки у цьому виникне потреба. Сенсори у БСМ виконують одночасно обчислювальні і комунікаційні функції та здатні найоптимальнішим чином автоматично конфігуруватися в мережі. У концепції БСМ істотно змінюється роль людини, оскільки їхні елементи – сенсорні мікрокомп'ютери стають більш самостійними і дуже часто передбачають наміри людини задовго до їхнього надходження. При цьому до основних вимог щодо сенсорів у БСМ слід віднести: наявність інтегрованої платформи, що поєднуватиме можливості сенсорів (зовнішніх датчиків, що реєструють визначені параметри або їхню сукупність) – комп'ютерів і комунікаційних пристроїв; можливість не лише «розрізняти» навколишній світ, але і діяти залежно від його стану; можливість об'єднання у БСМ для організації передачі отриманої інформації «за ланцюгом»; наявність значного запасу енергії для автономної роботи та низьку собівартість.

На сьогодні БСМ складаються із сотні сенсорів з обмеженою зоною покриття, що виконують чітко визначені завдання. Вони здатні передавати лише визначений тип інформації у заданій смузі пропускання, а заряду елементів живлення вистачає усього на кілька днів. Крім того, поки що неможливо говорити про високу надійність і непомітність в експлуатації (хоча б через розміри) та низьку вартість БСМ.

Серед провідних наукових закладів світу [5], які займаються проблематикою БСМ, слід особливо відзначити дослідницьку лабораторію корпорації Intel Каліфорнійського університету в Берклі (США). Головна мета лабораторії полягає у створенні вищезазначеної БСМ з низьким енергоспоживанням. Фахівцями лабораторії вже розроблено прототип такої платформи, однак поки площа сенсора-прототипу складає 5–6 см², її розміри планується зменшити до 1 мм². Дослідникам Intel вдалося створити спеціальні динамічні й самонастроювальні мережі, які використовують mote-сенсори, що шукають і самостійно встановлюють контакт із суміжними сенсорами. У разі пересування сенсорів у просторі мережа динамічно змінює конфігурацію. На одній із публічних демонстрацій подібної мережі компанією Intel по всій аудиторії було розкидано більше сотні предметів із прикріпленими до них датчиками, а з базової станції запущено серію алгоритмів, які визначали положення кожного датчика і його найближчих „датчиків-сусідів”. За основу мережі був обраний сенсор „Mica”, що мав у своєму складі 128 Кб програмної флеш-пам'яті, 256 Кб флеш-пам'яті для збереження даних і радіопередавач із робочою частотою 900 МГц. БСМ сама обчислювала оптимальний маршрут проходження

даних. Вузли перенаправляли дані протягом, приблизно, п'яти переміщень предметів, при цьому швидкість передачі даних складала близько 10 Кбіт/с. Для того, щоб самостійно змінити конфігурацію мережі, було потрібно близько 5 секунд.

Компанія Air Magnet, Inc. (США) [6] – лідер у забезпеченні безпеки і продуктивності безпроводових локальних мереж (WLAN) оголосила про випуск нової серії Smart Edge сенсорів підвищеної міцності. Останні призначені для використання поза приміщенням і в небезпечному середовищі, що дозволить промисловим підприємствам розширити "периметр" безпеки за межі стін будинку. Водостійкі, зміцнені сенсори Smart Edge скануватимуть підозрілу активність у безпроводовому середовищі як усередині приміщення, так і ззовні. Вони є ідеальним інструментом для здійснення моніторингу будь-яких ділянок мережі за межами розташування об'єкта. Кожен сенсор, призначений для вилученого аналізу і відгуку на вторгнення, зв'язується із сервером Air Magnet Enterprise для здійснення централізованої кореляції, складання звіту про відповідність характеристик та попередження про небезпеку.

Компанія Dust Networks [7], одна з піонерів концепції "розумного пилу" – розподілених мереж надмалих сенсорів, що підтримують безпроводовий обмін даними, – представила власний продукт – перший тестовий комплект "розумного пилу" під назвою Smart Mesh. Він складається з 12 мініатюрних пристроїв, що отримали назву "порошини". Пристрої зв'язуються між собою за допомогою радіозв'язку та можуть передавати інформацію від сенсорів, що контролюють температуру, швидкість вітру, вологість або інші параметри навколишнього середовища. За допомогою цих пристроїв можна створювати, наприклад, системи моніторингу різноманітних процесів або системи спостереження. Мережний вузол Smart Mesh на джерелі живлення типу АА може працювати декілька років. Споживання енергії знижується завдяки тому, що вузол включений тільки під час передачі даних.

Консорціум SpeckNet Consortium, пропонує досліджувати можливість створення обчислювальної мережі на основі мікроскопічних вузлів, що мають сенсорні, обчислювальні і комунікаційні функції. Мікроскопічні вузли під назвою speck (крупинка) матимуть вбудовані джерела живлення і розміри не більше за кубічний міліметр. Вважається, що теоретично їх можливо буде „купити в магазині” на вагу, потім „розкидати”, де потрібно, і отримати мережу сенсорів із обчислювальними можливостями. Дослідники планують впровадити мережі мікроскопічних сенсорів терміном від 12 до 15 років.

На сьогодні команда каліфорнійських вчених працює над революційним проектом під назвою „Сенсорнет”, що має змінити світ так само, як змінив його Інтернет. Завдяки цим дослідженням у світі застосовуватимуться мікросенсори, що постачатимуть величезну кількість інформації про навколишнє середовище. Кожен з цих сенсорів матиме модуль для збору інформації, процесор і передавач, що дозволить збудувати велику безпроводову мережу. Маломасштабні прототипи такої мережі існують зараз – це, так звані, „розумні будинки”, що автоматично запалюють і вимикають світло в кімнатах, визначають хазяїна тощо. На думку експертів, впровадження цих сенсорів відбудеться вже через 5–10 років.

Вчені університету Рочестера (University of Rochester, США) [8] проводять роботи зі створення розумної системи, що зможе виявляти і знешкоджувати біологічне зараження території. На цей час консорціум підприємств Нью-Йорка, університети, державні і федеральні агентства, NASA об'єдналися з метою створення прототипу, здатного змінити ситуацію в боротьбі з бактеріологічною зброєю. Спеціальна група займається створенням розумних, швидко реагуючих сенсорів, на базі яких створюватиметься гнучка портативна платформа для виявлення і визначення різних біологічних або хімічних агентів. Сенсори будуть здатні не тільки виявляти агентів, але і знешкоджувати їх за допомогою нейтралізуючих речовин. У разі можливості масового і недорогого виробництва подібних

сенсорів, вони знайдуть широку галузь застосування – від захисту людей, що знаходяться у зоні ризику, до моніторингу навколишнього середовища.

DARPA [9] анонсувало власну нову розробку, завдяки якій незабаром по мобільному телефону можна буде розмовляти нічого не кажучи вголос, повідомляє New Scientist. На сьогоднішній день співробітники DARPA займаються розробкою проекту під кодовою назвою Advanced Speech Encoding (продвинуте дешифрування мови). У результаті його реалізації мікрофони мобільних телефонів замінять сенсори, що інтерпретуватимуть діяльність лицьових мускулів й голосових нервів і трансформуватимуть їх у повнозвучні слова.

Висновки. Таким чином, серед основних переваг сенсорів слід відзначити вкрай низьке енергоспоживання і можливість динамічної самоорганізації у мережі. До основних завдань їх застосування варто віднести моніторинг різного типу процесів і параметрів (рух, світло, температура, атмосферний тиск, вологість і т.ін.) у сфері метеорології, дослідження навколишнього середовища, у військовій сфері, в тому числі розв'язанні завдань збору розвідувальних даних в інтересах фактично усіх типів технічних розвідок. На даний час розроблені різні види не лише сенсорів (що дозволяють реєструвати дані), але й різноманітні актуатори (активні датчики-пристрої на основі сенсорів, що дозволяють впливати на ситуацію), біочіпи (для аналізу складу рідких середовищ на базі методів прецизійної біології) та інше.

Моніторинг змін та параметрів навколишнього середовища за допомогою БСМ може проводитись на досить великій території, враховуючи принцип передачі інформації "ланцюгом" – від одного сенсора до іншого. Ця технологія дозволяє сенсорам роками (навіть десятиріччями) працювати без заміни батарей.

Застосування БСМ – це початок нової ери, а саме використання, так званих, проактивних (превентивних) обчислень, коли комп'ютери прямо зв'язуватимуться з фізичним світом, передбачатимуть бажання людей і навіть прийматимуть рішення за своїм розсудом – відповідно до закладеної в них програми.

Література

1. Overview of Sensor Networks. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.intel.com/content/www/us/en/energy/energy-sensor-network-overview-appl-note.html?wapkw=sensor>
2. Баранова Е. IEEE 802.15.4 и его программная надстройка ZigBee / телемультимедиа. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.telemultimedia.ru/art.php?id=292>
3. Intel researchers put WiFi inside—the processor, that is. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://arstechnica.com/information-technology/2012/09/intel-researchers-put-wifi-inside-the-processor-that-is/>
4. Беспроводные распределённые сенсорные сети. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://wiki.laser.ru/index.php/Беспроводные_распределённые_сенсорные_сети
5. Research Centers and Labs. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.eecs.berkeley.edu/Research/Areas/Centers/>
6. Fluke Networks Rolls Out AirMagnet Enterprise. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://my.insideview.com/iv/launchReferredArticle.do?aid=_10524951445&utm_source=IV_directory&utm_medium=Agents_Article_Titles
7. Умная пыль. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nts-lib.ru/media/index331.html>
8. Information Technology. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.rochester.edu/technology.php>
9. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases.aspx>

ГИБРИДНЫЙ МЕТОД ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА В СЕНСОРНОЙ РАДИОСЕТИ С ИЗБЫТОЧНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ УЗЛОВ

Коваленко И.Г., Клименко Н.А., Романюк А.В.

ВІТІ ДУТ, НТУУ "КПІ"

E-mail: kig777@ukr.net

Energy saving hybrid method of MAC in wireless sensor networks with an excess of nodes

A new energy saving hybrid MAC method in special purpose wireless sensor networks with an excess of heterogeneous nodes

Современные достижения в радиоэлектронике сделали возможным создание малогабаритных, дешевых и многофункциональных беспроводных устройств (узлов), состоящих из совокупности датчиков мониторинга, микропроцессора, батареи питания и приемопередатчика. Данные узлы способны передавать данные мониторинга по радиоканалам, обеспечивать сетевое взаимодействие между множеством аналогичных узлов и создавать сенсорные радиосети (СР).

Некоторые сферы применения СР требуют полного покрытия площади объекта зонами мониторинга датчиков. В таких случаях для оперативного разворачивания сети может использоваться рассеивание узлов над районом мониторинга с использованием летательных аппаратов (ракет, пушек и т.п.). При этом из-за случайного размещения узлов максимально покрыть сенсорами район мониторинга возможно только с использованием достаточно большого числа узлов (избыточности). Избыточность количества узлов (ИКУ) позволит обеспечить требуемое покрытие, но приведет к росту числа коллизий при передаче из-за увеличения уровня взаимных помех, задержек передачи данных и излишнему расходу ресурсов батарей на повторные передачи.

Производительность, пропускная способность и время жизни СР с ИКУ зависит от используемых методов множественного доступа (ММД) к радиоканалу. Самым эффективным способом уменьшения потребления энергоресурса узлами сети является минимизация количества повторных передач и времени нахождения узлов в режиме прослушивания каналов, что автоматически увеличивает задержки доставки пакетов и пропускную способность сети. Сложность нахождения баланса между эффективностью энергосбережения и производительностью передачи информационных потоков в СР различного назначения привело к разработке ряда ММД [1].

СР сбора данных предполагает наличие узлов-шлюзов, которые собирают информацию всех элементов сети. При достаточно большом количестве узлов в сети трафик на узлах-шлюзах возрастает, что в условиях применения случайных ММД приводит к увеличению количества коллизий, повторных передач и потребления энергоресурсов узлов. В тоже время, применение для всей сети детерминированных ММД неэффективно из-за сложности синхронизации узлов и адаптации к изменениям топологии (нагрузок) сети.

Суть предложенного метода заключается в организации гибридного множественного доступа к радиоканалу: случайного для удаленных и детерминированного для приближенных к шлюзу узлов в отдельные периоды времени [2]. Вокруг шлюза создается

зона детерминированного доступа (ДД) (рис. 1.), в которой каналный ресурс распределяется в зависимости от нагрузок на отдельные узлы, что позволяет избежать коллизии и отключать приемопередатчики в определенные интервалы времени для сохранения их энергоресурса. Граничные узлы зоны ДД функционируют в оба периода: во время периода случайного доступа принимают данные от удаленных узлов, а при детерминированном – передают собранные данные в направлении шлюза. Условиями применения метода являются: превышения соответствующих предельных значений нагрузок на участке сети или превышения допустимого уровня коллизий при приеме-передаче данных для узлов.

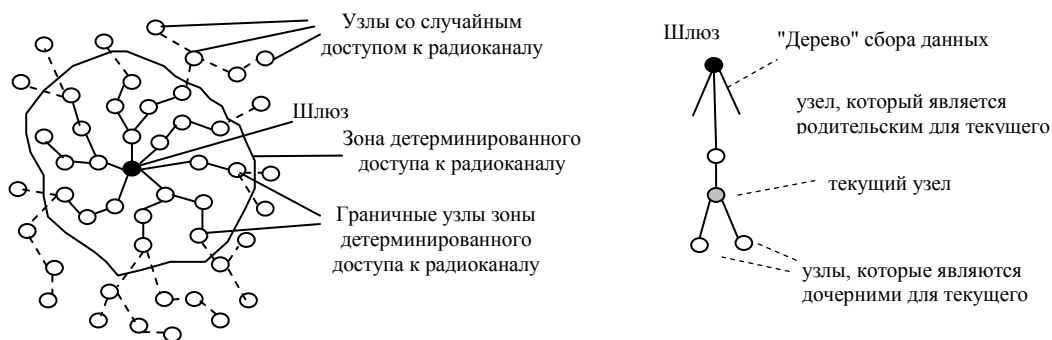


Рис. 1

Метод состоит из следующих этапов:

1. Определение перегруженных ретрансляцией узлов для организации зоны ДД.
2. Сбор родительскими узлами зоны ДД данных о нагрузке дочерних узлов.
3. Децентрализованное распределение родительскими узлами временных интервалов для дочерних узлов зоны ДД.
4. Организация функционирования узлов зоны ДД соответственно определенных (рассчитанных) временных интервалов.
5. Корректировка расписания временных интервалов.

Новизной метода является гибридный способ разделения каналного ресурса с использованием двух типов доступа к радиоканалу: случайного для удаленных и детерминированного для приближенных к шлюзу узлов. При этом каналный ресурс выделяется в зависимости от нагрузок на отдельные узлы, что позволяет отключать приемопередатчики в определенные интервалы времени для сохранения их энергоресурса. Метод позволяет уменьшить использование энергоресурса приближенных к шлюзу узлов и увеличить время жизни сети до 15 % относительно существующих методов за счет отключения приемопередатчиков и исключения повторных передач для узлов, на которых сконцентрирован трафик всей сети.

Литература

1. Коваленко І.Г., Романюк В.А., Діячук І.М. Аналіз методів енергозбереження в сенсорних радіомережах // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ "КПІ". – 2011. – № 1. – С. 76 – 84.
2. Коваленко І.Г. Енергозберігаючий метод множинного доступу в сенсорних радіомережах спеціального призначення з надлишковою кількістю неоднорідних вузлів // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ "КПІ". – 2012. – № 1. – С. 37 – 49.

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ БАГАТОСУПУТНИКОВОЇ НИЗЬКООРБІТАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ (БНЕС) ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (ДЗЗ) ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Козелкова К.С., В'юннік О.В.

Державний університет телекомунікацій, Київ

E-mail: kozelkovae@mail.ru

Formation of structural patterns bahatosuputnykovoyi low-ecological systems (BNES) remote sensing (RS) dual purpose

A block diagram of RS group bahatosuputnykovoho dual purpose that reflects the underlying relationships between the components and the overall system structure bahatosuputnykovoho orbital grouping.

В останні роки надзвичайну актуальність представляють дослідження присвячені оперативному плануванню функціонування багатосупутникового угруповання ДЗЗ подвійного призначення, оптимізації засобів збору і передачі інформації, удосконаленню систем наземного керування.

Таким чином метою є сформувати структурну схему багатосупутникової низькоорбітальної екологічної системи ДЗЗ подвійного призначення.

На рисунку 1 приведена структурна схема багатосупутникової низькоорбітальної екологічної системи (БНЕС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) подвійного призначення [1, 2, 4, 5]. На верхньому рівні структурної схеми знаходиться орбітальний комплекс БНЕС ДЗЗ, який характеризується чисельністю КА, орбітальними параметрами, а також такими позначками як періодичність огляду території та оперативність доставки інформації на наземні станції; на другому рівні КА як компонент у складі БНЕС ДЗЗ, який укрупнено може бути представлений малогабаритними характеристиками, орбітальними параметрами КА і тими бортовими системами, характеристики яких суттєво впливають на показники якості і ефективності БНЕС ДЗЗ подвійного призначення. До складу основних бортових систем входять: апаратний комплекс спостереження, бортовий запам'ятовуючий пристрій, система корекції, система орієнтації, резервні та службові системи.

В систему включені наземний комплекс керування (НKK); система отримання й обробки інформації (COOI), а також зовнішні умови функціонування: метеоумови, освітленість, гравітаційні сили та час функціонування БНЕС ДЗЗ подвійного призначення.

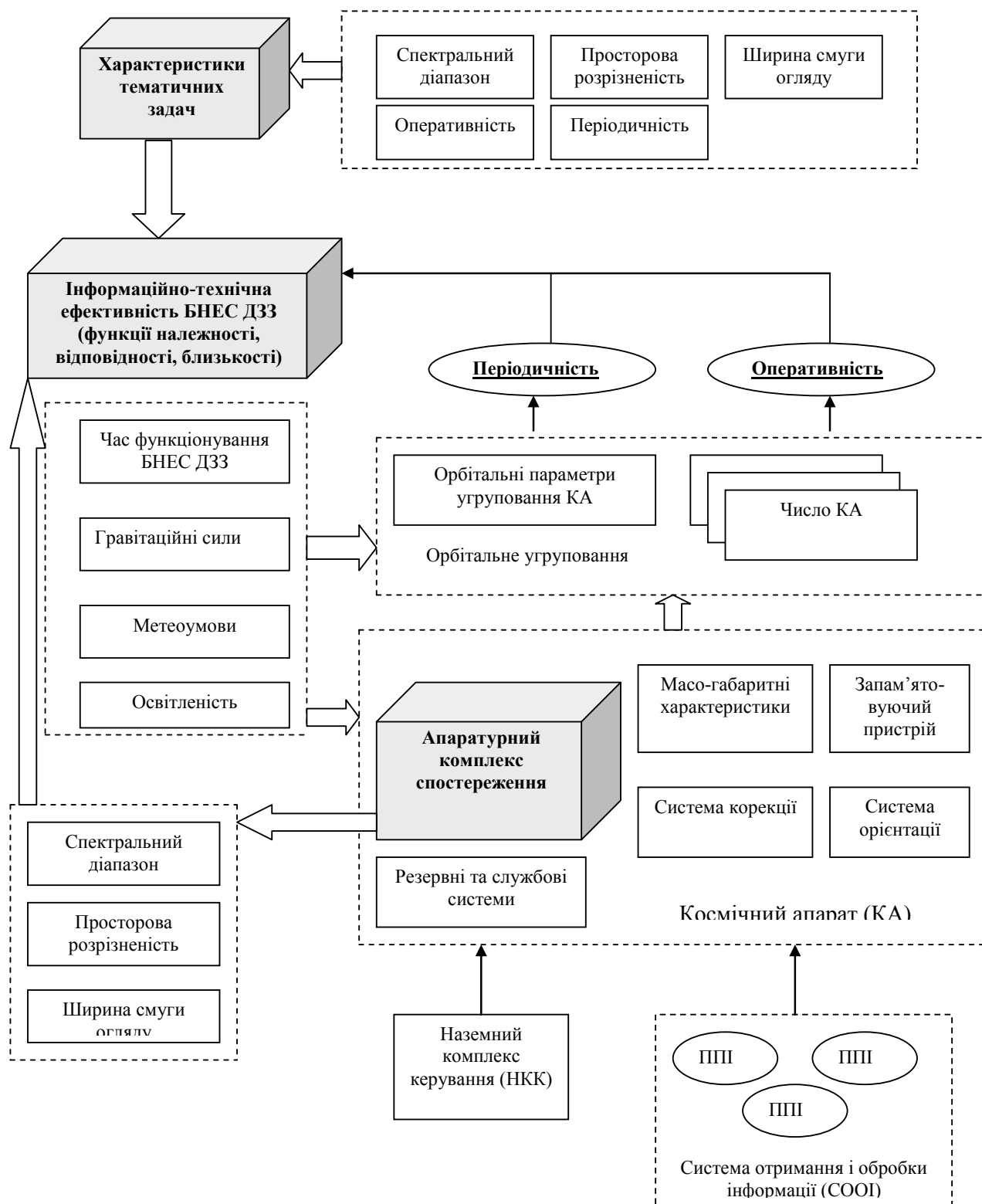


Рис.1. Структурна схема БНЕС ДЗЗ

Ця структурна схема БНЕС ДЗЗ відрізняється повнотою факторів, що враховуються, містить у собі практично всі ті реальні властивості системи і зовнішнього середовища, що можуть вплинути на виконання цільової задачі в процесі функціонування БНЕС ДЗЗ подвійного призначення.

Схема доповнена блоком, що дозволяє оцінювати інформаційно-технічну ефективність БНЕС ДЗЗ за критеріями належності, відповідності і близькості параметрів космічної системи характеристикам необхідним для виконання задач, підпрограм і програм ДЗЗ в цілому, тим самим підвищуючи коректність вирішення проблеми формування й оцінки ефективності БНЕС ДЗЗ подвійного призначення у порівнянні з відомими моделями.

Дослідження системи за допомогою розробленої схеми, незважаючи на велику розмірність, може бути спрощено, оскільки схема є модульною, що дозволяє при дослідженні кожного рівня враховувати нижні рівні тільки їх вихідними параметрами. Крім того, з'являється можливість дослідження моделей різних рівнів.

Визначення ряду характеристик системи можливо тільки алгоритмічно або імітаційним моделюванням. Разом з високою розмірністю це свідчить про велику складність вирішення проблеми формування й оцінки ефективності БНЕС ДЗЗ подвійного призначення. Подолати цю складність можливо тільки при використанні для дослідження складних систем декомпозиції, імітаційного підходу, а також оптимізаційно-ітераційних методів [3], серед яких добре зарекомендував себе генетичний алгоритм.

Література

1. *Воронин А.Н. и др.* Сложные технические и эргатические системы: Методы исследования. – Харьков: Факт, 1997. – 240 с.
2. *Гарбук С.В., Гершензон В.Е.* Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
3. *Лебедев А.А., Нестеренко О.П.* Космические системы наблюдения: синтез и моделирование. – М.: Машиностроение, 1991. – 224 с.
4. Основы синтеза систем летательных аппаратов. Под ред. А.А. Лебедева. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.
5. *Циркун А.Д.* Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 200 с.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ НАДІЙНИЙ ПРОТОКОЛ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДЛЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ СЕНСОРУ

Козленко М.М., Слюсарчук В.К.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: Nick.Kozlenko@gmail.com

Location based energy-efficient reliable routing protocol for wireless sensor networks

Minimizing Energy consumption is considered as one of the most important principles in the development of routing protocols for Wireless Sensor Networks (WSN). In this study, we propose a Location based Energy-Aware Reliable routing protocol (LEAR) for WSN based on sensor position and clustering. A comprehensive simulation study illustrates that the lifetime of WSN can be consequentially extended with LEAR. Finally, LEAR algorithm has been developed, tested and validated through a set of experiments to illustrate the relative advantages and capabilities of a proposed algorithm

Мінімізація споживання енергії вважається одним з найважливіших принципів у розробці протоколів маршрутизації для бездротових сенсорних мереж (БСМ) (Wireless Sensor Networks (WSN)). У цьому дослідженні, ми пропонуємо енергоефективний надійний протокол маршрутизації на основі визначення місця розташування сенсору (Location based Energy-Aware Reliable routing protocol (LEAR)) для БСМ на основі розташування сенсору та кластеризації. Протоколи на основі географічної маршрутизації є ефективними та зручними, адже забезпечують оптимальне споживання енергії та використання смуги пропускання. Більшість існуючих протоколів на основі географічної маршрутизації використовують маршрутизацію, яка виконується виходячи з наявних на поточному етапі даних, для передачі пакетів від відправника до одержувача. Для покращення алгоритму маршрутизації пропонується використовувати географічну маршрутизацію, що є ефективною і надійною для БСМ.

Комплексне дослідження показує, що час працездатності БСМ можна збільшити з використанням LEAR. Таким чином, алгоритм LEAR був розроблений та випробуваний через набір експериментів, щоб проілюстрували відносні переваги та можливості запропонованого алгоритму.

Маршрутизація з пункту до пункту. Особливістю протоколу LEAR є визначення інформації про місцезнаходження сенсорів для того, щоб зробити механізм маршрутизації більш ефективним. Кожен вузол відправляє його координати місця розташування до своїх сусідів. Інформація про місцезнаходження сенсорів, яка була використана в алгоритмі LEAR може бути вилучена з пристроїв, таких як Глобальна система позиціонування (GPS). Кожен вузол в цьому географічному районі розпочинає створення своєї таблиці маршрутизації на основі відстані до його сусідів. Як і в інших алгоритмах маршрутизації, в LEAR кожен вузол приймає рішення про передачу повідомлення для обраного кандидата. Якщо вузол, у якому знаходиться повідомлення, вирішить не передавати його заданому кандидату, наступний кандидат вибирається з таблиці маршрутизації і приймається нове рішення щодо маршруту передачі повідомлення.

Вузол приймає рішення про шляхи передачі, ґрунтуючись на положенні своїх сусідів. Після того, як вектор відстані конструюється для кожного вузла, він порівнює локалізацію всіх сусідів для прийняття рішення про передачу повідомлення в наступний пункт призначення. Вузол джерела передає повідомлення до сусіда, який має найкоротшу відстань до пункту передачі повідомлення. Багато різних концепцій близькості були

запропоновані для даного контексту, але найбільш загальний підхід - порівняння евклідових відстаней і вибір найкоротшого шляху до вихідного вузла. Цей процес повторюється для кожного активного вузла, поки повідомлення не досягне місця призначення.

Покращення прагнучої переадресації. Питання використання енергетичних ресурсів повинні бути розглянуті при дизайні будь-якої телекомунікаційної системи. Кожен вузол мережі живиться своєю батареєю і має дуже низькі енергетичні ресурси. Завдяки цьому принцип оптимізації енергії складніший в сенсорних мережах, тому що вона включає в себе не тільки механізми зниження споживання енергії, але і продовження терміну служби мережі якомога довше. Це може бути досягнуто шляхом розгляду енергетичного питання в кожній фазі конструкції та експлуатації. Для цієї мети обраний алгоритм покращеної прагнучої передачі (Enhanced Greedy Forwarding (EGF)), щоб бути ядром протоколу LEAR. Більшість існуючих географічних протоколів маршрутизації використовують алгоритм прагнучої маршрутизації для передачі пакетів від джерела до одержувача.

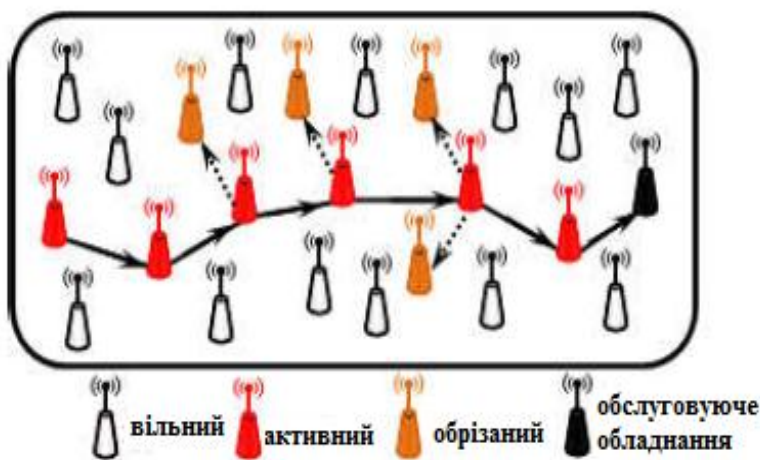


Рис.1 Покращення жадібної маршрутизації

Вибором найкоротшої географічної відстані до наступного вузла відбувається мінімізація споживання енергії передачі. Як показано на рис. 1, покращення жадібного алгоритму досягається за рахунок вибору тільки найближчих вузлів в маршрутизації на шляху до місця призначення та обрізки всіх вузлів в зворотному маршруті. Обрізка вузлів в напрямку активного вузла мінімізує кількість хопів, щоб дістатися до обслуговуючого обладнання призначення і, отже, зводить до мінімуму споживання енергії. Таким чином, термін служби мережі збільшується в результаті збільшення кількості енергетичних вузлів і зберігається більше енергії.

LEAR на основі кластеризації. У LEAR, датчики розміщені випадковим чином в

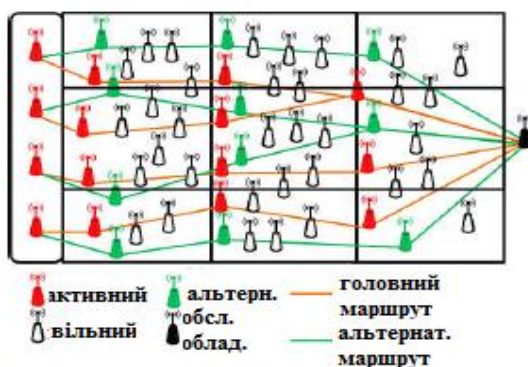


Рис. 2 Протокол LEAR на основі кластеризації

Алгоритм прагнучої маршрутизації є простим, ефективним і масштабованим підходом до географічної маршрутизації. Це якісне використання топологічних змін, тому що вузол може приймати правильні рішення передачі пакету не вимагаючи оновлення стану вузлів на етапі наступного хопу.

Протокол EGF вибирає найближчий вузол в напрямку наступного активного вузла, виходячи з його досяжності.

кластерній географічній області. Як показано на рис. 2, кожен кластер містить випадкове число датчиків. Кластеризаційний або ієрархічний протокол маршрутизації пропонує ефективне використання енергетичного запасу для алгоритму сенсорних мереж.

Наприклад, в LEACH (Akkaya and Younis, 2005), один вузол для кожного кластера випадково обирається головним в кластері

Кожен головний вузол кластера збирає і з'єднує в одне ціле всі дані, які він отримує від вузлів одного кластера і пересилає зібрані дані відразу до обслуговуючого обладнання (гейтвея). Вибір головного вузла кластеру заснований на певній апріорній вірогідності кластерних голів для мережі і кількість разів, які вузол був головою кластера досі. Після закінчення нового вибору голови кластеру, новий вузол посилає кожному з решти вузлів кластера повідомлення.

З іншого боку, в LEAR немає вузлів, які визначені як голови кластера, а саме вузлів, які розташовуючись максимально близько до джерела, вибираються як вузли наступного переходу. В одному кластері, більш ніж один вузол може бути обраний в якості цільового вузла. Крім того, LEAR зважає на те, що всі вузли містять неоднакову кількість енергетичних потужностей на кожному з етапів.

Досить важливо, щоб кожен вузол мав достатню потужність передачі для того, щоб безпосередньо увійти в контакт з управляючим вузлом, якщо буде потрібно. Вузол на якому знаходиться пакет повинен тільки бути в курсі розташування своїх сусідів. При цьому пакети перенаправляються на місцевому рівні, виходячи з наявних на поточному етапі даних до сусіда, найближчого до джерела, як до наступного пункту в наступному кластері.

Кожен раз, відстань до наступного вузла порівнюється з відстанню до обслуговуючого обладнання, якщо вона більше, ніж відстань до обслуговуючого обладнання, пакети пересилаються безпосередньо до обслуговуючого обладнання замість наступного пункту призначення вузла.

Оцінка ефективності. У цьому розділі оцінюється продуктивність протоколу LEAR через набір експериментів і моделювань.

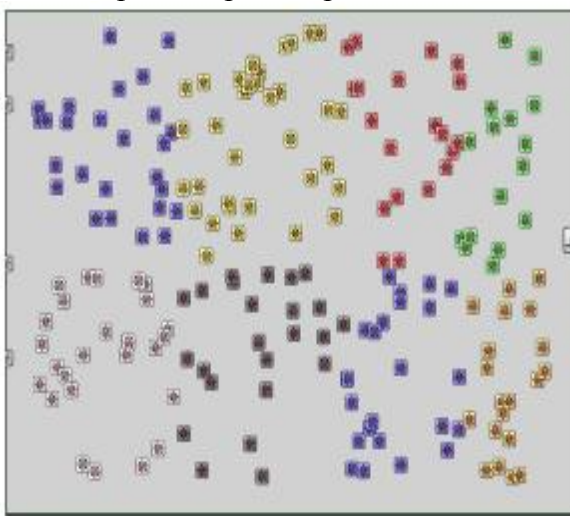


Рис.3. Бездротова сенсорна мережа

Як показано на рис. 3, двісті сенсорних датчиків розгорнуті в довільному районі розміром $800 \times 1000 \text{ м}^2$ і використовуються в експериментах.

Всі вузли розташовані у вісьмох кластерах випадковим чином. Для моделей використовується дискретний симулятор подій OMNET ++. Генеруються і оцінюються можливі випадкові та стандартні сценарії для моделювання.

Для моделювання, що наведено нижче, був розглянутий CBR трафік з розміром корисного навантаження встановленим на 100 байт. Кожна модель працює протягом 2000 с.

Ключовими показниками ефективності є час працездатності мережі, затримка між вузлами та пропускна здатність. Численний набір моделювань було зроблено для трьох протоколів маршрутизації LEAR, LEACH та EGF, для демонстрації переваги пропонованого алгоритму LEAR.

Вимірювання часу працездатності мережі. На рис. 4 і 5 показано різницю часу працездатності мережі з використанням протоколів LEAR, LEACH та EGF, що вкрай важливо для бездротової сенсорної мережі. Зазначимо, що споживання енергії значно знижується при реалізації протоколу маршрутизації LEAR. Саме він продовжує термін служби мережі значно довше, ніж інші існуючі протоколи, такі як LEACH та EGF. Протокол LEAR має переваги в результаті балансування навантаження, тому що не один вузол не буде обраний в якості голови кластера, більше одного вузла може бути обрано при побудові найкоротшого шляху до місця призначення. У кожному кластері,

навантаження було розподілено між вузлами, які мають короткі відстані до обслуговуючого вузла.

Також LEAR є більш надійним з точки зору споживання енергії, так як має меншу кількість вузлів не використовуваних в порівнянні з алгоритмами LEACH та EGF. Таким чином, він забезпечує більший термін служби датчиків в мережі, порівняно з використанням LEACH та EGF алгоритмів.

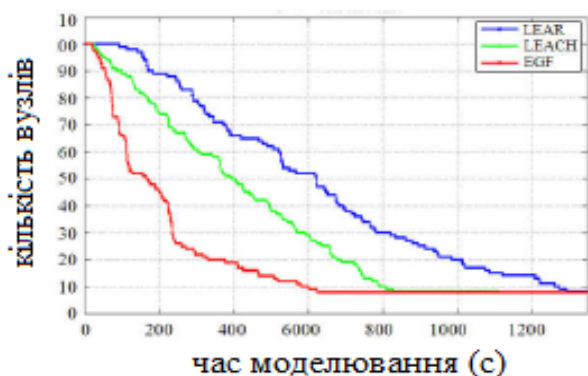


Рис. 4 Network lifetime comparison for 100 nodes

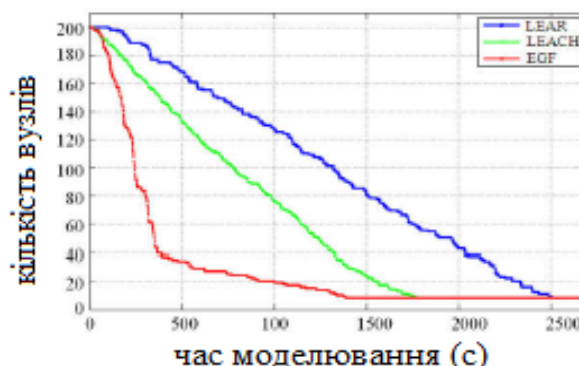


Рис. 5 Network lifetime comparison for 200 nodes

Пропускна здатність. На рис. 6 і 7, графічно зображено порівняння загальної пропускної здатності мережі для трьох протоколів. Як показано на рисунках, LEAR є кращим в доставці даних у порівнянні з LEACH та EGF протоколами. Успішна доставка пакетів з використанням LEAR становить 50%, в той час як при використанні LEACH та EGF тільки 20% відправлених пакетів досягли місця призначення. Цей результат досягнуто за рахунок альтернативного вибору вузлів для передачі пакетів і балансування навантаження.

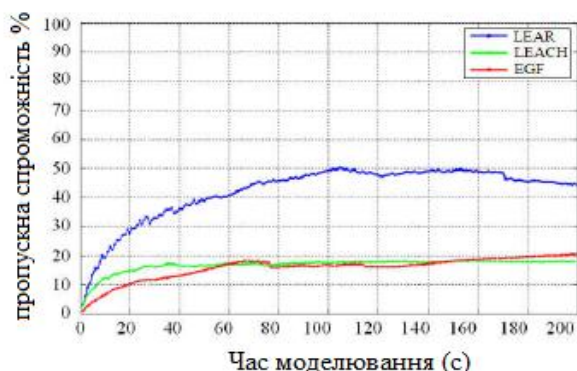


Рис.6.Порівняння пропускної здатності для 100 вузлів

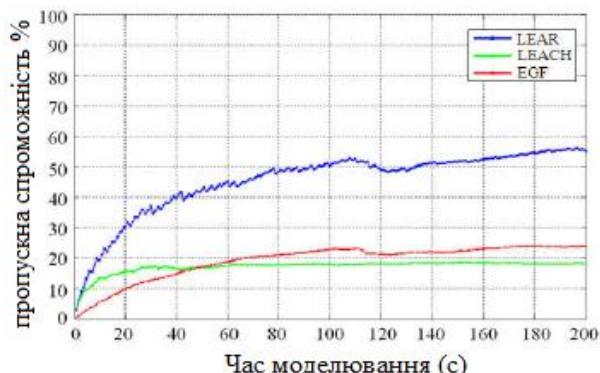


Рис.7.Порівняння пропускної здатності для 200 вузлів

Висновки. Оригінальність запропонованого протоколу полягає в поліпшеній передачі інформації на основі наявних на поточному етапі даних та кластерній структурі. LEAR дозволяє покращити гнучкість мережі, час працездатності, затримки між кінцевими вузлами і підтримує балансування навантаження протягом всього маршруту. Споживання енергії є найважливішим питанням, яке було прийнято до уваги при дослідженні. Було проведено порівняння між LEAR та протоколом LEACH, щоб продемонструвати вигідні аспекти запропонованого протоколу. Було відзначено, що LEAR набагато ефективніше продовжує термін роботи мережі та швидкість доставки даних в порівнянні з іншими існуючими протоколами.

Література

1. Akkaya, K. and M. Younis, 2005. A survey on routing protocols for wireless sensor networks. Elsevier Ad Hoc Networks, 3: 325-349.
2. Алгулиев Р.М. Сенсорные сети: состояние, решение и перспективы / Р.М.Алгулиев, Т.Х. Фаталиев, Б.С. Агаев, Т.С. Алиев // ISSN 1684-2588 Телекоммуникации. Ежемесячный научно-технический информационно-аналитический и учебно-методический журнал. — 2007. — № 4. — С. 27—32.
3. Akyildiz, I.F., W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, 2002. A survey on sensor networks. Commun. Magazine, IEEE., 40: 102-114.

УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПО МНОЖЕСТВУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ МНОГОПУТЕВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ

Лемешко А.В., Евсеева О.Ю., Хасан А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

E-mail: avlem@ukr.net, evseeva.o.yu@gmail.com

A conditions for assurance of multiple QoS metrics by multipath routing in multiservice network

Tensor approach to multipath routing allows formulating analytical boundary conditions for ensuring required quality of service under multiple metrics (rate, average delay and packet loss probability) at same time. Numerical research results show implementation of the conditions allows decreasing end-to-end delay, increasing delivery rate, minimizing packet jitter caused by the multiple paths, increasing the probability of ensuring QoS-requirements.

Важнейшей задачей современных мультисервисных сетей является обеспечение качества обслуживания (Quality of Service, QoS) запросов пользователей. При этом циркулирующий в сети трафик достаточно разнороден ввиду того, что он генерируется в интересах множества пользовательских и сетевых приложений. Отдельные потоки сетевого трафика также по-разному чувствительны к отдельным показателям качества обслуживания: мультимедийные потоки традиционно более критичны к средней задержке и джиттеру пакетов, а данные – к уровню потерь пакетов [1].

При обеспечении качества обслуживания из конца в конец (end-to-end QoS) ключевая роль принадлежит протоколам маршрутизации, именно на них возлагается функция по выбору маршрута (маршрутов), вдоль которых бы значения ключевых QoS-показателей были не хуже допустимых. С точки зрения практики наиболее предпочтительным является реализация многопутевой маршрутизации, способствующей сбалансированной загруженности сети. В этой связи, актуальной представляется задача, связанная с формулировкой условий обеспечения качества обслуживания одновременно по множеству QoS-показателей, которые бы использовались в ходе реализации многопутевой маршрутизации.

Вывод искомых условий основан на тензорной потоковой модели сети, описывающей процесс многопутевой маршрутизации с учетом возможных потерь пакетов на маршрутизаторах сети. При этом условия сохранения потока в узлах мультисервисной сети приняли вид [2]:

$$\begin{cases} \sum_{j:(i,j) \in V} x_{(i,j)}^k = 1 \text{ при } k \in K, i = s_k; \\ \sum_{j:(i,j) \in V} x_{(i,j)}^k - \sum_{j:(j,i) \in V} x_{(j,i)}^k (1 - p_{(j,i)}) = 0 \text{ при } k \in K, i \neq s_k, d_k; \\ \sum_{j:(j,i) \in V} x_{(j,i)}^k (1 - p_{(i,j)}) = \varepsilon^k \text{ при } k \in K, i = d_k, \end{cases} \quad (1)$$

где $0 \leq x_{(i,j)}^k \leq 1$ – множество маршрутных переменных, каждая из которых характеризует долю интенсивности k -го потока, направленного с i -го на j -й узел через соответствующий, т.е. j -й интерфейс; $p_{(i,j)}$ – вероятность потерь пакетов на j -м интерфейсе i -го узла по причине его перегрузки; K – множество потоков в сети; s_k – узел-отправитель и d_k – узел-получатель для пакетов k -го потока; ε^k – доля k -го потока, обслуженного сетью, т.е. пакеты которого успешно доставлены до узла-получателя.

Вероятность потерь пакетов $p_{(i,j)}$ может быть рассчитана при моделировании интерфейса той или иной системой массового обслуживания (СМО) с отказами, например $M/M/1/N$ или $SS/M/1/N$. При использовании СМО с отказами вида $M/M/1/N$ вероятность потерь пакетов может быть рассчитана как

$$p = p(q < \Theta_{\text{буф}}) = \frac{(1-\rho)\rho^N}{1-\rho^{N+1}},$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\Phi}$ – коэффициент загрузки канала; q – текущая средняя длина очереди; $N = \Theta_{\text{буф}} + 1$ – максимальное количество пакетов, которое может находиться на интерфейсе, включая буфер ($\Theta_{\text{буф}}$) и сам канал; λ – пакетная интенсивность суммарного потока в рассматриваемом канале, 1/с. В этой связи, система (1) в общем случае представляется нелинейными уравнениями.

Для обеспечения управляемости процессом борьбы с перегрузкой каналов и очередей в структуру модели вводятся следующие ограничения:

$$\lambda_{(i,j)} < \Phi_{(i,j)},$$

где $\lambda_{(i,j)} = \sum_{k \in K} \lambda_k^{\langle mp\delta \rangle} x_{(i,j)}^k (1 - p_{(i,j)})$ – суммарная интенсивность потока в

канале между i -м и j -м маршрутизаторами сети; $\lambda_k^{\langle mp\delta \rangle}$ – требуемая интенсивность k -го потока; $\Phi_{(i,j)}$ – пропускная способность канала между i -м и j -м маршрутизаторами сети.

В рамках тензорной модели условие обеспечения качества обслуживания по показателю надежности доставки пакетов имеет вид

$$\sum_{j=2}^{\phi} \lambda_{\eta}^j \leq \lambda^{\langle mp\delta \rangle} p_{\langle don \rangle}. \quad (2)$$

где $\lambda_{\eta}^i = \sum_{j=1}^{R_i} \lambda^{\langle mp\delta \rangle} x_{(i,j)} p_{(i,j)}$, R_i – общее число выходных интерфейсов на i -м маршрутизирующем узле; ϕ – число транзитных узлов для данного потока.

Тогда условие, связывающее ключевые параметры мультисервисной сети, характеристики потоков и QoS-показатели, выглядит следующим образом:

$$\lambda^{\langle mp\delta \rangle} (1 - p_{\langle don \rangle}) \leq G_{\pi\eta}^{\langle 4,2 \rangle} \left[G_{\pi\eta}^{\langle 4,4 \rangle} \right]^{-1} \Lambda_{\eta-1} + \left(G_{\pi\eta}^{\langle 4,1 \rangle} - G_{\pi\eta}^{\langle 4,2 \rangle} \left[G_{\pi\eta}^{\langle 4,4 \rangle} \right]^{-1} G_{\pi\eta}^{\langle 4,3 \rangle} \right) \tau_{\langle don \rangle}, \quad (3)$$

где $\tau_{\langle don \rangle}$ – допустимая межконцевая средняя задержка; $p_{\langle don \rangle}$ – допустимая вероятность потерь пакетов; метрические матрицы $G_{\pi\eta}^{*,*}$ определяются на основе особенностей структурного построения сети, принятых моделей потока и обслуживания пакетов на маршрутизаторах сети [3].

Выполнение условий (2)-(3) позволяет обеспечить качество обслуживания по скорости (интенсивности) потока, средней задержке и вероятности потерь пакетов в ходе реализации многопутевой стратегии маршрутизации.

Выводы. Получены в аналитическом виде условия обеспечения качества обслуживания по множеству разнородных показателей (скорости потока, средней задержке и вероятности потерь пакетов) при реализации многопутевой маршрутизации в мультисервисных сетях. Ранее учет QoS-показателей в существующих протоколах маршрутизации осуществлялся преимущественно путем формирования интегральных (композитных) маршрутных метрик, что не обеспечивало дифференциацию качества обслуживания по отдельным потокам и показателям. Использование же условий (2)-(3) позволяет придать процессам маршрутизации функции обеспечения заданных значений разнородных показателей качества обслуживания.

Литература

1. Багатоканальний електровз'язок та телекомунікаційні технології: Підручник У 2-х ч. Ч. 1 / О.В. Лемешко, В.В. Поповський, В.А. Лошаков та ін., за ред. В.В. Поповського. – Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2010. – 470 с.
2. Лемешко А.В., Евсеева О.Ю., Гаркуша С.В. Потокковая модель маршрутизации с учетом потерь пакетов на узлах телекоммуникационной сети // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2013. - № 2. - С. 52-60.
3. Лемешко А.В. Тензорная модель многопутевой маршрутизации с гарантиями качества обслуживания одновременно по множеству разнородных показателей [Электронный ресурс] / А.В. Лемешко, О.Ю. Евсеева // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – № 4 (9). – С. 16 - 31. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_lemeshko_tensor.pdf.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Лень В.Е.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: vladymyrlen@gmail.com

The Determination of the Coordinates of a Wireless Sensor Network

The decision of task is to determinate of the coordinates of a wireless Sensor network by the methods ToA and RSSI. In this paper were considered the advantages ad disadvantages of these methods and were described dependence on the distance error by these methods.

В последние годы во всем мире все более пристальное внимание привлекают к себе «беспроводные сенсорные сети» («Sensor Networks», далее просто сенсорные сети). Основным их отличием от классических радиосетей является использование в качестве объектов сети большого числа сверхминиатюрных и дешевых устройств. Данный подход к формированию сети позволяет адаптировать сенсорные сети к решению чрезвычайно широкого спектра задач. В частности одним из основных применений сенсорных сетей является создание разнообразных систем мониторинга и контроля. Следует ожидать, что в недалеком будущем сенсорные сети займут свою весьма обширную нишу среди имеющихся телекоммуникационных технологий, использующих беспроводную радиосвязь.

Принципиальная возможность определения координат отдельных объектов сети делает эти системы еще более привлекательными благодаря удешевлению и уменьшению энергопотребления отдельных устройств (за счет отсутствия необходимости использовать датчики GPS), упрощению развертывания таких сетей (например путем разбрасывания устройств с летательной платформы), возможности использовать сенсорные сети в труднодоступных местах. При этом следует отметить, что определение координат на сегодняшний день является неотъемлемой частью многих беспроводных ТКС, в частности сетей сотовой связи, однако несмотря на одинаковые принципы определения координат в силу специфики сети вопросы определения координат в них решаются по разному.

Учитывая потребность в радиосвязи, ориентированной на устройства с низким энергопотреблением организацией IEEE был принят стандарт IEEE 802.15.4, в котором определены физический и канальный уровни стека сетевых протоколов в беспроводных сетях, отвечающих данным запросам. Поскольку в Украине не лицензирован только диапазон 2.4 ГГц, то в данном диапазоне можно определить 16 каналов шириной 5 МГц с несущими частотами, определяемыми из соотношения:

$$F_c = 2505 + 5(k-1) \text{ МГц}, k = 1, \dots, 16.$$

Скорость передачи в каждом канале составляет 250 кбит/с. Кроме того на физическом уровне определены возможности включения/выключения приемопередатчика, оценка уровня помех в канале, прием/передача данных, оценка уровня принимаемого сигнала.

Рассматривая сетевой уровень ZigBee определены механизмы маршрутизации и управления сетью (формирования логической топологии сети). Уже на сетевом уровне может быть определена информация, указывающая на местоположение мотов в сети:

- Содержание таблиц маршрутизации (список близлежащих объектов сети - «соседей»);
- Оценки уровня принимаемого сигнала (по которым можно оценить расстояние до ближайшего узла);
- Информация о координатах «соседей» (если таковы известны).

По этой информации можно попытаться оценить географические координаты объекта сети. Поскольку эти данные применимы для определения местонахождения любых узлов в беспроводной ТК сети, то определим дополнительные ограничения исходя из специфики сенсорных сетей:

- Более высокие ошибки в оценках расстояний;
- Большая плотность сети (исходя из небольших размеров устройств и их требований к малому энергопотреблению).

Для решения задачи поиска координат в сенсорной сети предложен ряд алгоритмов, наиболее известные из которых: APS, MDS, ABC, AFL. Однако реализация данных алгоритмов требует наличие датчиков GPS, которые дополнительно расходуют энергию, а также не используют приведенную выше информацию (см. 1 - 3), но при этом требуют дополнительную информацию от узлов, что создает дополнительную нагрузку на сеть. Таким образом, мы пришли к противоречию: использовать алгоритмы определения координат с помощью датчиков GPS, увеличивая энергопотребление, или же увеличить нагрузку на сеть.

Исходя из эмпирических исследований в различных системах компьютерного моделирования, можно судить, что предпочтительны методы:

- *ToA (Time-of-Arrival)* - измерение расстояния на основе измерения времени распространения сигнала от передатчика до приемника;
- *RSSI (Received-Signal-Strength-Indicator)* - измерение расстояния на основе измерения мощности принимаемого сигнала.

Метод ToA заключается в том, что роутер посылает запрос на другой узел, получает ответный сигнал и определяет время его задержки. Полная задержка складывается из аппаратных задержек при обработке принятого сигнала и формировании ответного сигнала и времени распространения между узлами. Поскольку технические задержки известны с хорошей точностью, то их можно вычесть из полного значения, и оставшаяся величина будет характеризовать время пролета сигнала между приёмником и передатчиком. Умножив половину времени задержки на скорость распространения света, получим расстояние между узлами сети. В этом методе обеспечивается линейная связь между расстоянием и измеряемой величиной, и абсолютная точность измерения не зависит от расстояния. Реально этот метод эффективен в полном диапазоне дальности работы (обычно сотни метров).

Измерение методом RSSI производится следующим образом. Приёмник с логарифмической амплитудной характеристикой принимает сигналы, по которым встроенный индикатор RSSI формирует 8- разрядный код RSSIVAL. Этот код получается в результате усреднения по восьми периодам (128 мкс) принятого сигнала и снабжается битом состояния, указывающим, когда RSSIVAL является валидным (т.е. приемник имел возможность принять по крайней мере восемь

периодов). Поскольку в идеальных условиях мощность обратно пропорциональна квадрату расстояния, то логарифм мощности просто пропорционален расстоянию с некоторым коэффициентом, который устанавливается эмпирически. Данный подход реализуется микроконтроллером фирмы TI серии CC2431. Однако этому методу присущи ряд ограничений:

- Быстрые и медленные замирания сигналов на трассе из-за измерения условий распространения радиоволн;
- Многолучевое распространение вследствие отражений от различных металлических предметов;
- Разброс выходной мощности передатчиков и чувствительности приемников;
- Влияние ориентации антенн из-за неравномерности диаграммы направленности.

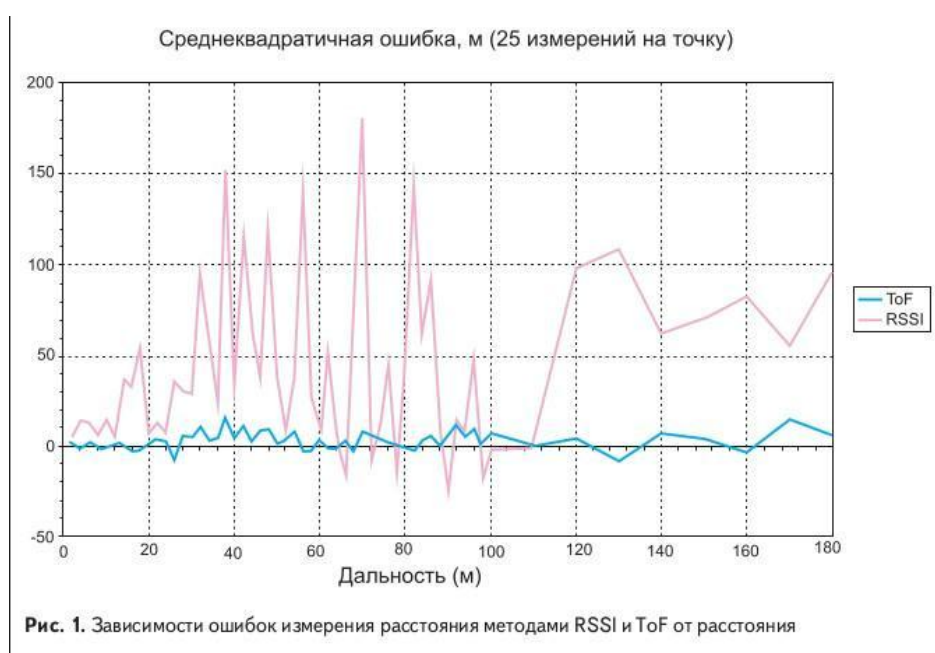


Рис. 1. Экспериментальные результаты измерений расстояния методами RSSI и ToA

На рис. 1 приведены экспериментальные результаты измерений расстояния методами RSSI и ToA, полученные в сети из микроконтроллеров JN5148. Каждая точка на графике определена путем усреднения 25 измерений. Из графиков видно, что погрешности при использовании метода ToA существенно меньше, чем при RSSI, в котором уже на дальностях более 20 м ошибки измерений превышают само значение дальности. [2]

Таким образом, в данной работе были путем моделирования были выбраны более предпочтительные методы ToA, RSSI. Путем эмпирических исследований представленный алгоритм ToA существенно выигрывает у алгоритма RSSI по критерию минимизации ошибок измерения расстояния.

Литература

1. “Определение координат в беспроводных сенсорных сетях”, автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Иванов Е.В.
2. «Компоненты семейства 802.xx», Расширение возможностей беспроводных сетей ZigBee: измерение координат узловб Александр Еркин, к.т.н.
3. <http://www.jennic.com>.

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РЕТРАНСЛЯЦІЇ В БЕЗПРОВОДОВІЙ МЕРЕЖІ, ПОБУДОВАНОЇ НА ТЕХНОЛОГІЇ LTE-ADVANCED

Маловичко Н.О., Алексеева І.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail:

Optimization method of relaying in a wireless network based on the technology of LTE-Advanced

Basic research methods common problem - a method of system analysis and mathematical modeling. System analysis methods are used for efficient network decomposition into separate entity, the allocation of functional loading, structural relationships and behavior, and aggregation considered separate entities into one system, describing the structural relationships between them in the system. To implement the proposed methods of relaying used methods of mathematical modeling using the software.

Характерні риси сучасного світу – широке використання рухомого зв'язку, надійність та якість якого залежить від місцевості, погодних та електромагнітних умов. Для забезпечення належного рівня послуг абонент має бути впевненим, що зв'язок буде надано в будь-якому місці в будь-який час. Саме для досягнення цієї мети зусилля спрямовуються на побудову мереж 4G з використанням технології LTE, що найбільш відповідає вимогам до бездротових технологій четвертого покоління, в яких швидкості передачі даних значно перевищують швидкості існуючих мереж.

Однією з важливих задач розвитку широкосмугового радіодоступу є підвищення пропускної здатності такої мережі та розширення області її радіопокриття. Одним із рішень задачі є розробка багатопролітної ретрансляційної системи, що потребує введення в мережу ретрансляційних станцій (РС).

LTE – система мобільного зв'язку зі значною смугою пропускання (до 20МГц), низькими показниками затримки і пакетною оптимізованою технологією радіо доступу, що забезпечує високі максимальні швидкості висхідного та низхідного потоків даних.

Мережі нового покоління потребують деяких змін існуючих систем. Найбільш очевидним рішенням досягнення високих швидкостей є збільшення кількості базових станцій, що є невиправданим з точки зору витрат при розгортанні мережі. Група 3GPP-LTE-Advanced пропонує ретрансляцію сигналу між базовою та мобільною станціями через багатопролітну систему із введенням в мережу фіксованих ретрансляційних станцій.

Розглянуто однонаправлена та двонаправлена ретрансляції і ретрансляція виду «зі спільною РС». Однонаправлена модель містить одну РС на сектор для обслуговування абонентів лише цього сектору, ретрансляція «зі спільною РС» - абонентів трьох секторів в суміжних стільниках.

Двонаправлена модель ретрансляції включає одну підсилювальну РС на сектор; можлива одночасна передача в прямому та зворотному каналах.

З метою забезпечення підтримки гнучкої й надійної ретрансляції, у цей час прийняті архітектурні структури мереж LTE повинні бути модифіковані. Поняття архітектури LTE розширюється, розглядаючи забезпечення динамічної ретрансляції, при збереженні сумісності з користувальницьким обладнанням LTE релізу 8 і без обмеження гнучкості й надійності, очікуваної від ретрансляції. При динамічній ретрансляції, транспортування може бути пов'язане із БС скоріше як з необхідною базою, а не у фіксованій формі, що заснована тільки на первісному плануванні радіопокриття. Також наведені пропозиції щодо подальшого покращення транспортування мережі за рахунок забезпечення множинних інтерфейсів між ретрансляційними вузлами і їхнім керуванням БС, які, як варіант, можуть бути засновані на технологіях відмінних від LTE, тобто може бути реалізоване балансування навантаження.

На рис.1 показана архітектура мережі LTE-Advanced зі статичним розгортанням РС. Шлюзи мають ряд функцій, таких, як підтримка сигналізації, мобільність і базова установка/обслуговування. У зв'язку із природою ретрансляції, мобільна станція з'єднана або прямо з базовою станцією, або з РС, але не з обома одночасно. Весь трафік, призначений для ретрансляційної мобільної станції завжди направляється до донорної базової станції, що підтримується РС шлюзами й направляють потім до РС через донорні базові станції.

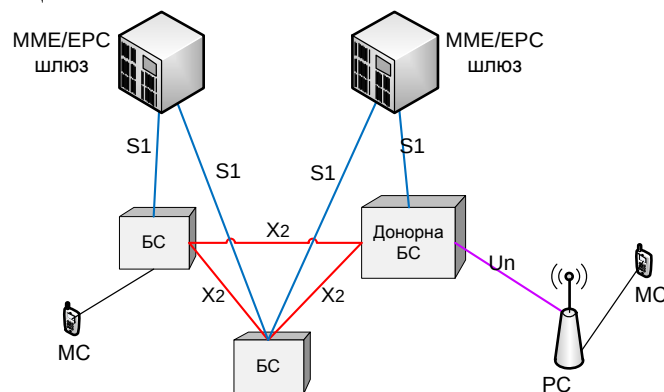


Рис. 1. Архітектура ратрансляції мережі LTE-Advanced з фіксованими РС

Для того, щоб ввести з'єднання багато-до-багатьох між РС та базовою станцією, РС повинна бути з'єднана з багатьма базовими станціями інтерфейсом Un або з одною донорною базовою станцією, яка розподілятиме дані по сусіднім базовим станціям через інтерфейс X2.

На рис. 2, а зображені РС з різними інтерфейсами, транспортний канал використовує безпроводний інтерфейс LTE-Advanced, тоді як канал доступу

між PC та мобільною станцією безпроводний на основі релізу 8 про технологію LTE для сумісності. На рис. 2, б запропонована архітектура, в якій в транспортному каналі PC доступні різні інтерфейси (Ib2 - Ibp) окрім повітряного інтерфейсу LTE-Advanced. Багаторежимні PC можуть взаємодіяти зі звичайними PC, так як ті потребують лише радіоінтерфейс LTE-Advanced.

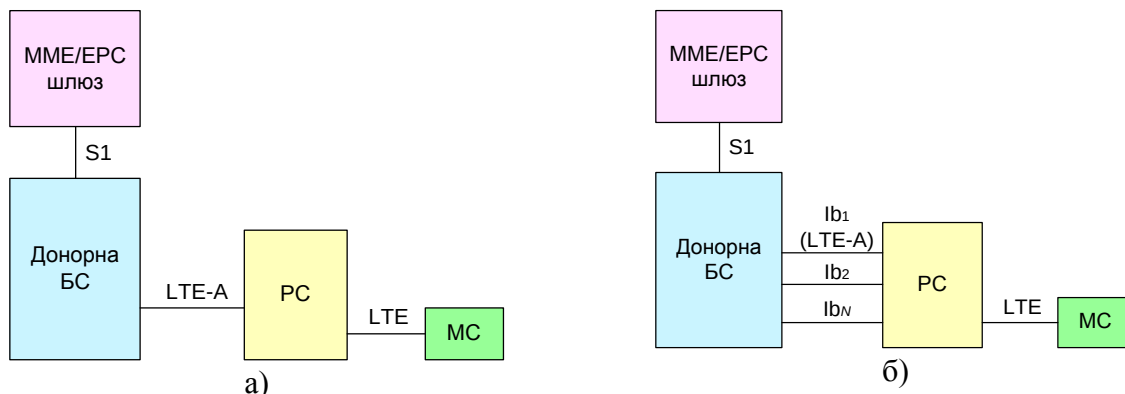


Рис. 2. Ілюстрація багатьох режимів роботи PC – базова станція

Як і PC, «фемтостільник» може працювати в декількох режимах:

1. Може використовуватись Інтернет як альтернативний інтерфейс до LTE-Advanced інтерфейсу; дані для абонентів будуть перенаправлятись від базової станції до PC через основну мережу та Інтернет, а PC відповідній мобільній станції через радіоінтерфейс LTE-Advanced (і відповідно для зворотного каналу).

2. Даний інтерфейс може використовуватись для балансування навантаження, де деякі канали будуть обслуговуватись через Інтернет, а решта через радіоінтерфейс LTE-Advanced.

Можливе використання як самостійний «фемтостільник», де PC прямо підключена через S1PC до основної мережі оператора.

Таким чином, побудована модель дослідження методів ретрансляції та відповідні математичні моделі однонаправленої, двонаправленої ретрансляції та ретрансляції виду «зі спільною PC, одержані залежності сумарної швидкості абонентів до потужності ретрансляційної станції та проаналізовані відносні переваги запропонованих методів ретрансляції, подане рішення підвищення пропускної здатності безпроводової мережі шляхом реалізації запропонованих методів ретрансляції (однаправленої, двонаправленої ретрансляції та ретрансляції виду «зі спільною PC») на прикладі перспективної мережі, згідно вимог, описаних в рекомендаціях MCE, LTE-Advanced.

Література

1. Ільченко М. Ю., Кравчук С. О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. – К.: Наукова думка, 2009. – 312 с.
2. S. Parkvall, E. Dahlman, A. Furuskar. LTE-advanced — evolving LTE towards IMT-advanced// Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference (VTC '08), - 2008. - P.5.
3. Вишне夫斯基 В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. – М.: Техносфера, 2009. – 115 с.

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ПОКАДРОВОГО КОДИРОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОДАННЫХ ПО РАДИОКАНАЛАМ С НИЗКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Наземнов В.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: nazetnow@gmail.com

Methods and algorithms for time-lapse video coding and transmission on a radio channel with a low bandwidth

To reduce the risk and consequences of disasters does not arise the need to use a variety of video surveillance systems. Gasket wiring in such areas is often not desirable or impossible. However, the video, shot directly from technological objects, is more informative for adoption ment decisions on the (accident) object. In addition, video can may be used to analyze the causes of the accident, subject to write on the specific carrier.

В последнее время в мире отмечается повышенный интерес к вопросам безопасности в различных сферах человеческой деятельности в связи с ростом риска природных и техногенных катастроф, террористических актов.

Для снижения риска и уменьшения последствий катастроф возникает необходимость использования различных систем видеонаблюдения. Прокладка проводных соединений в таких зонах часто нежелательна или же невозможна. Однако видеосигнал, снятый непосредственно с технологических объектов, обладает большой информативностью для принятия решения о состоянии (аварийности) объекта. Кроме того, видеосигнал может быть использован для анализа причин аварии, при условии его записи на специальный носитель.

В настоящее время известно большое число работ, посвященных проблеме сжатия информации. Отдельную группу составляют методы и устройства на их основе, предназначенные для сжатия данных изображений:

- JPEG/MotionJPEG (MJPEG);
- Стандарт H.261;
- Стандарт H.263;
- MPEG;
- MPEG-1, MPEG-2;
- MPEG-4.

В конце 80-х - начале 90-х годов были разработаны новые методики сжатия на основе вейвлет-преобразования, названные вейвлет-компрессией. В буквальном переводе с английского слово «wavelet» означает «маленькая волна». Название это объясняется формой графиков функций, используемых в вейвлет-анализе.

Кодирование с преобразованием содержит много общего с субполосным кодированием. Какое преобразование и по какому критерию выбирать, зависит от конкретной задачи. Ниже приводятся свойства, которые являются важными при кодировании изображений:

- Масштаб и ориентация;
- Пространственная локализация;
- Ортогональность;
- Быстрые алгоритмы вычисления.

Технологические объекты, на которых предполагается внедрение разрабатываемой системы видеонаблюдения, накладывают некоторые требования на организацию системы. Одним из требований является сохранение целостности конструкции объекта. Сверление дополнительных отверстий, например, для прокладки кабеля, чаще всего недопустимо или же нежелательно. В связи с этим, в качестве среды передачи данных наиболее подходящим является радиоканал. Из наиболее распространенных промышленных стандартов беспроводной связи на сегодняшний день следует выделить Wi-Fi (IEEE 802.11b и 802.11g), Bluetooth (IEEE 802.15.1) и ZigBee (IEEE 802.15.4). Области применения данных стандартов являются смежными с поставленной задачей. Для целей видеонаблюдения необходимо организовать передачу и запись видеосигнала с частотой кадров не превышающей 1 кадра в секунду и с разрешением, удовлетворяющим спецификации CIF (352x288) с использованием только яркостного канала. Таким образом, несжатый поток видео максимально может составлять $(352 \times 288) \times 8 = 811008$ бит/с. Для обеспечения безопасности и послеаварийного анализа случившегося необходимо в каждый момент времени хранить видеозапись объекта продолжительностью минимум 30 минут. Требуемый для этого объем памяти составляет приблизительно 174 Мбайт. В дальнейших исследованиях планируется разработать алгоритм сжатия, позволяющий сократить видеопоток до 100 Кбит/с и меньше.

Таким образом, вейвлет-преобразование играет роль, схожую с ДКП в алгоритме JPEG - декорреляция и упаковка наибольшей информативности в малое число коэффициентов (аппроксимация).

При высокой степени компрессии метод сжатия на основе вейвлет-преобразования может давать искажения, имеющие вид ряби вблизи резких границ, однако такие артефакты в среднем много меньше бросаются в глаза наблюдателю, чем «мозаика», создаваемая JPEG. Кроме того, метрики, применяемые для анализа качества изображений, показывают преимущество вейвлет-сжатия в сравнении с алгоритмом JPEG.

Из алгоритмов, использующих вейвлет-преобразование, наиболее распространены JPEG2000 и ряд алгоритмов, использующих пространственное упорядочивание вейвлет-коэффициентов (EZW, SPIHT).

Для реализации в системе видеонаблюдения с целью сохранения информации в специальном носителе достаточной информативностью будет обладать сигнал в формате CIF с использованием только яркостной составляющей и частотой кадров до 1 кадр/с. В связи с чем, полученный

сигнал в общем случае следует рассматривать скорее как последовательность независимых изображений, чем видеосигнал. Например, при установке камеры в салоне пассажирского самолета, или вблизи устройств с механическими подвижными частями, объекты будут перемещаться в пространстве из кадра в кадр прерывисто, что делает применение большинства видеокодеров неэффективным ввиду их ориентации на небольшие изменения информации из кадра в кадр.

Стоит сразу же отказаться от применения алгоритма MPEG-4 ввиду его требовательности к ресурсам системы. Алгоритмы MPEG-1,2 рассчитаны на медиа-данные высоких разрешений и также ориентированы на работу с плавно меняющимися последовательностями изображений. Алгоритмы H.261 и H.263 могут применяться, но их использование опять же будет не целевым, так как в них используется априорное представление о плавности изменений в видеосигнале.

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости использования алгоритма MJPEG или алгоритмов, базирующихся на вейвлет-преобразовании. Эти алгоритмы рассматривают видеосигнал как последовательность независимых изображений, что предпочтительней.

По современным меркам алгоритм MJPEG обладает низкими показателями качества, тогда как вейвлет-анализ и его применение для сжатия изображений получили бурное развитие и демонстрируют значительные преимущества в качестве сжатия. Поэтому, в качестве основы для алгоритма сжатия выбрано вейвлет-преобразование.

Все вышеперечисленные стандарты радиосвязи могут удовлетворить минимальному набору проектных требований, определяющих скорость передачи на один канал. Но следует отметить, что предельная скорость, определяемая стандартом ZigBee (250 Кбит/с), может существенно ограничить объем передаваемой информации. Скорость Bluetooth (до 1 Мбит/сек) является достаточной и оставляет некий запас для возможного наращивания скорости передачи и функциональности. В стандарте Wi-Fi определено несколько скоростей, а именно 1, 2, 5,5 и более Мбит/с. Соответственно, могут быть использованы скорости 1 и 2 Мбит/с.

Литература

1. В.И. Воробьев, В.Г. Грибунин. Теория и практика вейлет-преобразования. СПб.: ВУС, 1999. 204 с.
2. Said and W.A. Pearlman, «A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees», IEEE Trans, on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 6., p. 243-250, June 1996.
3. F. W. Wheeler and W. A. Pearlman, «SPIHT Image Compression without Lists», IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2000), Istanbul, Turkey, June 5-9, 2000.
4. Shapiro J. «Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients», IEEE Trans, on Signal Processing, 1993, p. 3445-3462.
5. Плахов А. Г., Чобану М. К Обзор элементной базы для построения систем сжатия видеосигнала. // Труды Междун. конгресса Академии информатизации ITS-2002 / МЭИ (ТУ), т. 3. М., 2002, с. 123-125.

ЗАДАЧА УВЕЛИЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Лысенко А.И., Новиков В.И.

НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем

E-mail: novikov1967@ukr.net

Problem increase the lifetime of wireless sensor networks

The analysis methods and algorithms increase the lifetime of wireless sensor networks, in particular of energy balancing.

Сенсорная сеть представляет собой распределенную самоконфигурируемую беспроводную сеть, состоящую из малогабаритных интеллектуальных сенсорных устройств [1]. Каждое устройство оснащено микроконтроллером, приемопередатчиком, элементом питания и набором датчиков для измерения некоторых параметров окружающей среды, например, температуры, освещенности, вибрации, давления, уровня шума и других.

Сенсорные сети традиционно находят свое применение в различных системах мониторинга и управления, таких как охранно-пожарное наблюдение, климат-контроль, удаленный сбор показаний с бытовых и промышленных датчиков, экологический мониторинг.

Концепция сенсорных сетей предполагает, что любой узел работает от автономного источника питания. Если таким источником является обычный аккумулятор с непополняемой в процессе работы энергией, то в определенный момент времени он разряжается и автономное устройство перестает работать. Так как любой элемент сети выполняет некоторый набор задач, изначально возложенных на него, то выход из строя сетевого узла может означать следующее:

- В случае, если набор задач, выполняемый узлом не критичен, то можно говорить о падении качества обслуживания сети.

- Если узел является ключевым звеном системы, например, выполняя задачи маршрутизации большого числа потоков, то его отказ и невозможность динамической замены означает отказ всей сети.

Так как в общем случае все элементы беспроводной сенсорной сети (БСС) являются автономными, обязательно наступает момент, когда сеть более не может решать возложенные на нее задачи. Время от начала работы сети до данного момента называется временем жизни или временем автономной работы сети (network lifetime).

При решении практических задач на базе автономных БСС возникают две основные задачи, связанные с показателем времени жизни:

1. Оценка предполагаемого времени жизни сети при заданных характеристиках аппаратных средств и алгоритмах ее работы.

2. Увеличение времени жизни за счет применения ряда методов и алгоритмов.

К аппаратным способам увеличения времени автономной работы БСС относится улучшение аппаратных характеристик устройств: уменьшение энергопотребления отдельных компонентов, оптимизация их размещения на кристалле или печатной плате или увеличение емкости батарей.

С точки зрения программных алгоритмов обработки данных на узлах системы возможны следующие варианты:

- сжатие данных;

- накопление данных и их последующая передача большими блоками.

Большой практический интерес представляет группа методов энергетической балансировки. Как было отмечено выше, сенсорные сети главным образом предназначены для сбора данных. Это означает, что существует один или несколько выделенных узлов, к

которым стекается информация со всей сети. Данные узлы (стоки), как правило, имеют постоянный источник питания, интерфейсы сопряжения с локальными, глобальными сетями или с более мощными вычислительными устройствами. Таким образом, в сенсорной сети есть преимущественное направление движение полезного трафика, приводящее к тому, что через узлы маршрутизации, находящиеся рядом со стоком(-ами), проходит на порядок больший объем трафика.

Современные технологические достижения позволили сделать микропроцессоры с очень малой потребляемой мощностью, способные выполнять широкий спектр задач. Однако для того, чтобы передать данные по беспроводному каналу связи, необходимо затратить на порядок больший объем энергии (табл. 1.1).

Режим работы	Обозначение мощности	Типовое значение, мВт
Прием	P_{rx}	52
Передача	P_{tx}	45
Обработка	P_a	20
Режим сна	P_s	0,03

Таблица 1.1. Режимы работы беспроводных модулей БСС

Из таблицы видно, что чем больше данных проходит через узел беспроводной сети, тем больше его потребляемая мощность. Как следствие, в сети возникает проблема дисбаланса энергопотребления [2] (рис. 1.1), приводящая к тому, что автономные элементы, располагающиеся рядом с центральным узлом (узлами) сбора данных, раньше других выходят из строя из-за разряда собственных аккумуляторов, и, как следствие, уменьшается время автономной работы сенсорной сети.

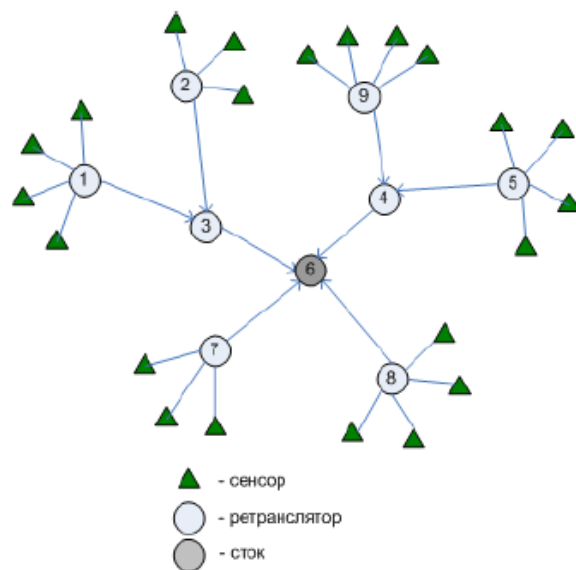


Рис. 1.1. Типовая структура сенсорной сети

Для выравнивания потребляемой мощности всех узлов сети используют следующие методы энергетической балансировки (energy balancing).

Построение гетерогенной сети предполагает использование ряда возможностей:

1. Индивидуальный подбор емкости батарей в зависимости от положения устройств в структуре сети и выполняемых ими функций [3]. В этом случае ключевые ретранслирующие устройства могут снабжаться большими по емкости аккумуляторами. Данный подход является одним из самым простых, но одновременно приводит к низкой масштабируемости сети и ее плохой адаптации к изменению условий функционирования. Также необходимость разработки различных конструктивных решений под разные элементы приводит к увеличению стоимости конечных систем.

2. Разная плотность размещения узлов сети в зависимости от предполагаемой интенсивности трафика в конкретной зоне [4]. Данное решение направлено на обеспечение избыточности в структуре сети и дублирование функций отдельных узлов. Так при выходе из строя очередного маршрутизатора его функции будут переложены на соседний элемент, до этого момента никак не используемый.

К программным методам относят использование протоколов маршрутизации, основанных на метрике остаточной энергии узлов [5] или виртуальных координатах [6], чередование дальней и ближней передачи [7], позиционирование узлов [8], а также кластеризацию [9].

Так, если в сенсорной сети часто применяется метрика остаточной энергии узлов на пути до стока, то в этом случае из множества альтернативных маршрутов выбирается тот, на котором узлы имеют либо большую остаточную энергию.

Перспективным методом балансировки считается использование мобильности отдельных компонентов сети. В ряде работ показано, что потенциально мобильность может обеспечить наибольшее преимущество с точки зрения увеличения продолжительности автономной работы сети.

Выводы. Проведенный анализ открытых источников показал, что беспроводные сенсорные сети являются перспективной технологией в области создания бытовых и промышленных систем сбора данных и управления. Ключевым показателем БСС, определяющим их применимость на практике, является время их жизни, задача его увеличения по-прежнему является актуальной и приоритетной этой проблемы непрерывно возрастает с ростом использования БСС на практике.

Література

1. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2005. 592 с.
2. Zhang H., Shen H. Balancing Energy Consumption to Maximize Network Lifetime in Data-Gathering Sensor Networks // IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst. 2009. Vol. 20, no. 10. P. 1526–1539.
3. Gun M., Kosar R., Ersoy C. Lifetime optimization using variable battery capacities and nonuniform density deployment in wireless sensor networks // Computer and information sciences, 2007. iscis 2007. 22nd international symposium on. 2007. P. 1–6.
4. Halder S., Ghosal A., Chaudhuri A., DasBit S. A probability density function for energy-balanced lifetime-enhancing node deployment in WSN // Proceedings of the 2011 international conference on Computational science and its applications - Volume Part IV. ICCSA'11. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. P. 472–487.
5. Chen Y., Nasser N. Energy-balancing multipath routing protocol for wireless sensor networks // Proceedings of the 3rd international conference on Quality of service in heterogeneous wired/wireless networks. QShine '06. New York, NY, USA: ACM, 2006.
6. Баскаков С.С. Исследование способов повышения эффективности маршрутизации по виртуальным координатам в беспроводных сенсорных сетях // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2009. № 2. С. 112–124.
7. Zhang H., Shen H. Balancing Energy Consumption to Maximize Network Lifetime in Data-Gathering Sensor Networks // IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst. 2009. Vol. 20, no. 10. P. 1526–1539.
8. Комаров М.М., Восков Л.С. Позиционирование датчиков беспроводной сети как способ энергосбережения // Датчики и системы. 2012. Т. 1. С. 34–38.
9. Soro S., Heinzelman W. B. Prolonging the lifetime of wireless sensor networks via unequal clustering // Proceedings of the 19th IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'05). IPDPS '05. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2005. P. 236–243.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШИРОКОДИАПАЗОННЫХ АНТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АППАРАТУРЕ СЕНСОРНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Павлюк В.В., Стависюк Р.Л.

Житомирский военный институт имени С. П. Королева

Государственного университета телекоммуникаций

E-mail: romawechk@mail.ru

Wideband antenna's application in sensory telecommunication networks technics

The presentation describes a new approach for rising the characteristics of sensory telecommunication network. One of ways to decide the problem is to use wide-range antenna element, which is best for exist by their characteristics.

В связи с интенсивным развитием микроэлектроники современные телекоммуникационные сети, не смотря на ряд функциональных и эксплуатационных преимуществ, имеют и некоторые недостатки [1], что связано в, первую очередь, с расширением площадей беспроводного покрытия сенсорными датчиками. Учитывая, что собранная информация передается от одного устройства к другому, на одном из этапов возникает необходимость ретрансляции большого количества информации. Это приводит к определенным трудностям, связанным с затратой энергии сенсора на передачу накопленной информации. Оптимальным вариантом решения возникшей проблемы является совместное использование малогабаритных сенсоров и стационарных узлов связи с большой пропускной способностью.

В свою очередь, присутствие в системе сети мощных стационарных узлов вызывает появление помех для сенсорных датчиков, что связано с загруженностью частотного диапазона. В соответствие со спецификацией стандарта 802.15.4, на физическом уровне под обмен данными зарезервированы 27 каналов в трёх частотных диапазонах: 868 МГц, 910 МГц, 2.4 ГГц, в которых работает сенсорная телекоммуникационная сеть [1]. Скопление на одном промежутке частотного диапазона некоторого числа передающих устройств создает очередной проблемный вопрос, связанный с электромагнитной совместимостью аппаратуры.

Анализ недостатков сенсорных телекоммуникационных сетей и наличие современных требований к скорости передачи информации, уменьшению массогабаритных характеристик, финансовых затрат на проектирование сетей в целом, показывает, необходимо искать новые подходы, благодаря которым можно решить возникшие проблемы.

Одним из предложенных вариантов решения актуальной задачи по внесению изменений в оборудование сенсорных телекоммуникационных сетей является использование радиорелейных линий передачи. К тому же

радиорелейные линии являются практически единственным вариантом организации многоканальной беспроводной связи на территории со сложным рельефом [2].

Использование радиорелейных линий в сенсорных телекоммуникационных сетях связано с некоторыми трудностями. В связи с введением в 2007 году стандарта IEEE 802.15.4a в сенсорных сетях предусматривается использование сверхширокополосной радиотехнологии *Ultra WideBand (UWB)* для высокоскоростной передачи данных в диапазонах частот: ниже 1 ГГц, 3-5 ГГц и 6-10 ГГц [1]. Введение технологии *UWB* предусматривает наличие на радиорелейной станции широкодиапазонной антенной системы. На современном этапе данный вопрос решается путем установки на ретрансляционных вышках большого количества антенн. Это, во-первых, экономически не выгодно, а, во-вторых, увеличивает массогабаритные характеристики оборудования в целом. В большинстве случаев для работы радиорелейных линий используются зеркальные антенные системы. Это, как правило, связано с потребностями в обеспечении узкой диаграммы направленности. В данном типе антенн элементом, определяющим ее параметры в целом, является облучатель, как правило, выполняются на основе прямоугольного или круглого волновода. Недостатком данных типов волновода является узкая полоса рабочих частот. Поэтому переходят к выполнению облучателей зеркальных антенных систем на основе волноводов со сложным поперечным сечением.

К числу перспективных для использования в диапазоне миллиметровых и субмиллиметровых волн относятся желобковый волновод, внешний вид данного типа волновода показан на рисунке 1 [3].

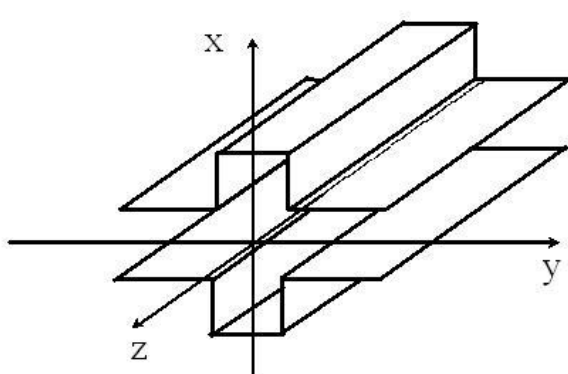


Рис. 1. Внешний вид желобкового волновода

Достоинство данного типа волновода следует из его больших поперечных размеров. При относительно больших геометрических размерах желобковый волновод обеспечивает одномодовую работу в полосе частот, перекрывающейся несколькими прямоугольными волноводами.

Одним из наиболее важных является вопрос о выборе формы поперечного сечения желобкового волновода и его размеров, основным критерием которого является обеспечение одномодового (с самофилтрацией) режима работы в заданной полосе частот [3].

Предложенные к настоящему времени теоретические методы анализа желобкового волновода не удовлетворяют потребностям в точности проектирования антенн на основе данного типа линии передач. По этому необходимым является поиск методов решений электродинамической задачи желобкового волновода для использования в инженерных расчетах при проектировании новых СВЧ – элементов.

На рисунке 3 изображен эскиз предлагаемого облучателя зеркальной антенны станции радиорелейных линий передачи. Он состоит из прямоугольного волновода, который плавно переходит в желобковый, что в результате испытаний такого перехода обеспечило минимизацию потерь с стенках волновода не превышающих 0,1 дБ [4]. Конструкция заканчивается рупорным переходом, который обеспечивает хорошее согласование с внешним пространством.

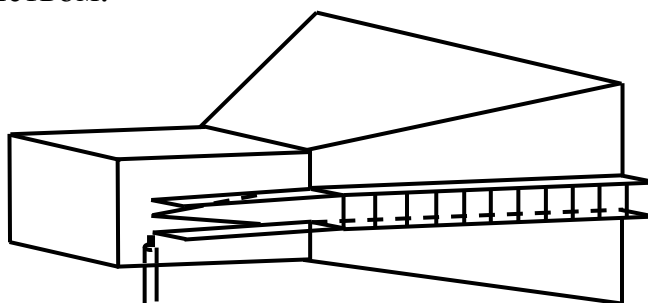


Рис. 3. Внешний вид проектируемого облучателя на основе желобкового волновода

Таким образом, для обеспечения нормальной работой сенсорных телекоммуникационных систем одним из решений является использование радиорелейных линий связи сверхвысокочастотного диапазона. В связи с требованиями, поставленными к сенсорным сетям, существующие радиорелейные линии не удовлетворяют поставленным условиям. Одним из вариантов решения возникшей проблемы является проектирование облучателя зеркальной антенной системы радиорелейной линии передачи на базе желобкового волновода, который обеспечит необходимую полосу частот, уменьшение массогабаритных характеристик и повышение скорости передачи информации узлов сенсорных телекоммуникационных сетей.

Литература.

1. Жданов В.С. Проблемы и задачи проектирования беспроводных сенсорных сетей / Информационные, сетевые и телекоммуникационные технологии: сборник научных трудов / под ред. проф. д. т. н. Жданова В.С. - М.: МИЭМ, 2009. Обзоры. Радиорелейная связь: оперативно, выгодно, эффективно.
2. Фролов О. П., Ф91. Антенны и фидерные тракты для радиорелейных линий связи. – М.: Радио и связь, 2001. – 416с.:ил.
3. Беляков С. В. Обзоры по электронной технике. Серия 1. Электроника СВЧ. Выпуск 7 (1451). Желобковый волновод. / Беляков С. В., Казанцев В. И., Харитонов А. И., 1989. – 54 с.
4. Д. Граймсен. Желобковый волновод. / Д. Граймсен. Квазиоптика, - 1966 г.

ПРОТОКОЛЫ МАРШРУТИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ С САМООРГАНИЗАЦИЕЙ

Пашинский Д. Н.

Национальный технический университет Украины «КПИ»

E-mail: d.pashinsky@gmail.com

Routing protocols for wireless sensor networks with self-organization

Different types of routing protocols for wireless sensor networks are examined for self-organization support

В различных отраслях всё чаще стали применяться беспроводные сенсорные сети. В некоторых случаях строение такой сети может меняться с течением времени. При этом функционирование сети не должно нарушаться и, соответственно, потеря данных должна быть минимальна. Таким образом, данные сети должны обеспечивать самоорганизацию на уровне протоколов маршрутизации.

Наименее сложной является реализация самоорганизации в протоколах ориентированных на данные (data-centric), что объясняется большим количеством намеренно неидентифицируемых узлов целью которых является передать любые данные из сети конечному получателю без уточнения «адресанта». В результате такая сеть является одноранговой и в организации не нуждается в принципе. Примерами таких протоколов есть flooding, gossiping, directed diffusion, SPIN и другие.

Однако при увеличении масштаба сенсорной сети одноранговая структура не позволяет ей нормально функционировать. В таком случае применяется методика кластеризации. По определенному признаку некоторые узлы становятся промежуточными и иногда даже агрегируют поступившие данные для дальнейшей передачи. Протоколы, использующие принципы кластеризации называются иерархическими (hierarchical). Способность к самоорганизации у различных протоколов этого класса различна и зависит от конкретного протокола. Например, протокол SOP (self-organization protocol) является таковым весьма условно. Так узлы-маршрутизаторы должны оставаться стационарными, когда собственно сенсоры полностью мобильны. В свою очередь протокол LEACH, основная цель которого минимизация энергопотребления узлами использует реорганизующиеся кластеры, в которых роль управляющего узла передается от одного узла к другому в целях распределения энергозатрат между узлами. Такая простота организации требует минимума затрат ресурсов сети на самоорганизацию (в т. ч. переорганизацию). Недостатком такой простоты является то, что промежуточный узел обеспечивает только один скачок, что существенно уменьшает масштабируемость такой сети. Кроме того, к

иерархическим протоколам следует отнести PEGASIS, TEEN, APTEEN и другие.

В некоторых протоколах с целью построения оптимального с точки зрения энергопотребления маршрута применяется непосредственно определение географического положения узлов. Такие протоколы являются протоколами основывающиеся на местоположении (location-based protocols). В общем случае, маршруты строятся исходя из текущего графа сети с учетом стоимости ветвей равной расстоянию между узлами. Местоположение может быть, как записано оператором в самом узле, так и определяться при помощи GPS. В последнем случае можно утверждать, что такая сеть самоорганизующаяся. Задержка на построение топологии будет включать определение местоположения обмен данными о пространственном положении с другими узлами и расчет маршрутов в топологии.

Примерами протоколов основывающихся на местоположении есть MECN, GAF, GEAR.

Отдельно так же стоит упомянуть протоколы, не попадающие под данную классификацию. Среди них протоколы на основе сетевых потоков и протоколы с поддержкой QoS. Например, протокол SPEED поддерживает QoS – пакетам разного типа (важности, срочности и т. п.) присваиваются различные приоритеты, влияющие на место такого пакета в очереди на передачу (на узле-ретрансляторе). В остальном соответствует протоколам основывающимся на местоположении – как результат, обладает свойствами самоорганизации.

Следует отметить, что существующие протоколы маршрутизации не создавались по критерию самоорганизации сети. Поэтому данное свойство по разному проявляется в различных протоколах. Простейшие, наименее масштабируемые и эффективные протоколы не нуждаются в организации как таковой. Многоуровневые протоколы обладают свойствами самоорганизации, так как фактически кластеризация может происходить автономно для соответствующих протоколов. Протоколы основывающиеся на местоположении обладают самоорганизацией в случае самостоятельного определения собственного местоположения узлом.

Литература

1. I.F. Akyildiz et al., Wireless sensor networks: a survey, Computer Networks.
2. K. Sohrabi et al., Protocols for self-organization of a wireless sensor network, IEEE Personal Communications.
3. S.K. Singh, M.P. Singh, and D.K. Singh, “A survey of Energy-Efficient Hierarchical Cluster-based Routing in Wireless Sensor Networks”, International Journal of Advanced Networking and Application.
4. Kemal Akkaya and Mohamed Younis, “A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks”, Ad hoc Networks.

МОДЕЛЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ПЕРЕДБАЧЕННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРТИЗИ ПРОЕКТІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗОНИ ЛИХА

Прищеп Т.О., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: ztkitc_520@mail.ru

Model application system prediction methodology for examination Telecommunication systems the disaster zone.

Due to the challenges and threats that are increasingly facing our society, there is a need for an objective basis to anticipate at least some scenarios of future events. It is necessary for the formation of rational and less erroneous strategy of any organized community in the world of severe competition.

Як в світі так і на Україні виникають тяжкі надзвичайні ситуації різного характеру, внаслідок яких гинуть люди, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів.

При цьому практично всі надзвичайні ситуації приводять до втрати інформаційно-телекомунікаційного забезпечення процесу рятувально-відновлювальних робіт, тому задача практично миттєвого відновлення інформаційно-телекомунікаційного забезпечення є актуальною.

На сьогодні розв'язання цієї практичної задачі виконується наступним чином: є множина проектів $\{T_1, \dots, T_k\}$. Для прийняття рішення про впровадження проекту ТКС зони лиха залучають групу експертів, які виконують експертизу за традиційною моделлю експертного оцінювання. (Метод сканування, Метод мозкового штурму, Метод Делфі, Метод перехресного впливу, Метод Сааті, Метод морфологічного аналізу і т.д.)

Але як показує практика при практичному застосуванні прийнятих до реалізації проектів ТКС зони лиха вони не в повному об'ємі виконують покладені на них функції.

Таким чином виникає потреба в необхідності вдосконалення методичного забезпечення процесу експертної підтримки прийняття рішення на реалізацію проектів ТКС зони лиха.

Загальна процедура експертного оцінювання в задачах передбачення.

Нехай дослідження складна система містить скінченну множину підсистем, що різняться своїми властивостями, характеристиками, цілями і характером поведінки.

У задачах передбачення потрібно розробити групу сценаріїв розвитку досліджуваної складної системи на основі організації раціональної поведінки кожної зі складових підсистем і узгодження взаємних зв'язків між ними.

Для розроблення цих сценаріїв і досягнення поставленої мети слід розв'язати низку задач, серед яких велике значення мають системні задачі багатокритеріального оцінювання множини станів, характеристик та інших функціональних елементів активного циклу діяльності кожної із підсистем. Особливість розглянутих задач оцінювання полягає у наявності латентних властивостей, показники яких не можна безпосередньо виміряти, обчислити чи визначити іншими інструментальними засобами. Більше того, у передбаченні оцінювання може стосуватися латентних властивостей досліджуваної системи, що характеризується інформаційною невизначеністю і майбутніми невизначеними ситуаціями.

Оцінити латентні властивості може людина на ґрунті знань, досвіду, інтуїції та передбачення. Однак за умов невизначеності вона не здатна дати точну оцінку, а лише з певним ступенем припущення і впевненості у такій оцінці. Тому потрібно розробити потужні формальні експертні процедури оцінювання, які б значно підсилювали можливості людини у розв'язанні таких задач.

В докладі розглядається телекомунікаційна система зони лиха. Для якої характерні велика територіальна протяжність, багаторівневість і багато продуктивність; велика мінливість внутрішніх і зовнішніх параметрів, стохастичність більшості процесів обробки інформації та необхідність їх оптимізації, що дозволяє віднести ТКС зони лиха до класу складних телекомунікаційних систем.

ТКС зони лиха, як складна система, включає дві підсистеми: підсистему інформаційного обміну (СІО) і підсистему управління (СУ).

Пропонується варіант удосконалення існуючих експертних процедур оцінювання проектів ТКС зони лиха. (рис.1).

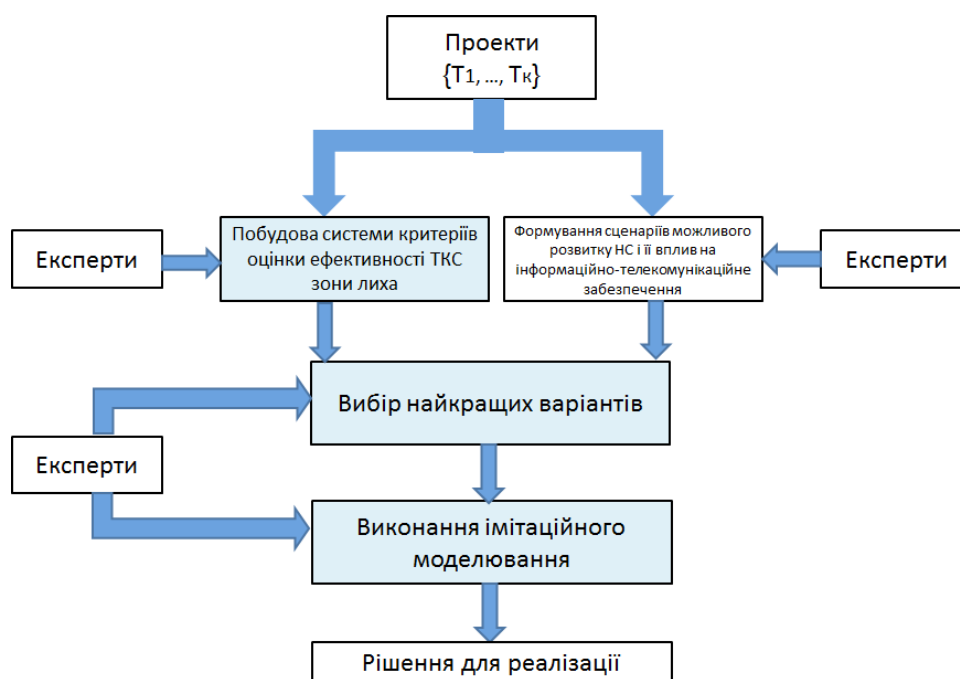


Рис.1. Удосконалена модель експертизи проектів ТКС зони лиха

При цьому використовується система критеріїв оцінки ефективності ТКС зони лиха, що зображена на рис. 2

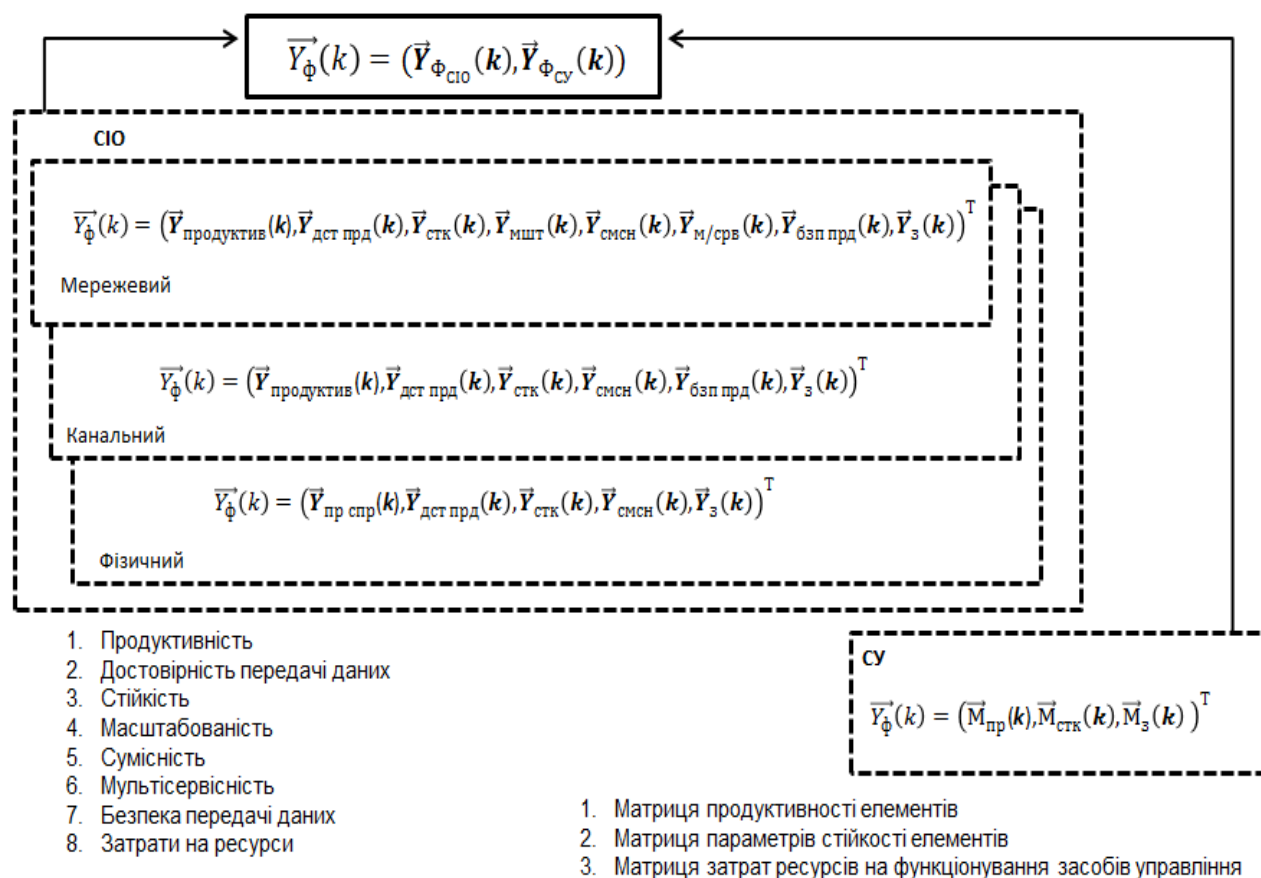


Рис.2. Використання системи критеріїв оцінки ефективності ТКС зони лиха

Вибір найкращого варіанту проводиться за допомогою методів теорії ігор (критерієм Вальда, критерієм Севіджа, критерієм Гурвиця).

Література

1. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. – К.: Видавнична група ВНУ, 2007. – 544 с.: іл.
2. Прищепа Т.О. Методи оцінки границь досяжності значень показника якості телекомунікаційної системи зони лиха в умовах деструктивних впливів. – К., Науковий вісник АМУ. Збірник наукових праць. Серія «Техніка». Випуск 6., с. 129, 2013
3. Лисенко О.І., Прищепа Т.О. Методи редукції та згортання експертних показників якості телекомунікаційних систем. – К.: Сьома міжнародна науково-практична конференція «Проблеми телекомунікацій», с.230, 2013
4. Ненадович Д.М. Методологические аспекты экспертизы телекоммуникационных проектов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 280 с.: ил.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ МЕТОД АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ В СЕНСОРНОЙ РАДИОСЕТИ С ИЗБЫТОЧНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ УЗЛОВ

Романюк В.А., Коваленко И.Г., Диянчук И.Н.

НТУУ "КПІ", ВІТІ ДУТ

E-mail: kig777@ukr.net

Energy saving method of data aggregation in wireless sensor networks with an excess of nodes

A new energy saving method of data aggregation method in wireless sensor networks with an excess of nodes.

Для обеспечения надежного покрытия районов мониторинга датчиками может применяться их избыточное количество. Особенно это актуально при случайном рассеивании узлов над районом мониторинга для обеспечения оперативности разворачивания сенсорных радиосетей (СР). При этом избыточное количество узлов приводит к возрастанию объемов и избыточности передаваемых данных. В этих условиях одним из путей увеличения длительности функционирования (времени жизни) сенсорных радиосетей является агрегация данных.

Агрегация данных в сети позволяет:

исключить потерю сообщений при перегрузке трафика на отдельных участках сети за счет уменьшения объема передаваемых данных;

уменьшить использование энергетических ресурсов отдельных узлов сети и, соответственно, увеличить " время жизни " сети;

уменьшить влияние ошибочно определенных данных сенсоров.

В свою очередь агрегация данных имеет недостаток - при потере или компрометации одного сообщения агрегированных данных теряются данные от соответствующей ветви (группы) узлов.

Для СР с избыточным количеством узлов (ИКУ) можно определить основные требования к методам агрегации:

- обеспечение уменьшения использования энергоресурса узлов для увеличения продолжительности функционирования сети;
- независимость от реализации методов управления на различных уровнях модели OSI;
- обеспечение уменьшения объема данных за счет избыточности, временной и пространственной корреляции информации с допустимой потерей точности;
- обеспечение безопасности и невозможности компрометации данных;
- обеспечение функционирования в условиях выхода из строя отдельных узлов;
- учет концентрации трафика на приближенных к шлюзу узлах;
- обеспечение обработки данных различного приоритета.

В настоящее время разработано множество методов агрегации данных (МАД) для СР различного назначения, структуры, размера и т.д. [1]. Существующие методы агрегации данных не в полной мере соответствуют требованиям к СР с ИКУ, поэтому был предложен энергосберегающий метод агрегации данных в сенсорных сетях данного класса [2].

Предложенный метод обеспечивает уменьшения объемов передачи данных и базируется на избыточности количества узлов СР и том факте, что датчики соседних узлов получают похожие данные (рис. 1). Поэтому для уменьшения объема данных можно усреднять данные от соседних узлов и передавать одним сообщением. Существующие методы агрегации данных позволяют уменьшить объемы передачи данных на прикладном уровне, но не предусматривают уменьшение расходов энергоресурса отдельных перегруженных узлов сети. На рис. 2 приведен пример, где два узла перегружены ретрансляцией данных отделенной подсети. Преждевременное истощения их энергии батарей приведет к потере связности с этой подсетью. В данном случае уменьшить использование энергоресурса можно только уменьшением объемов передачи данных с допустимой потерей их точности.

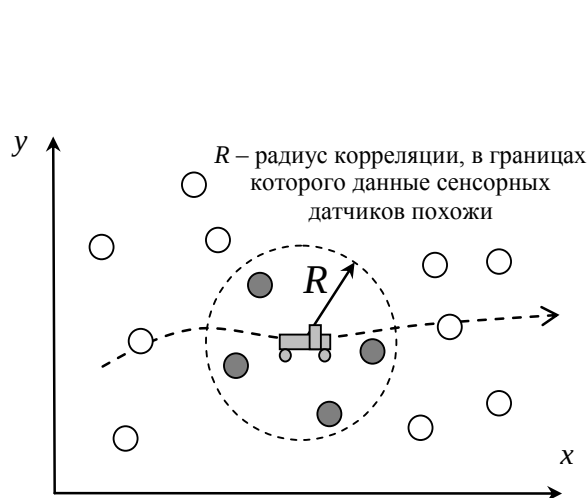


Рис. 1

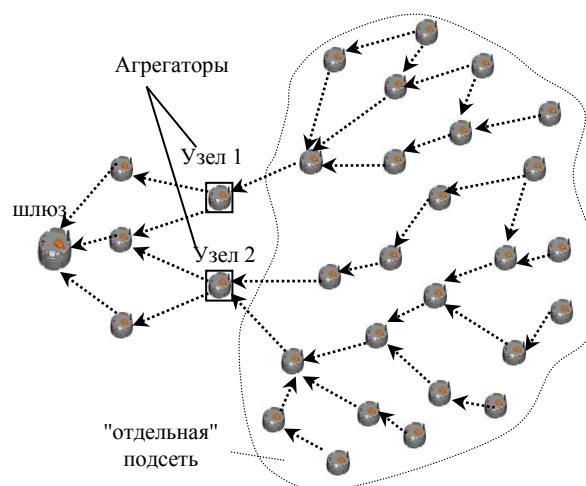


Рис. 2

Суть предлагаемого метода заключается в ограничении количества передач сообщений для определенных узлов за цикл сбора данных с организацией на них очередей передачи сообщений, при переполнении которых осуществляется объединение (агрегация) сообщений за счет их временной и пространственной корреляции с допустимой потерей точности.

Для организации агрегации шлюз периодически проводит сбор данных об остатке энергоресурса узлов сети, получает среднее его значение, выбирает узлы, которые больше других израсходовали энергоресурс, определяет для них максимальную длину очереди и количество передачи сообщений за период сбора данных. После определения количества передач сообщений и длины очереди агрегация осуществляется децентрализованно на отдельных узлах автоматически при переполнении очереди.

Этапы применения метода на отдельном узле следующие:

1. Формирование и передача сообщения данных узлом-источником данных.
2. Прием, проверка, обработка сообщений и формирования очередей передачи данных.
3. Агрегация данных за счет временной и пространственной корреляции данных. Так согласно определенному значению переполнения очереди осуществляется группировка сообщений с использованием полей сообщений, содержащих координаты. После этого формируются агрегированные сообщения, в которых данные и координаты усредняются. Для этого форматы данных должны быть согласованы. Начальные сообщения, данные которых агрегированные, удаляются.

4. Агрегированное сообщение передается в направлении шлюза и может быть еще раз агрегировано на следующих узлах.

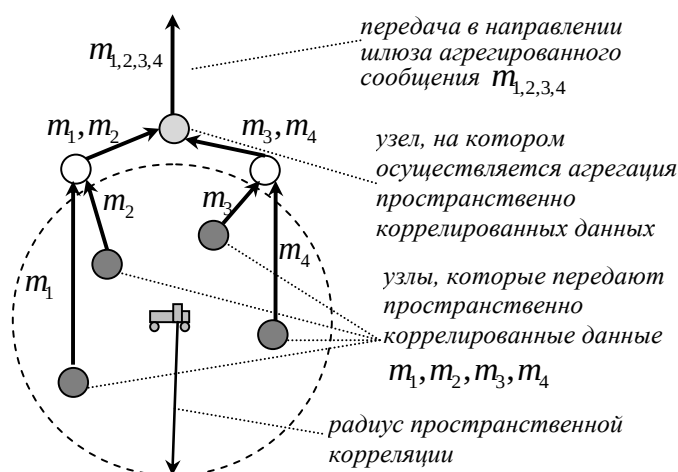


Рис. 3. Пример формирования агрегированного сообщения

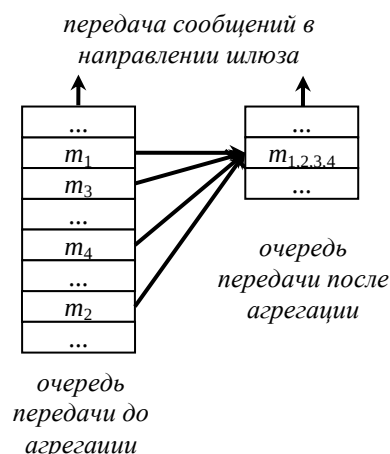


Рис. 4. Пример очереди сообщений отдельного узла

Новизной метода является новый способ уменьшения потребления энергоресурса отдельного узла ограничением количества передачи сообщений при применении очередей передач с агрегацией сообщений за счет временной и пространственной корреляции.

Для оценки эффективности предложенных методов использовалась имитационная модель сенсорной радиосети. В качестве показателя эффективности было предложено использовать длительность функционирования сети до исчерпания энергоресурса хотя бы одного узла. Для имитационного моделирования использовался программный комплекс The Network Simulator [3]. Функционирование модели СР зависит от многих параметров: требований к покрытию района мониторинга, пространственных размеров сети, радиусов мониторинга и передачи, энергетических моделей узлов, а также задействованных протоколов физического и канального уровня и т.п. Была использована упрощенная модель СР с использованием стандартных протоколов физического и канального уровня (802.11).

Результаты моделирования показали, что метод позволяет уменьшить использование энергоресурса отдельных узлов и увеличить длительность функционирования фрагментов сети до 20% за счет уменьшения количества передач и агрегации сообщений.

Литература

1. Коваленко І.Г., Романюк В.А., Діянчук І.М. Аналіз методів енергозбереження в сенсорних радіомережах // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ "КПІ". – 2011. – № 1. – С. 76 – 84.
2. Коваленко. І.Г. Вимоги до методу агрегації даних в сенсорних радіомережах спеціального призначення / І.Г.Коваленко, А.В.Романюк // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ "КПІ". – 2012. – № 2. – С. 37 – 43.
3. VINT Project, The Network Simulator. – Режим доступа: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ОГРАНИЧЕНИЙ НА РАЗРЕШАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ

Федотов Б.Н.¹, Станкевич С.А.², Петрова В.Н.³

¹ - Национальный университет обороны Украины feboni@voliacable.com

² - Научный центр аэрокосмических исследований Земли st@casre.kiev.ua

³ - Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ» its@kpi.ua

Relationship between resolution and range of synthetic aperture radar

Equations for the “resolution – range” value domain determining for modern synthetic aperture radar (SAR) are described. Such SARs provide ultrafine resolution at distance of several tens of kilometers.

Научное обоснование неоднозначных и противоречивых технических требований к основным характеристикам вновь разрабатываемых современных видовых радиолокационных станций с синтезированной апертурой (РСА) требует исследования и учёта взаимосвязей и взаимных ограничений их ключевых параметров.

Определение взаимных ограничений параметров позволит строить области возможных значений основных характеристик РСА для более точного и научно обоснованного выбора максимально допустимых технических требований, которые могут быть реализованы при разработке перспективных видовых РСА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1].

К основным характеристикам видовых РСА относятся разрешающая способность и дальность действия. Связь между ними определяется известным уравнением дальности (1) с учётом структурных ограничений используемого метода синтеза апертуры, которые начинают проявляться при сверхвысоком разрешении (СВР) РСА и высоких путевых скоростях её носителя.

$$R_n \leq \sqrt[3]{\frac{P_{cp} d_B^2 d_\Gamma \sigma_{уд. min}}{4\pi \lambda v_n K_{ш} k \eta T_0}} dx dr, \quad (1)$$

где P_{cp} – средняя мощность излучаемого сигнала; d_B , d_Γ – вертикальный и горизонтальный размер антенны; $\sigma_{уд. min}$ – эффективная удельную площадь рассеяния минимально отражающего в обратном направлении элемента разрешения; λ – длина волны передатчика РСА; v_n – путевая скорость носителя РСА; $K_{ш}$ – коэффициент шума приёмника; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана; η – требуемое значение коэффициента различимости приёмного устройства; T_0 – температура, при которой определялось значение $K_{ш}$; δx , δr – разрешения по путевой и наклонной дальности.

Известны научные публикации и технические решения по теоретическому обоснованию и разработке таких структур РСА СВР, в которых сняты ограничения дальности, обусловленные сферичностью фронта волны зондирующего сигнала. Эти технические решения осуществляют искусственное выравнивание сферического фронта волны зондирующего сигнала [2], улучшают энергетику РСА СВР за счёт формирования диаграммы направленности (ДН) антенны из нескольких ДН с более высоким коэффициентом направленного действия (КНД) [3].

Для многолучевой антенной системы видовой РСА, выполненной на базе одного зеркального рефлектора, уравнение дальности приобретает вид [3]

$$R'_n = \sqrt[3]{\frac{P_{cp} d_B^2 d_\Gamma [1,44(n-1)+1] \sigma_{y \text{дmin}}}{8 \cdot 0,75 n \pi \lambda \psi_n K_u k \eta T_0}} dx dr, \quad (2)$$

где n – число лучей.

Для построения области возможных значений параметров РСА координатах “разрешение – дальность” остальные параметры уравнения дальности – длина волны, вертикальный размер антенны, коэффициент шума приёмника, коэффициент различимости, удельная отражающая способность элемента разрешения, путевая скорость носителя – “замораживаются”. Кроме того, практически достижимое разрешение по путевой дальности для конструкторских расчётов обычно принимается в $1,4 \div 1,5$ раза хуже потенциального из-за непрямоугольности реальной ДН, усреднения отражённого сигнала по апертуре антенны и неточности выравнивания фронта волны зондирующего сигнала [4]. При определении области возможных основных характеристик РСА во всех случаях принимается $\delta x = \delta r$.

Тогда соотношения (1) и (2) преобразуются к виду

$$R_H = 1,1 B \cdot \delta x \cdot \sqrt[3]{P_{cp}}, \quad (3)$$

$$R'_H = 1,1 \cdot B \cdot \delta x \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{cp} [1,44(n-1)+1]^2}{n}}, \quad (4)$$

где $B = \sqrt[3]{\frac{d_{\text{Бол}}^2 \sigma_{y \text{д}}}{4 \pi \lambda \psi_n K_u k T_0 \eta}}$, $d_{\text{Бол}}$ – вертикальный размер однолучевой антенны.

С другой стороны, из условия возможности восстановления функции отражения по дискретным значениям её пространственного спектра максимально допустимый линейный интервал дискретизации пространственного спектра составляет $0,5 d_\Gamma$. В этом случае максимальная дальность действия полосовой РСА, определяемая предельным периодом дискретизации, будет равна

$$R_H \leq \frac{c d_\Gamma}{4 \psi_n}, \quad (5)$$

где c – скорость света.

Приравняв (1) и (5), для однолучевой антенны можно определить среднюю мощность зондирующего сигнала, которую необходимо обеспечить

на выходе передатчика для требуемого качества изображения при максимально возможной дальности действия и наилучшей разрешающей способности РСА

$$P_{cp} = \frac{\pi c^3 \lambda K_u k T_0 \eta}{9 v_n^2 d_B^2 \sigma_{y\partial, \min}}, \quad (6)$$

а для многолучевой антенной системы

$$P_{cp} = \frac{n \pi c^3 \lambda K_u k T_0 \eta}{9 \cdot v_n^2 l_{PB, \text{м.л.}}^2 [1,44(n-1)+1]^2 \sigma_{y\partial, \min}}. \quad (7)$$

Ещё одним фактором, который необходимо учитывать, является ограничение импульсной мощности излучения РЛС. Это ограничение связано с возможным пробоем диэлектрической среды (воздуха), в которой эксплуатируется антенна РСА. Обычно импульсная мощность бортовых РСА не превышает 30÷50 кВт. При большой скважности излучаемых зондирующих импульсов такой мощности излучения может быть недостаточно для получения необходимой средней мощности облучения элемента разрешения РСА.

В известных технологиях достигнутый коэффициент сжатия не превышает 1÷2 тысячи при типичной скважности $Q \geq 400$ [5]. Поэтому максимально достижимая средняя мощность излучения не превышает величины $P_{cp \max} \leq \frac{P_{имп\max}}{Q} = 125 \text{ Вт}$. При такой средней мощности для РСА с искусственным выравниванием фронта волны для типовых значений остальных параметров дальность действия не превышает 30 км, а для РСА с искусственным выравниванием фронта волны и трёхлучевой антенной системой – 50 км.

Литература

1. Федотов Б.Н. Проблемы улучшения характеристик космических радиолокационных станций с синтезируемой апертурой и пути их решения/Б.Н. Федотов//Матеріали доповідей Другої Всеукраїнської конференції з запрошенням закордонних учасників “Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки”. – К.: Освіта України, 2010.– С.151-154.
2. Федотов Б.М. Спосіб синтезування апертури РЛС бокового огляду і пристрій для його здійснення / Б.М. Федотов, С.А. Станкевич, С.А. Пономаренко.– Патент України на винахід № 92116, 2010.
3. Федотов Б.М. Спосіб створення діаграм спрямованості смугової радіолокаційної станції із синтезованою апертурою й пристрій для його здійснення / Б.М. Федотов, М.М. Хомік. – Патент України на винахід № 97702, 2012.
4. Федотов Б.Н. Факторы, определяющие расширение диаграммы направленности радиолокатора с синтезируемой апертурой, и оценка их совместного влияния на разрешающую способность / Б.Н.Федотов, А.А. Слюсарчук // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил ім. І. Кожедуба.– Вип.1(27).– Харків: ХУПС, 2011.– С.111-115.
5. Федотов Б.М. Аналіз характеристик сучасних авіаційних радіолокаційних станцій з синтезуванням апертури антени та напрямки їх удосконалення / Б.М. Федотов, С.А. Станкевич, С.Є. Котляренко, О.М. Собчук // Тези доповідей науково-практичної конференції “Актуальні проблеми розвитку авіаційної техніки”. К.: ДНДІА, 2009.– С.112.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В СТАЦИОНАРНЫХ СЕТЯХ

Ханина Т.О.

Институт телекоммуникационных систем, НТУУ «КПИ»

E-mail: 2bee2@i.ua

The analysis of methods of routing on stationary networks

In this paper, we consider routing methods in fixed networks. Routing method - a set of rules that determine the formation and maintenance of routes between the sender and the receiver in the communication networks.

В последние годы во всем мире все более пристальное внимание привлекают к себе "беспроводные сенсорные сети". Основным их отличием от классических радиосетей является использование в качестве объектов сети большого числа сверхминиатюрных и дешевых устройств. Следует ожидать, что в недалеком будущем сенсорные сети займут свою весьма обширную нишу среди имеющихся телекоммуникационных технологий, использующих беспроводную радиосвязь [1].

Сенсорные сети состоят из малогабаритных сенсорных узлов с интегрированными функциями мониторинга окружающей среды, обработки и передачи данных [2]. Основными элементами сенсорных узлов являются: датчики контроля физических параметров внешней среды, микрокомпьютер, батареи, приемопередатчик.

Под методом маршрутизации (ММ) будем понимать совокупность правил (процедур), определяющих образование, поддержание маршрутов передачи между отправителем и адресатом в сетях связи и обеспечивающих эффективное использование сетевых ресурсов при заданном качестве обслуживания пользователей.

Целью маршрутизации является нахождение такого пути (или совокупности путей) между источником и адресатом, который обеспечит эффективное использование сетевых ресурсов и заданное качество обслуживания пользователей. Все методы маршрутизации можно разделить по следующим признакам : использование маршрутных таблиц; частота принятия решения; способ принятия решения; место использования метода в сети; необходимая информация для принятия решений.

Рассмотрим более подробно данную классификацию (рис.1). Отметим то, что большая часть методов маршрутизации использует маршрутные таблицы, но существуют и способы передачи сообщений по сети в которых узлы отслеживают только сам факт прохождения через них пакетов и принимают решения следует передавать их далее или нет, обычно на основе того, проходил пакет ранее или нет.



Рис.1. Классификация ММ в стационарных сетях передачи данных

Наиболее простым есть *метод волновой (лавинной) маршрутизации* — когда каждый маршрутизатор передает пакет всем своим непосредственным соседям, кроме того, от кого получил этот пакет. Главным недостатком этого метода является нерациональное использование пропускной способности сети.

Маршрутизация по событиям — это метод маршрутизации, когда пакет передается по маршруту, который уже приводил к успеху передачи для данного адресата. Такой метод оправдывает себя только в сетях с предварительным установливанием соединения.

Маршрутизация от источника предполагает, что отправитель определяет, какие промежуточные маршрутизаторы должны участвовать в передаче пакета к адресату. На основе этой информации каждый маршрутизатор считывает адрес следующего маршрутизатора и, если он действительно является адресом его непосредственного соседа, передает, ему пакет для дальнейшей обработки.

С использованием маршрутных таблиц, т.е. по частоте принятия решений, по выбору маршрута бывают статические, квазистатические и адаптивные ММ. При *статических методах* маршрут каждого сообщения известен заранее, еще до его входа в сеть и определяется администратором вручную. Преимуществом есть простота его реализации, но при существенных изменениях состояния сети администратору срочно необходимо внести поправки в маршрутные таблицы, что б сеть продолжала свою работу корректно.

В *квазистатических методах* совокупность локальных маршрутных таблиц меняется при изменении интенсивностей входных потоков.

В *адаптивных (динамических) методах* маршрут заранее не известен, он выбирается в зависимости от текущей информации, которая содержится на каждом узле передачи, т.е. в узлах сети анализируются изменения условий передачи пакетов, и происходит обработка статистики использования различных маршрутов. На основании этого производится выбор маршрута. Адаптивные протоколы маршрутизации делятся на 2 группы:

1) дистанционно-векторные алгоритмы DVA (Distance Vector Algorithms) - каждый маршрутизатор периодически рассылает соседним маршрутизаторам вектор, компонентами которого являются расстояния от данного маршрутизатора до всех известных ему маршрутизаторов (сетей).

2) алгоритмы состояния связей LSA (Link State Algorithms), которые обеспечивают каждый маршрутизатор информацией, достаточной для построения точного графа связей сети, путем обмена короткими HELLO-пакетами со своими ближайшими соседями.

Адаптивная маршрутизация включает в себя следующие функции (рис. 2) [3, 4, 5]:

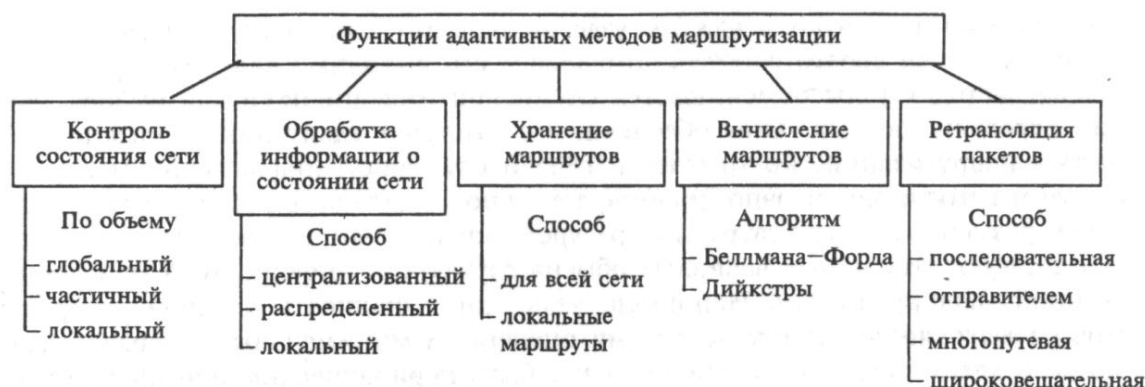


Рис.2. Функции адаптивных методов маршрутизации.

Выводы: При построении методов маршрутизации обычно стремятся выполнить следующие основные требования: минимальное среднее время доставки пакета в сети, адаптация к возможным изменениям нагрузки, быстрая реакция на изменения топологии сети, препятствование зацикливанию пакетов, достаточная простота, минимальные аппаратные и программные затраты для своей реализации.

Литература

1. С.Г. Бунин, А.П. Войтер, М.Е. Ильченко, В.А. Романюк
Самореорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами, 2012. – 444с.
2. Жук О.В., Мшочкт А.І., Романюк В.А. Перспективи розвитку тактичних сенсорних мереж // 36. наук, праць ВІТІ НТУУ "КІШ", 2007. - № 2. - С. 111-119.
3. Мизин И.А., Богатырев В.А., Кулешов А.П. Сети коммутации пакетов. — М.: Радио и связь, 1986. - 408 с.
4. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных / Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 544 с.
5. Куо Ф.Ф. Протоколы и методы управления в сетях передачи данных / Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1985. - 480 с.
6. Олифер В. Г. Компьютерные сети. - СПб.: Питер, 2000. - 672 с.

A NOVEL ALGORITHM OF LOCATING VOIDS IN MANET STRUCTURE

Tsvietkov Ihor

Institute of Telecommunication Systems NTUU “KPI”, Ukraine

E-mail: tsvetkoff@i.ua

This article presents method of locating voids in Mobile Ad-Hoc Networks (MANET) structure that works locally dealing with 2-hop neighborhood information. Method of spreading information about voids over the network is also provided

Introduction. During last decade — especially after Kung and Karp publication, introducing Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR) protocol [1] for MANET and then adapted for Wireless Sensor Networks (WSN) — amount of publications in the field of geographical routing techniques, methods and algorithms increased significantly. This interest is explained by emerging a new research field with variety of unsolved problems. For example, mentioned publication [1] only solved a problem of guaranteed geographical routing on a planarized network graph. In Fig.1 the situation when network graph planarization leads to its separation and loss of connectivity is shown.

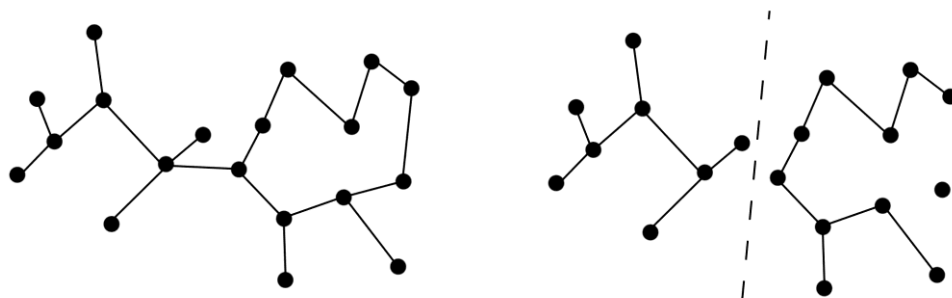


Fig. 1. Actual network topology (left) and result of network planarization by GG algorithm used in GPSR (right)

Conversion network graph to a planar graph (with no two edges cross) is needed to get free-of-loops network and solve the routing loop problem. But the price paid to solve this problem is questionable. The routing loop problem (described for GPSR in [2]) occurs only when GPSR “stuck” at the node, where there is no further advance to the destination node (greedy routing fails). Algorithm in this report resolves every situation that can cause the routing loop problem in process of locating outer bound of a network and bounds of voids inside the network.

To improve a routing performance, in [3] the new protocol T-GPSR is described, where information about 2-hop neighbors is also considered for greedy routing. In this report 2-hop information is used as well, but in a much wider way: to locate voids (holes) in a network topology.

MANET systems and sensor networks require fast and robust algorithm, which is capable to locate voids in the network structure. This report is the first outline of such algorithm.

Algorithm description. There are several basic assumptions for any geographic routing protocols that are extended by the 2-hop information for proposed algorithm:

- Each node is aware of its location;
- There is a way to get the destination node’s position using its unique ID;
- There is a way to get the actual set of 1-hop and 2-hop neighbors and their locations. It can be done by using service as described in [4], with addition of location information about neighbors on top of it.

The algorithm itself consists of 3 stages: triggering, void-edge spreading, void confirmation.

The algorithm uses two types of messages: Initiating Void Messages (IVM) and Confirming Void Messages (CVM).

Condition for *algorithm triggering* is the next: any node initiates spreading of IVM in case when among its 1-hop and 2-hop neighbors set there are no nodes in some predefined sector. In this article the sector is defined in a specific manner: every node maintains its 1-hop and 2-hop neighbors table divided into 8 separate memory areas, representing one of the directions around the node (Fig. 2). This approach may also be useful for any type of greedy routing, but this question is left for future research, as well as the optimal size of a sector (it may vary depending on network density and connectivity).

Described condition solves the routing loop problem in greedy routing: there is no node in a network, which has no advance in any direction and was not affected by the described algorithm.

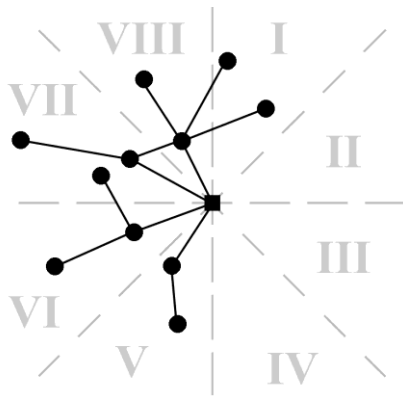


Fig. 2. Condition for IVM triggering:
3 free eighths

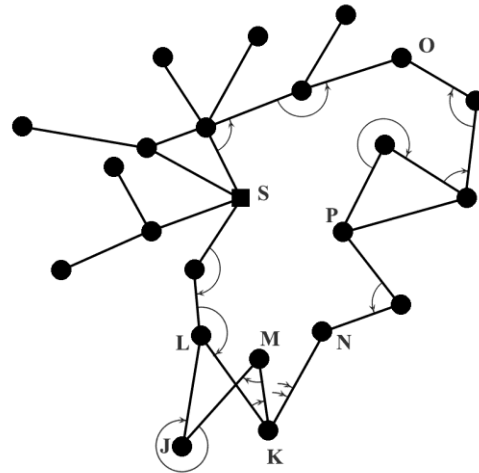


Fig. 3. Illustration of IVM spreading

The next stage after triggering is IVM spreading. IVM may contain unique ID of initial node. Each node that is covered by IVM is marked using this ID of initial node. IVM spreading is designed to bypass the hole on both sides, therefore IVM that is supposed to bypass hole in clockwise is choosing nodes counterclockwise (see Fig. 3), and reverse is true for bypassing hole in counterclockwise. Through visited nodes are marked, it's easy to detect cycles in a network (L-K-M-J in Fig. 3). These cycle nodes are considered as one node in relation to void detection process, respectively their 1-hop and 2-hop neighbor sets are combined in one array (excluding members of cycle), thereby spreading can be continued (two arrows to the node N in Fig. 3). Data about virtual grouping of nodes is stored in each of them at least until the third stage of an algorithm. This data is also used to resolve the routing loop problem.

IVM spreading could be done from more than one node over one void (nodes S and P in Fig.3, for example) which means that there are some nodes, where IVM from different nodes will cross (nodes O and N in Fig. 3). These nodes initiate stage 3 of an algorithm. Sending CVM is simple: this message is carrying ID's of initiated nodes to each other node (in other words: in Fig. 3 O sends ID of P to S and ID of S to P). CVM passes through nodes, marked by IVM (with resolved loops). Another feature is that CVM is passed through initial node only if it has the smallest ID in a set of ID's carried by this CVM.

An algorithm considered completed (void is detected) when any initial node gets the same set of ID's of other initial nodes (or just its ID) from both directions (in Fig. 3 when node S gets ID of P in CVM from O and from N).

Method of spreading information about voids over the network can be described as a service that helps to spread information about the dimensions of a void through predefined network area, to provide void bypassing in advance. Aim of such service is to prevent any

unnecessary routing. It is performed as follows: in every CVM there are 4 pairs of coordinates representing area of void (in initial stage they are the same); within each transmission (in every node) coordinates from the CVM are being compared to actual position of a node and rewritten if necessary.

The final set of 4 coordinates can be used to determine the area for spreading information about the void. It can be done using MPR technique [5].

As a result of such spreading, two options are possible.

The first one is detection of outer network border, in case of every node in the network is defined as “flooded” from borders, but none of them out of bounds described by the set of 4 coordinates. (Fig.4, solid line)

The second one is detection of inner network border in case when MPR spreading is going beyond the defined area. (Fig.4, dashed line)

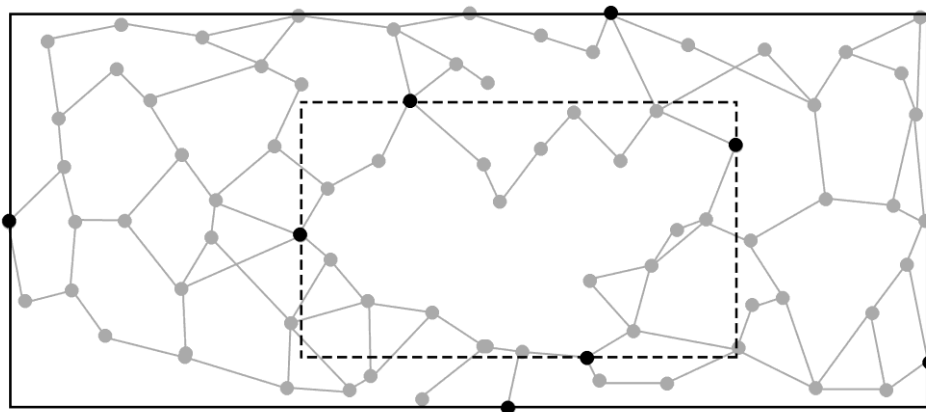


Fig. 4. Two options for void information spreading

Detection and spreading information about voids allows using any of widely described greedy routing strategies [6] on the network.

Summary. Overall design of the proposed algorithm is shown.

The main purpose of the described void-locating algorithm is to reduce number and complexity of necessary computational operations to implement geographic routing. Dealing with cycles and avoiding holes makes pure greedy routing possible without any planarization of network graph, that requires a lot of processing time and also can cause significant changes in network structure (as in Fig.1).

Future work. The next step is to implement the simulation model of an algorithm and check its performance in comparison to other geographic routing algorithms.

Another field of research is an adaptation of described algorithm for usage with directional antennas, which can particularly increase the accuracy of void detection.

References

1. Karp, B. and Kung, H.T., Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks, in *Proceedings of the Sixth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2000)*, Boston, MA, August, 2000, pp. 243-254.
2. Lee K.C., Cheng P.-C., Gerla M., “GeoCross: a geographic routing protocol in the presence of loops in urban scenarios”, *Ad Hoc Networks*, vol.8, p. 474-488, 2010.
3. Diop, M.; Congduc Pham; Thiare, O., "2-hop neighborhood information for cover set selection in mission-critical surveillance with Wireless Image Sensor Networks," *Wireless Days (WD)*, 2013 IFIP, vol., no., pp.1,7, 13-15 Nov. 2013.
4. RFC 6130, "Mobile Ad Hoc Network (MANET) Neighborhood Discovery Protocol (NHDP)", April 2011.
5. RFC 5449 "OSPF MPR Extension for MANET", February 2009.
6. Cadger, F.; Curran, K.; Santos, J.; Moffett, S., "A Survey of Geographical Routing in Wireless Ad-Hoc Networks," *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE, vol.15, no.2, pp.621, 653, Second Quarter 2013.

МЕТОДИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПЕРЕДАЧІ ПО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОННИХ ДОКУМЕНТІВ

Цвіль С.І., Алексєєва І.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ “КПІ”

E-mail: tsvil90@gmail.com

Methods of protection of electronic documents transmitted via telecommunication networks.

The most advanced at the moment for the security of electronic documents can be considered a digital signature based on elliptic curves with the use of the hash function SHA-512 and Whirlpool. Encryption private keys must be distributed systems and organizations with the highest exponent of protection.

Науково-технічна революція останнім часом прийняла грандіозні масштаби в області інформатизації суспільства на базі сучасних засобів обчислювальної техніки, зв'язку, а також сучасних методів автоматизованої обробки інформації. Обчислювальні системи і мережі стають глобальними як в територіальному сенсі, так і в сенсі широти обхвату в рамках єдиних технологій процесів збору, передачі, накопичення, зберігання, пошуку, переробки інформації і видачі її для використання. Інформація в сучасному суспільстві – одна з найкоштовніших речей в житті, що вимагає захисту від несанкціонованого проникнення осіб, що не мають до неї доступу.

Проблема забезпечення необхідного рівня захисту інформації виявилася (і це наочно підтверджено як теоретичними дослідженнями, так і досвідом практичного рішення) вельми складною. Вона вимагає для свого вирішення не просто здійснення деякої сукупності наукових, науково-технічних і організаційних заходів і вживання специфічних засобів і методів, а створення цілісної системи організаційних заходів і вживання специфічних засобів і методів по захисту інформації. На сучасному етапі розвитку інформаційно-технічних засобів передачі і зберігання інформації одним з підходів захисту інформації є вживання криптографічних методів захисту, заснованих на принципі Киргофа, який свідчить про те, що секретність криптографічного алгоритму ґрунтується на секретності ключа, а не на секретності алгоритму шифрування[4].

Оскільки атаки на інформацію на даний час відбуваються на всіх рівнях то і її захист потрібно розглядати на всіх рівнях.

При організації всебічного захисту потрібно звернути увагу на:

- цілісності повідомлення та хеш-функцію;
- встановленню достовірності повідомлення;
- електронний цифровий підпис;
- управління ключами шифрування.

При організації захисту потрібно забезпечити цілість повідомлення, достовірність повідомлення, захист ключів шифрування[2].

Для забезпечення цілісності повідомлення створюють його дайджест за допомогою хеш-функції. Він буває різного розміру і відповідно різної складності. Будь яка хеш-функція повинна відповідати наступним критеріям: стійкість до прообразу, стійкість до другого прообразу і стійкість до колізії. Найбільш перспективні криптографічні алгоритми хешування – SHA-512 і Whirlpool.

Версія SHA (Secure Hash Algorithm) – алгоритм безпечного хешування з 512-бітовим дайджестом повідомлення.

SHA-512 створює дайджест з повідомлення, що містить багато блоків. Кожен блок має довжину 1024 біта.

Достовірність повідомлення забезпечується за допомогою коду виявлення модифікацій та коду встановлення достовірності повідомлення.

З появою дайджесту повідомлення 512 бітів від SHA-512, хеш-функція стала більш стійким до всіх типів атак, включаючи атаки колізії.

Whirlpool розроблений Вінсентом Ріджменом (Vincent Rijmen) і Пауло Баретто (Paolo Barreto). Він схвалений європейською організацією NESSIE (New European Schemes for Signature, Integrity and Encryption - Нові європейські схеми підписів, цілісності та шифрування).

Whirlpool - ітеративна функція криптографічного хешування, заснована на схемі Міагучі-Пренеля, яка використовує блоковий шифр із симетричними ключами замість функції стиснення. Блочний шифр в даному випадку є змінним шифром AES, який був пристосований для цієї мети. Рис.1 показує хеш-функцію Whirlpool[1].

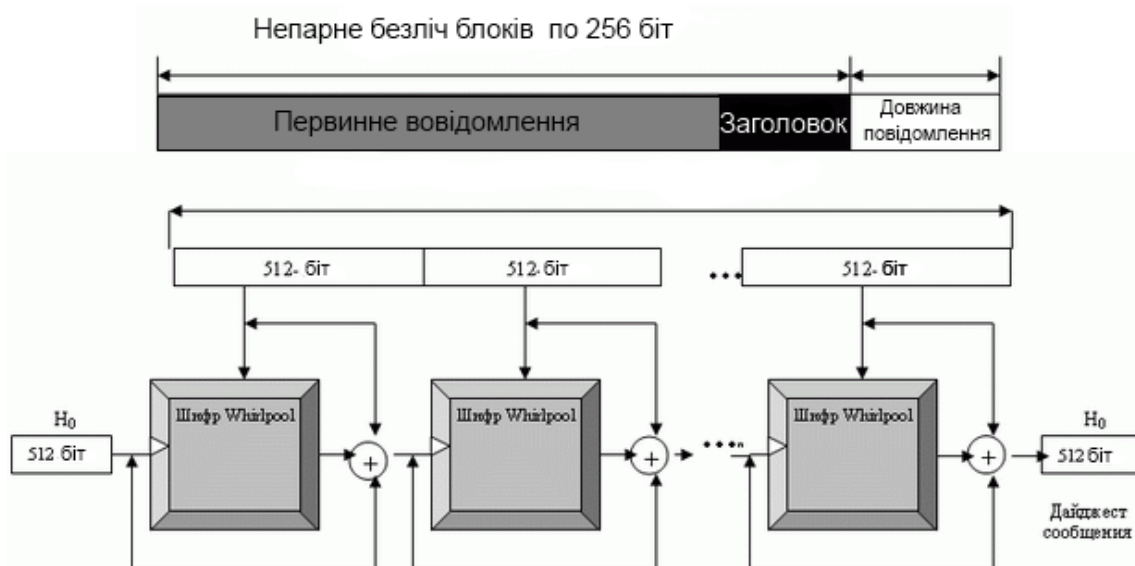


Рис. 1. Whirlpool хеш-функція

Електронний цифровий підпис з обраних засобів найбільш широко забезпечує захист від всіх можливих атак. Причиною цього є наявність в ньому вже розглянутої хеш-функції та закритого ключа шифрування.

Найпрогресивнішою схемою є схема цифрового підпису еліптичної кривої (ECDSS - Elliptic Curve Digital Signature Scheme), яка базується на застосуванні еліптичних кривих. Рис . 2 показує схему цифрового підпису еліптичної кривої.

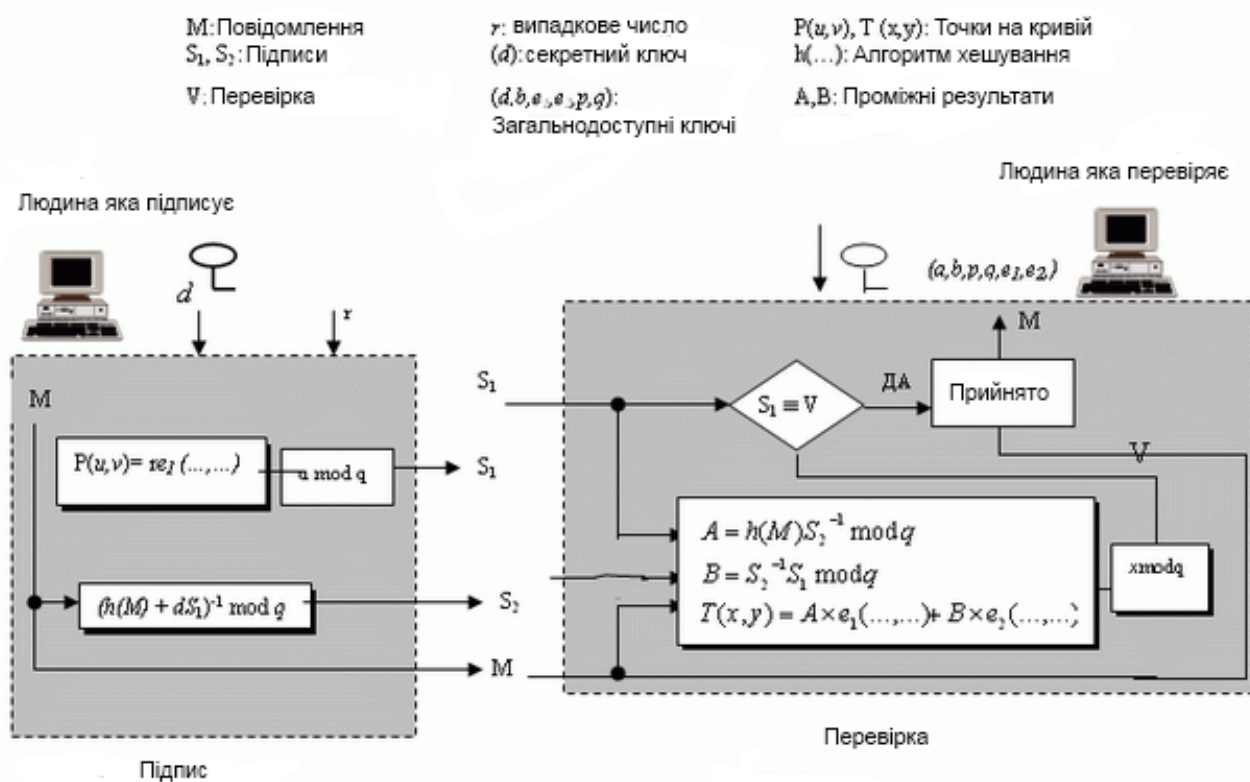


Рис. 2. Схема EDSS

Таким чином найбільш досконалою на даний момент системою для захисту електронних документів можна вважати електронний цифровий підпис на основі еліптичних кривих з застосуванням хеш-функції SHA-512 або Whirlpool[3]. Слід також не забувати про доступ до ключів шифрування. Ключі які стосуються криптографії з симетричними ключами можуть бути надійно захищені за допомогою KDC та протоколів за якими вона працює: протокол Ніідома-Шредера, протокол Отвея-Рісса та протокол Цербера. Ключі можуть розповсюджуватись без KDC за допомогою ключової угоди на основі моделі Діффі-Хеллмана (Diffie-Hellman) і "станція к станції"[1].

Література

4. Баричев С.Г, Серов Р.Е, "Основи современной криптографии", ver1.3, – М. : «Горячая линия» 2001. – 228с.
5. Петров А.А Компьютерная безопасность. Криптографические методы защиты. ДМК Москва, 2000. - 64-87с.
6. Лапонина О.Р. "Основы сетевой безопасности: криптографические алгоритмы и протоколы взаимодействия". Интернет-университет информационных технологий, 2005г – 608с.
7. Фороузан Б.А., "Криптография и безопасность сетей. БИНОМ. ", Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий, Эком, 2010. - 748с.

АНАЛІЗ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЧАСУ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Чернищенко Н.А., Петрова В.Н.

Національний технічний університет України «КПІ»

E-mail: nataly947@gmail.com

Analysis of time synchronization in telecommunication sensor networks

The analysis of the time synchronization in telecommunication sensor networks was performed. Also it was describes method of synchronization TSN with helping of two crystal oscillators for providing high precision and decreasing energy consumption.

Сучасна телекомунікаційна сенсорна мережа (WSN) – це система, яка складається з просторово розподілених автономних пристроїв з використанням датчиків, які забезпечують загальний контроль фізичних, екологічних чи інших параметрів: температури, звуку, вібрації, тиску, руху, дії забруднення та ін..

Сенсорні телекомунікаційні мережі (ТСМ) в даний час інтенсивно розвиваються, удосконалюються і є важливою складовою частиною інформаційного суспільства, забезпечуючи моніторинг різних промислових, природних, соціальних та ін. процесів. Області застосування сенсорних систем охоплюють різні галузі народного господарства, медицину, правоохоронні, контрольні і інші структури.

Більшість сенсорів є мобільними пристроями з вбудованими джерелами енергії. Тому одним з факторів тривалості функціонування вузла є його енергозбереження. Використання енергії вузлів суттєво залежить від режимів роботи підсистеми датчиків. Здебільшого для існуючих сенсорів використовують методи сну/пробудження, що можуть включати прийомопередавачі за вимогою або за розкладом. Методи сну/пробудження за вимогою ефективні в ТСМ, в яких основний час не здійснюється передача інформації. В такій системі вузли більшу частину часу знаходяться в контролюючому стані з відключеними прийомопередавачами та гарантованою обмеженою затримкою можливого переходу в стан передачі. Методи сну/пробудження за розкладом пропонують періодичне одночасне включення прийомопередавачів всіх вузлів. Головна перевага цих методів в тому, що якщо вузол передає дані, то гарантовано всі вузли на даний момент знаходяться в режимі прийому. Одночасний вихід зі сну може привести до одночасної ініціації передачі декількома вузлами, що призведе до колізій.

Однією з основних вимог до даних методів є необхідність використання надійних і ефективних механізмів синхронізації.

Для проведення сеансу зв'язку в ТСМ необхідно, щоб сенсорні вузли, що приймають участь в сеансі, одночасно включили свої прийомопередавачі. Останнє в свою чергу вимагає синхронізації внутрішніх годинників сенсорів. Крім того, точний час сенсорного вузла буде корисним для формування часових відміток даних, що зчитуються з сенсорів.

Чим краще синхронізовані між собою годинники приймаючого та передаючого сенсорів, тим менший запас в інтервалі прослуховування може допускати приймаючий сенсор, і тим менше енергії він витратить на порожнє прослуховування ефіру. Погана синхронізація призводить до непродуктивної витрати енергії приймаючим сенсором.

Існуючі методи синхронізації ТСМ мають один спільний недолік - у всіх них використовуються швидкі годинники, що працюють постійно. Хоч при цьому і з'являється можливість досягти високої точності синхронізації часу, але одночасно серйозно страждає енергетична ефективність, оскільки постійно працюючий швидкий генератор витрачає порівняно багато енергії.

В доповіді розглянуто метод синхронізації в ТСМ, що передбачає наявність двох годинників: повільного і швидкого.

Повільний годинник працює постійно і забезпечує вихід сенсорного вузла з режиму сну. Він тактується від кварцового резонатора камертонного типу. Для нього характерна значна зміна частоти в залежності від температури.

Швидкий годинник в режимі сну не працює, що забезпечує мінімізацію енергоспоживання. У періоди активності сенсора швидкий годинник використовується для визначення точного часу включення прийомопередавача.

Для зменшення швидкості розходження значень годинників сенсорних вузлів, кожен з сенсорів автономно виконує калібрування повільного годинника з швидким і враховує температурну поправку при розрахунку часових інтервалів. При кожному сеансі зв'язку проводиться синхронізація для усунення часової розбіжності, що залишилася між сенсорами.

В доповіді запропоновано процедуру врахування температурних поправок та процедуру калібрування, що полягає в тому, щоб виміряти один і той же досить тривалий часовий проміжок і повільним, і швидким годинником, а потім обчислити коефіцієнт, який дозволить компенсувати розбіжність повільних годинників сенсорних вузлів. Калібрування проводиться один раз при запуску сенсора в роботу, але періодично може повторюватися для компенсації накопичених помилок.

Слід відзначити, що початкова синхронізація годинників сенсорів досягається під час процедури конфігурації - при підключенні нового

сенсорного вузла до існуючої мережі. Після цього пропонується підтримувати синхронізацію за допомогою описаного нижче алгоритму:

Приймаючий сенсор під час планування чергового сеансу зв'язку оцінює час через який сеанс буде відбуватиметься. Тривалість інтервалу прослуховування тим більша, чим більше час до наступного сеансу. Сеанс планується таким чином, щоб момент прийому пакета від передаючого вузла припадав точно на середину інтервалу.

Коли настає час сеансу, передаючий вузол виконує одну з дій:

- якщо є дані для відправки, то вузол передає звичайний пакет з даними;
- якщо даних немає, то для підтримки синхронізації передається пакет мінімальної довжини (наприклад, пакет розміром 15 байт).

Приймаючий вузол зберігає часову мітку початку отримання пакета. Пакет обробляється сенсором як звичайно. Після цього обчислюється різниця між фактичним і очікуваним часом початку отримання пакету і проводиться зсув часу наступного сеансу.

Розглянутий підхід до синхронізації годинників вузлів телекомунікаційної сенсорної мережі дозволяє забезпечити точність синхронізації годинників 0,5 мс при періодичності сеансів зв'язку близько 15 с, також очікується виграш по енергоспоживанню більш ніж в 800 разів у порівнянні з системами, що забезпечують синхронізацію з точністю 500 мс.

Література

1. Алгулиев Р.М. Сенсорные сети: состояние, решение и перспективы / Р.М. Алгулиев, Т.Х. Фаталиев, Б.С. Агаев, Т.С. Алиев // ISSN 1684-2588 Телекоммуникации. Ежемесячный научно-технический информационно-аналитический и учебно-методический журнал. — 2007. — № 4. — С. 27—32.
2. Кучерявый Е.А. Принципы построения сенсоров и беспроводных сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // Электросвязь. — 2006. № 6.
3. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столингс. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
4. Jana van Greunen, Rabaey J. Lightweight Time Synchronization for Sensor Networks // Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Wireless Sensor Networks and Applications, 2003.
5. Maroti M., Kusy B., Simon G., Ledeczi A. The Flooding Time Synchronization Protocol // Proceedings of the 2nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2004.
6. Sommer P., Wattenhofer R. Gradient Clock Synchronization in Wireless Sensor Networks // Proceedings of the 2009 International Conference on Information Processing in Sensor Networks, 2009.

ВИЯВЛЕННЯ КРИТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СЕНСОРНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Шестаков В. І., Чернишук С. В.

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова ДУТ

E-mail :shvi@mail.ru, chernuu@yandex.ru

Critical elements of sensor telecommunication network detection

Approach to critical elements of sensor telecommunication network detection is developed. In contrast to known approaches it takes into account structural vulnerability of sensory telecommunication networks as well as interdependences between their elements. It allows to receive criticality level estimate in form of unified complex quantitative characteristic, which can be qualitatively analysed after its association with linguistic scale.

На даний час сенсорні телекомунікаційні мережі (СТКМ) набули значного поширення у всіх галузях життєдіяльності людства, починаючи від промислового виробництва і закінчуючи сферою безпеки і оборони. Характерною особливістю сучасних СТКМ є здатність до самоорганізації, тобто зміни своєї структури з часом. Крім того, у складі будь-якої сенсорної мережі присутні критичні елементи – вузли, виведення яких з ладу порушує стає функціонування усієї мережі. Завчасне виявлення таких елементів (або їх груп) дозволяє забезпечити заданий рівень живучості мережі, шляхом перекомутації або резервування вузлів.

Переважна більшість робіт, присвячених виявленню критичних елементів мережових структур, наприклад [1-3], ґрунтується на методах експертного та статистичного оцінювання. У першому випадку досить проблематично забезпечити достатню об'єктивність виявлення, у другому – накопичення потребують статистичні характеристики процесу функціонування СТКМ. Такі підходи суттєво ускладнюють процес виявлення критичних елементів і, як наслідок, не дозволяють своєчасно реагувати на зміну структури мережі. Тому нагальною є потреба розробки методологічних основ, позбавлених від зазначених недоліків.

Зобразимо деяку СТКМ у вигляді зваженого орієнтованого графа (рис. 1):

$$G=(X,U), \quad (1)$$

де X – множина вершин ($|X|=n$), що відповідають вузлам мережі й позначаються x_i , $i=\overline{1,n}$, n – кількість вузлів; U – множина зважених дуг ($|U|=n(n-1)$), які відображають взаємозв'язки між вузлами й позначаються впорядкованою парою $u=(x_i,x_j)$, $x_i \neq x_j$, $i,j=\overline{1,n}$, що складається з початкової x_i і кінцевої x_j вершин.

Ступінь критичності i -го вузла для функціонування СТКМ в цілому визначатимемо частковим збитком S_i , який понесе мережа внаслідок виведення цього вузла з ладу:

$$S_i = \frac{T_{net}}{T_i}, \quad (2)$$

де T_{net} – час простою мережі у результаті виведення з ладу її i -го вузла; T_i – час, на який виведено з ладу i -й вузол.

Для врахування множини специфічних параметрів M , якими прийнято вимірювати продуктивність функціонування СТКМ, величина S_i (2) набуває часопараметричної функціональної залежності:

$$S_i = f(t, m_1, m_2, \dots, m_p), \quad m_k \in M, \quad k = \overline{1, p}. \quad (3)$$

Тоді кожній вершині x_i графу поставимо у відповідність деяке значення S_i .

Нехай вага дуги (x_i, x_j) відображає ступінь залежності між вузлами мережі, який вимірюється умовною ймовірністю $P_{i,j}$ виходу з ладу i -го вузла, якщо пошкоджено j -й вузол. Оцінки $P_{i,j}$ отримуються за результатами імітаційного моделювання шляхом почергово виведення з ладу одних вузлів мережі та реєстрації випадків порушення функціонування інших.

Непрацездатність i -го вузла мережі позначатимемо $z_i = 1$. Відповідно за умови, що N – множина усіх вузлів СТКМ, а L – множина вузлів, для яких $z_i = 1$, то $N \setminus L$ – множина елементів, для яких $z_i = 0$.

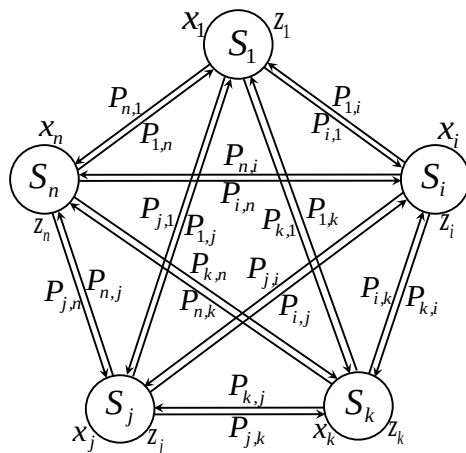


Рис. 1. Графова модель СТКМ

Розглянемо типовий сценарій порушення функціонування деякої умовної СТКМ в результаті виведення з ладу її i -го вузла ($z_i = 1$). Залежно від критичності цього вузла СТКМ може значно знизити свою продуктивність або повністю припинити роботу. Таким чином, мережі буде завдано безпосереднього збитку S_i внаслідок порушення роботи окремого i -го вузла.

Разом з тим, в силу існування зв'язків між вузлами СТКМ з деякою ймовірністю $P_{i,j}$ будуть виведені з ладу й інші вузли, для

яких $P_{i,j} \neq 0$. При розрахунку умовної ймовірності $P_{i,j}$ до уваги приймаються усі можливі варіанти розвитку «каскадного ефекту», які на графі (див. рис. 1) є наборами послідовних і паралельних дуг. Тому для визначення $P_{i,j}$ слід дотримуватися наступних правил. По-перше, фрагмент графа, що складається з двох послідовних дуг $P_{i,k}$ і $P_{k,j}$, може замінюватися однією еквівалентною дугою, вага якої розраховується за виразом:

$$P_{i,j} = P_{i,k} P_{k,j}. \quad (4)$$

По-друге, фрагмент графа, що складається з двох паралельних дуг $P'_{i,j}$ і $P''_{i,j}$, може замінюватися однією еквівалентною дугою, вага якої розраховується за виразом:

$$P_{i,j} = P'_{i,j} + P''_{i,j} - P'_{i,j}P''_{i,j}. \quad (5)$$

Тоді збиток R'_i від виникнення «каскадного ефекту» внаслідок виведення з ладу i -го вузла розраховується за виразом:

$$R'_i = \sum_{j \in NL} P_{j,i} S_j \quad (6)$$

Таким чином, загальний збиток R_i для заданої СТКМ визначатиметься частковим збитком S_i мережі від непрацездатності її i -го вузла та збитком R'_i , обумовленим подальшим виникненням «каскадного ефекту», тобто:

$$R_i = S_i + R'_i. \quad (7)$$

Вираз (7) є кількісною оцінкою критичності окремого вузла для заданої СТКМ. Для інтерпретації отриманого значення слід визначити критерії, які характеризуватимуть її співвідношення з лінгвістичною шкалою оцінок. Коректність використання такої шкали потребує нормування кількісної оцінки R_i за її максимальним значенням R_{max} . Тоді нормований кількісний показник критичності елементу мережі набуває вигляду:

$$R_{i_0} = \frac{R_i}{R_{max}}, \quad (8)$$

де R_{max} – максимально можливе значення збитку.

Лінгвістична шкала критичності елементів мережі може бути подана у вигляді табл. 1.

Таблиця 1

Лінгвістична шкала критичності елемента СТКМ

Значення нормованої інтегральної оцінки критичності вузла, R_{i_0}	Лінгвістична категорія критичності вузла мережі
0,7-1	Критичний
0,0-0,7	Не критичний

Література.

1. Critical Infrastructure and Key Resources Sector-Specific Plan as input to the National Infrastructure Protection Plan. Defense Industrial Base. [Electronic resource] – Mode of access : http://www.dhs.gov/xlibrary/assets/DIB_SSP_5_21_07.pdf.
2. Кондратьев А. Современные тенденции в исследовании критической инфраструктуры в зарубежных странах / А. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2012. – №1. – С. 19–30.
3. Emanuele G. Agent Based Modeling and Simulation for critical and interdependent systems / G. Emanuele // PhD Thesis to Obtain the Title of PhD of Science. Universita Di Roma. – 2010.

ОПТИМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ СОВМЕСТНОГО ДЕКОДИРОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ КОДОВ И ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОЛУЧЕВОГО КАНАЛА СВЯЗИ С МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СОЗВЕЗДИЕМ МОДУЛЯЦИИ

Шпилька А.А., Жук С.Я.

Радиотехнический факультет НТУУ «КПИ»

E-mail: sasha_shpilka@mail.ru

Joint optimal algorithm decoding of convolutional codes and evaluation parameters of the multipath channel with multiposition modulation constellation

In this paper, the optimal algorithm joint decoding convolution codes with estimation of the parameters of the multipath channel are synthesized. Solution of the problem made in the class an interpolation algorithm mixed-Markov processes in discrete time.

Каналы передачи данных в реальных системах цифровой связи, как правило, ограничены по полосе. К тому же частотная характеристика канала неидеальная, что приводит к искажениям в виде межсимвольной интерференции, которая, оставаясь неучтенной, приводит к ошибкам в принятии решения [1]. Каналы, которые вносят искажения в виде межсимвольной интерференции, часто называют каналами с памятью.

Для повышения вероятности правильного приема в условиях помех широко используются сверточные коды. Если источник информации марковский, и сообщения передаются в канале без памяти, то для декодирования сверточных кодов может быть применен ВСJR алгоритм [2]. Он рассчитывает апостериорные вероятности для каждого переданного символа с учетом всех полученных на рассмотренном интервале наблюдений. Оценка переданного символа находится по критерию максимума апостериорной вероятности, что позволяет минимизировать вероятность ошибки в принятии решений. Однако полученный для канала без памяти алгоритм ВСJR не может быть использован в случае многолучевого канала связи.

Для решения задачи совместного декодирования сверточных кодов и оценивания параметров многолучевого канала связи можно использовать алгоритм, представленный в [3]. Однако он разработан для случая одномерных модуляционных созвездий, которые являются вещественными. Тенденцией современных цифровых каналов связи является использование многомерных модуляционных созвездий, которые позволяют увеличить эффективность использования полосы канала. Многомерные созвездия могут быть представлены на комплексной плоскости. Таким образом, актуальным

является задача синтеза алгоритма совместного декодирования сверточных кодов и оценивания параметров многолучевого канала связи в комплексной форме.

Представим известную математическую модель измерения последовательности канальных символов в многолучевом канале связи [3], при использовании многопозиционного созвездия модуляции в виде:

$$\dot{x}_k = \dot{x}_{k-1} + \dot{\omega}_k; \quad (1)$$

$$\dot{y}_k = \dot{H}_k \cdot \dot{x}_k + \dot{v}_k. \quad (2)$$

где $\dot{x}_k = x_k^c + j \cdot x_k^s$ - комплексный вектор, который описывает состояние многолучевого канала; $\dot{\omega}_k = \omega_k^c + j \cdot \omega_k^s$ - вектор комплексного шума возбуждения модели, учитывающий изменение неизвестных коэффициентов x_k на интервале измерения, с нулевым математическим ожиданием и корреляционной матрицей R_ω ; $\dot{y}_k = y_k^c + j \cdot y_k^s$ - комплексное измерение на выходе линейной части демодулятора; $\dot{v}_k = v_k^c + j \cdot v_k^s$ - некоррелированная гауссовская последовательность с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ_v^2 ; $\dot{H}_k = [\dot{q}_k^r, \dots, \dot{q}_{k-\Delta+1}^r]$ - вектор переданных канальных символов на временном интервале $k, \dots, k - \Delta + 1$.

Задача оценивания считается решенной, если на выходе оптимального устройства формируется либо апостериорная плотность вероятности (ПВ), либо оптимальная оценка, соответствующая определенному критерию оптимальности [4]. Важное значение при этом имеет представление априорной ПВ оцениваемого процесса. Так, рекуррентное представление априорной ПВ марковских процессов позволяет синтезировать рекуррентные оптимальные алгоритмы оценивания, на основе которых могут быть получены удобные для практической реализации и обладающие требуемой точностью квазиоптимальные алгоритмы.

Известно, что наибольшая точность оценивания достигается при решении задачи интерполяции [5]. Это объясняется тем, что интерполяционная оценка определяется по измерениям, полученным как до, так и после рассматриваемого момента времени.

Решение задачи декодирования сверточных кодов в многолучевом канале связи с априори неизвестными параметрами будем искать в классе интерполяционно-фильтровых алгоритмов смешанных марковских процессов (СМП) в дискретном времени [4]. Введем в рассмотрение последовательность значений $I_k^l = b_k^j, \dots, b_{k-\Delta+1}^j$, которые принимают информационные символы b_k^j на интервале $k - \Delta + 1, \dots, k$. Индекс l определяет номер возможной последовательности значений дискретного компонента b_k^j и принимает значение $l = \overline{1, L^\Delta}$. Рассмотрим совместную апостериорную ПВ СМП ξ_k вида $W(\dot{x}_k, S_{k-\Delta+1}^m, I_k^l) = f(\dot{x}_k, S_{k-\Delta+1}^m, I_k^l | \dot{Y}_k)$, где $\dot{Y}_k = \dot{y}_1, \dots, \dot{y}_k$ - последовательность измерений.

Следуя методике [3] можно показать, что $W(\dot{x}_k, S_{k-\Delta+1}^m, I_k^l)$ вычисляется на основе рекуррентного уравнения:

$$W(\dot{x}_k, S_{k-\Delta+1}^m, I_k^l) = \frac{P(\dot{y}_k | \dot{x}_k, I_k^l, S_{k-\Delta+1}^m) \Pi_{ij}}{P(\dot{y}_k | \dot{Y}_{k-1})} \sum_{n=1}^M \sum_{\alpha=1}^L W(S_{k-\Delta}^n, I_{k-1}^d) \times \\ \times P(S_{k-\Delta+1}^m | S_{k-\Delta}^n, b_{k-\Delta}^\alpha) \int_{-\infty}^{\infty} f(\dot{x}_k | \dot{x}_{k-1}) f(\dot{x}_{k-1} | S_{k-\Delta}^n, I_{k-1}^r, \dot{Y}_{k-1}) d\dot{x}_{k-1}, \quad (3)$$

где $P(\dot{y}_k | \dot{x}_k, I_k^l, S_{k-\Delta+1}^m)$ - функция правдоподобия наблюдения $\dot{y}_k$ определяемая на основе уравнения (2); $f(\dot{x}_k | \dot{x}_{k-1})$ - условная ПВ, определяемая на основе уравнения (1); $f(\dot{x}_{k-1} | S_{k-\Delta}^n, I_{k-1}^r, \dot{Y}_{k-1})$ - условная ПВ $\dot{x}_{k-1}$ при условии $S_{k-\Delta}^n, I_{k-1}^r, \dot{Y}_{k-1}$; $P(S_{k-\Delta+1}^m | S_{k-\Delta}^n, b_{k-\Delta}^\alpha)$ - условная вероятность перехода состояния кодера $S_{k-\Delta}^n$ в состояние $S_{k-\Delta+1}^m$ в случае передачи информационного символа $b_{k-\Delta}^\alpha$; $W(S_{k-\Delta}^n, I_{k-1}^d)$ - совместная апостериорная вероятность состояния кодера $S_{k-\Delta}^n$ и последовательности символов I_{k-1}^d ; $P(\dot{y}_k | \dot{Y}_{k-1})$ - условная ПВ, являющаяся нормирующим множителем.

Таким образом, получен оптимальный рекуррентный алгоритм интерполяции на скользящем интервале информационных символов из комплексного созвездия и интерполяции с постоянной задержкой состояния кодера, который одновременно оценивает параметры многолучевого канала связи. Синтезированный алгоритм обеспечивает возможность производить декодирование сверточных кодов по критерию максимума апостериорной вероятности. Квазиоптимальный алгоритм может быть получен с использованием метода полигауссовской аппроксимации.

Литература

1. *Проакис Дж.* Цифровая связь. Пер с англ. – М.: Радио и связь, 2000. – 800с. / John G. Proakis. Digital Communications. New York, NY, USA: McGraw-Hill Inc., 3rd edition, 1995.
2. *Moon Todd K.* Error correction coding: mathematical methods and algorithms. 2005 by John Wiley & Sons. ISBN 0-471-64800-0.
3. *Шилька А.А., Жук С.Я.* Совместное декодирование сверточных кодов и оценивание параметров многолучевого канала связи на скользящем интервале //Радиоэлектроника.–2011. – Том 54. –№3. – с. 26-30. (Изв. высш. учеб. заведений)
4. *Жук С.Я.* Методы оптимизации дискретных динамических систем со случайной структурой : монография. К.: НТУУ «КПИ», 2008.-232с.
5. *Тихонов В.И., Харисов В.Н.* Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. -М.: Радио и связь, 1991.-608с.

СПОСІБ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ І ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРИВАЛОГО НЕМОДУЛЬОВАНОГО РАДІОСИГНАЛУ ПРИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НЕСНОЇ ЧАСТОТИ

**Г.В. Пєвцов¹, А.Я. Яцуценко¹, Д.В. Карлов¹, М.Ф. Пічугін¹,
Ю.В. Трофименко¹, С.В. Чуб², М.В. Борцова³**

¹*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

²*в/ч А0515*

³*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського „ХАІ”*

Method of power discovery and evaluation of parameters of the protracted unmodulated radio signal at the vagueness of bearing frequency

The method of power discovery and evaluation of parameters of the protracted unmodulated radio signal is examined commensurable on energy with internal noises in the conditions of a priori vagueness of bearing frequency with the set possible exactness

В ході ведення бойових дій угрупованням сухопутних військ може виникати ситуація, коли в зоні бойових дій одночасно існує декілька різнорідних джерел радіовипромінювання різних потужностей, тривалостей і частот. Ставиться завдання на основі системного підходу синтезувати алгоритм обробки інформації в пасивній багатопозиційній радіолокаційній системі (БП РЛС) із різнорідних джерел (наземних, повітряних та космічних) з метою отримання моноімпульсним способом максимальної кількості вірогідної інформації в зоні бойових дій угруповання сухопутних військ.

При апріорній невизначеності несної частоти прийнятих радіопеленгаторами радіосигналів якісні показники енергетичного виявлення радіосигналів не відрізняються від якісних показників виявлення в умовах апріорної визначеності. Це зумовлено тим, що при енергетичному виявленні нормованої до усередненої енергії шуму сумарної енергії сигналу і шуму на інтервалі статистичного аналізу, рівному тривалості радіосигналу, значення частоти і фази на якість виявлення не впливають.

Тому за основу алгоритму виявлення радіосигналів в пасивній БП РЛС доцільно взяти алгоритм послідовного або паралельного виявлення нормованої енергії суміші радіосигналу і шуму [2; 3].

Для гаусівської моделі амплітудних флуктуацій внутрішнього шуму приймача залежність умовної ймовірності правильного виявлення сумарної нормованої енергії сигналу і шуму до усередненої енергії шуму при різних умовних ймовірностях хибних тривог від відношення енергії сигналу до енергії шуму подано на рис.1 при умові співпадання інтервалу статистичного аналізу з тривалістю радіосигналу при числі відліків $n=500$. Поріг виявлення визначається за критерієм Неймана-Пірсона для моделі χ^2 -розподілу щільності ймовірностей суми квадратів гаусівських вибірок.

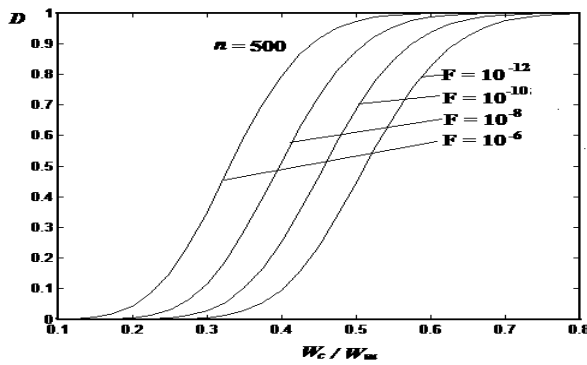


Рис.1 Залежність умовної ймовірності правильного виявлення сумарної нормованої енергії сигналу і шуму до усередненої енергії шуму при різних умовних ймовірностях хибних тривог від відношення енергії сигналу до енергії шуму

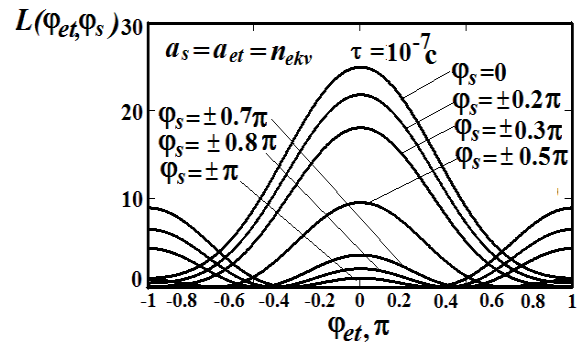


Рис.2 Залежність енергетичного відношення правдоподібності в широкосмуговому парному каналі оцінювання початкової фази в діапазоні однозначного фазового зрушення еталонних радіосигналів

В основу теорії оцінювання параметрів радіосигналу при енергетичному підході, як і в класичному випадку, покладена мінімізація умовного середнього ризику для кожної реалізації випадкового процесу шляхом пошуку оцінки параметрів виявлених радіосигналів при складанні їх з множиною еталонних радіосигналів (кореляційна обробка радіосигналів) при заданих функціях вартості і пошуку максимального значення апостеріорного енергетичного відношення правдоподібності. Значення еталонного радіосигналу, якому відповідає максимальне значення апостеріорного енергетичного відношення правдоподібності, і є оцінкою параметра радіосигналу. На відміну від класичної теорії оцінювання використання енергетичного відношення правдоподібності дозволяє оптимально оцінити значення параметрів радіосигналів по енергетиці менших за рівень внутрішніх шумів [3].

На основі аналізу способів оцінювання початкової фази і частоти радіосигналів [4], що співвимірні з внутрішніми шумами приймача, для тривалих радіосигналів пропонується алгоритм енергетичного виявлення і оцінювання параметрів тривалих радіосигналів з заданою можливою точністю.

З метою оцінки можливостей використання фазового методу в енергетичній теорії виявлення і оцінювання для кореляційного способу обробки тривалих радіосигналів при апріорній невизначеності несної частоти радіосигналів дослідженню підлягала детермінована модель суми гармонійних вхідного $a_s \cdot \cos((2\pi(f_0 + f_{cs})\tau + \varphi_s))$ і еталонного радіосигналів $a_{et} \cdot \cos((2\pi(f_0 + f_{cet})\tau + \varphi_{et}))$ на частоті $f_0 = 2 \cdot 10^8 \text{ Гц}$ і еквівалентної амплітуди шуму n_{ekv} , визначеної з усередненої енергії шуму, для різної тривалості радіосигналів $\tau = 10^{-1} \dots 10^{-8} \text{ с}$.

Енергетичне відношення правдоподібності детермінованої моделі має вигляд:

$$L(a_s, n_{ekv}, f_{cs}, a_{et}, \varphi_s, \varphi_{et}) = \frac{[a_s \cos((2\pi(f_0 + f_{cs})\tau + \varphi_s)) + n_{ekv} + a_{et} \cos((2\pi(f_0 + \Delta f_{et})\tau + \varphi_{et}))]^2}{(n_{ekv})^2}.$$

Залежність енергетичного відношення правдоподібності в широкосмуговому каналі оцінювання ($\tau = 10^{-7} \text{ н}$) для відомих класів об'єктів в діапазоні фаз

еталонного радіосигналу при зміні початкових фаз оцінюваного для однакових амплітуд прийнятого, еталонного і еквівалентного шумового сигналу $a_s = n_{ekv} = a_{et} = 10$ подана на рис. 2.

Залежність енергетичного відношення правдоподібності на вході дешифратора в діапазоні фазових затримок вхідної реалізації суміші радіосигналу і шуму для доплерівської частоти радіосигналу $f_d = 565432,757 \text{ Гц}$ при відсутності $\Delta f_{et} = 0 \text{ Гц}$ і наявності зсуву частоти еталонного радіосигналу відносно несної частоти $\Delta f_{et} = 0,88888 \text{ Гц}$ подана на рис.3.

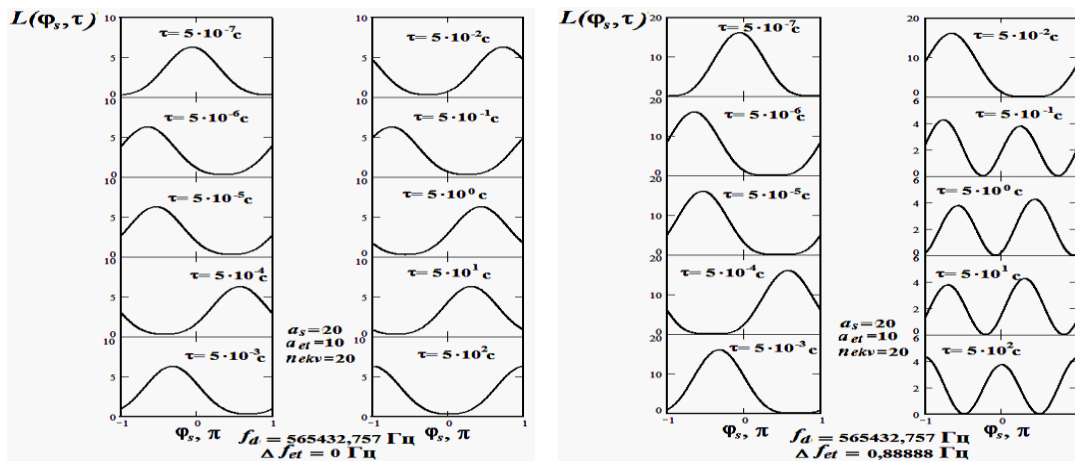


Рис.3 Залежності енергетичного відношення правдоподібності на вході дешифратора

Із аналізу рис.3 слідує, що в умовах апіорної невизначеності несної частоти розподіл максимумів енергетичних відношень правдоподібності в діапазоні фазових зрушень вхідної реалізації сигналу і шуму залишився таким же при наявності частотних зсувів відносно несної частоти радіосигналу. Але абсолютне значення енергетичних відношень правдоподібності змінилося в тих частотних каналах, де значення частоти відрізняється від несної. У зв'язку з цим, алгоритм енергетичного оцінювання початкової фази і доплерівської частоти тривалого радіосигналу в пасивній БП РЛС може бути аналогічним випадку оцінювання при апіорній визначеності несної частоти.

Література

1. Г.В. Певцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, Ю.В. Трофименко Метод енергетичного виявлення радіосигналів //Системи управління, навігації та зв'язку. - К.: -2010.-№4(16).-с.72-76.
2. Патент на корисну модель 57216. Україна, МПК G01S 7/02. /Процес енергетичного виявлення радіосигналів Г.В.Певцов, А.Я.Яцуценко, та ін.; – №201012202; заявл. 15.10.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. №3.
3. Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Клімішен О.О. //Патент на корисну модель 64707. Україна, МПК G01S 7/34. /Спосіб багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів; – №201106721; заявл. 30.05.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21.
4. Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В., Остапова А.М., Клімішен О.О. //Патент на корисну модель 75126. Україна, МПК G01S 7/34. /Спосіб енергетичного виявлення тривалого немодульованого радіосигналу і послідовного оцінювання його початкової фази і доплерівської частоти; – №2012004737; заявл. 17.04.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. №22.

УДК 621.391

**МАКЕТ СИСТЕМЫ ТРАНСЛЯЦИИ РАДИОСИГНАЛА ЦИФРОВОГО
ТЕЛЕВИДЕНИЯ СТАНДАРТА DVB-C ПО РАДИОЛИНИИ СВЧ
ДИАПАЗОНА 4,3 ГГц ДЛЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗЕ**

Авдеенко Г.Л., Чижевская А.В., Бранчук В.Н.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
E-mail: djang02006@ukr.net

Digital television system prototype in 4.3 GHz band for university education purposes

One of the variants of digital television system of DVB-C standard radiosignal broadcasting system for 4.3 GHz and its quality ratings due to laboratory test are stated in this report. By the report of authors opinion, implementation of DVB-C digital television system prototype may facilitate for students' knowledges improving at such technical areas as microwave antennas and transmission lines, theory of signal generation, amplification, filtering, DVB-C standard, MPEG-2 coding and television transport stream forming.

В настоящее время стремительное развитие телекоммуникационной отрасли, и, в частности систем спутникового и наземного цифрового ТВ (ЦТВ), радиорелейной связи и широкополосного беспроводного радиодоступа, работающих в СВЧ диапазоне, требует повышения уровня теоретической и практической подготовки студентов в ВУЗах, готовящих специалистов телекоммуникационного профиля.

Однако, не смотря на наличие доступной литературы [1-2], посвященной изучению, в первую очередь теоретических аспектов систем ЦТВ, крайне актуальной в настоящее время является задача создания макетов и экспериментальных образцов элементов систем ЦТВ, предназначенных для практических и лабораторных занятий со студентами. Это обусловлено тем, что наличие на телекоммуникационном рынке огромного количества оборудования, предназначенного для практического создания современных систем связи и вещания в первую очередь операторами крупных вещательных сетей, является недоступным для ВУЗов по причине их высокой стоимости из-за отсутствия должного государственного и коммерческого финансирования.

В связи с этим, в данном докладе рассматривается один из возможных вариантов построения системы трансляции радиосигналов ЦТВ в диапазоне 4,3 ГГц из относительно недорогих и доступных компонентов, предназначенной для улучшения лабораторных занятий в ВУЗах, где учебными программами предусмотрено изучение систем телевизионного вещания.

Рассмотрим принцип работы и состав предлагаемого варианта макета системы трансляции радиосигнала ЦТВ стандарта DVB-C по радиолинии СВЧ диапазона. Его структурная схема показана на рис.1. Формирование радиосигнала ЦТВ стандарта DVB-C осуществляется с помощью трансмодулятора WISI OV75, работающего в автономном режиме, из радиосигнала спутникового ЦТВ стандарта DVB-S, принимаемого от одного из спутников: Astra 4A, Amos 3, Hot Bird.

В качестве радиосигнала ЦТВ стандарта DVB-S был выбран транспондер спутника Astra 4A (Sirius, 4.8 в.д) с параметрами: частота – 11766 МГц,

поляризация излучаемых со спутника радиоволн – горизонтальная, символьная скорость 27500 Ксимв/с, FEC = 3/4, ширина спектра – 36 МГц, модуляция – QPSK, эквивалентная изотропно излучаемая мощность от ИСЗ – 51 дБВт. Выбор этого транспондера обусловлен двумя причинами: во-первых, в нём транслируются бесплатные украиноязычные телевизионные программы, во-вторых – это один из наиболее мощных транспондеров спутника Astra 4A, позволяющий первоначально получить хороший запас по помехоустойчивости в 6-7 дБ на входе макета, и, соответственно, обеспечить устойчивость работы макета при плохих погодных условиях (дождь, снег, туман). Приём указанного транспондера осуществляется офсетной зеркальной антенной диаметром 0,9 м, установленной на крыше учебного корпуса, в спутниковом конверторе которой радиосигнал усиливается ориентировочно на 60 дБ и переносится на промежуточную частоту 1166 МГц.

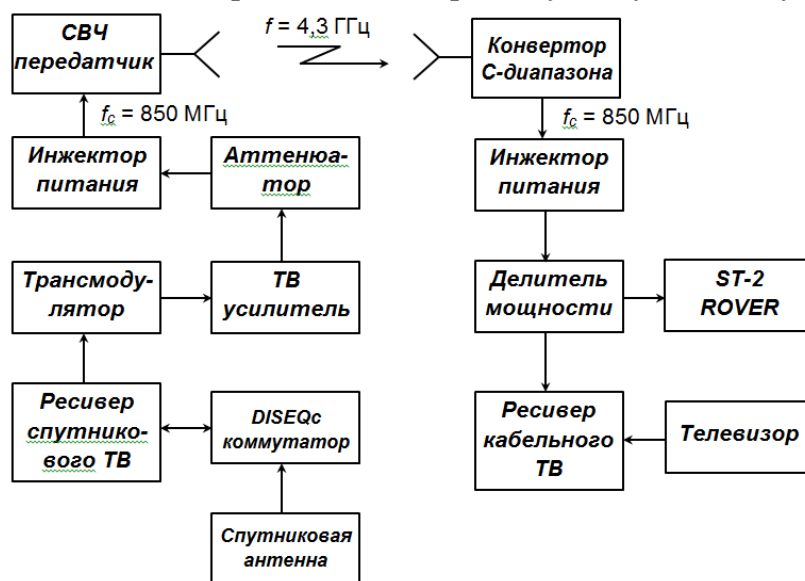


Рис. 1. Структурная схема макета трансляции радиосигналов ЦТВ стандарта DVB-S.

Далее через DiSeQc коммутатор по радиочастотному коаксиальному кабелю Finmark с волновым сопротивлением 75 Ом длиной 25 м радиосигнал с уровнем -50...-47 дБм поступает на вход спутникового ресивера EuroSky DVB-3023. Этот ресивер необходим для управления DiSeQc коммутатором с целью обеспечения выбора необходимого транспондера стандарта DVB-S спутника Astra 4A. Далее через петлю промежуточной частоты (ПЧ), которой оборудовано большинство тюнеров доступных современных спутниковых ресиверов, радиосигнал DVB-S поступает на вход трансмодулятора WISI OV75.

Трансмодулятор программируется как для демодуляции и декодирования радиосигнала ЦТВ стандарта DVB-S до уровня транспортного потока MPEG, так и для модуляции этим потоком как по амплитуде, так и по фазе несущего колебания из диапазона 47–862 МГц. В результате на выходе трансмодулятора формируется радиосигнал ЦТВ стандарта DVB-C с несущей частотой $f_s = 850$ МГц, уровнем -30дБм, с модуляцией QAM-16/32/64/128/256 и шириной спектра до 8 МГц. Далее этот радиосигнал через инжектор питания, который предназначен для введения в коаксиальный кабель напряжения питания 12 В, поступает на вход широкополосного ТВ усилителя с коэффициентом усиления 20 дБ. С его выхода сигнал поступает на вход коаксиального аттенюатора, предотвращающего насыщение каскадов СВЧ передатчика. Этот передатчик конструктивно выполнен на основе фланцевого конвертора С-диапазона, состыкованного с пирамидальной рупорной антенной размером 26x18 см, имеющей коэффициент усиления около 21

дБ на частоте 4,5 ГГц. Передатчик состоит из усилителя промежуточной частоты с коэффициентом усиления около 20 дБ, смесителя на полевом транзисторе и транзисторного СВЧ гетеродина на частоту $f_{LO} = 5150$ МГц, стабилизированного диэлектрическим резонатором.

С выхода смесителя сигналы суммарной $f_1 = f_{LO} + f_s = 6000$ МГц и разностной составляющих $f_2 = f_{LO} - f_s = 4300$ МГц, а также другие продукты преобразования поступают на вход полосового фильтра на связанных микрополосковых резонаторах с ориентировочной полосой пропускания 3,7 - 4,5 ГГц, который пропускает на свой выход только радиосигнал с несущей f_2 , подавляя при этом комбинационные составляющие.

С выхода фильтра радиосигнал поступает на трёхкаскадный выходной усилитель мощности на СВЧ полевых транзисторах, собранный по схеме с общим истоком. Выходная мощность передатчика составляет около 1 мВт. Далее, с выхода последнего каскада усилителя радиосигнал DVB-C поступает на вход зонда, связывающего печатную плату передатчика с прямоугольным волноводом, в котором возбуждается электромагнитная волна, излучаемая с помощью рупорной антенны в пространство учебной лаборатории. Значение плотности потока мощности излучения на раскрыве рупорной антенны составляет $\Pi = 2,2$ мкВт/см², что не превышает допустимой безопасной нормы, значение которой 2,5 мкВт/см².

В качестве приёмного устройства, расположенного на расстоянии 8 м от передающего, используется обычный конвертор спутникового телевидения С-диапазона, обеспечивающий сквозное усиление около 65 дБ. Потери энергии электромагнитной волны в пространстве между передающей и приёмной сторонами на частоте 4,3 ГГц составляют около 45-50 дБ. С выхода конвертора, радиосигнал ЦТВ с модуляцией QAM-16/32/64/128/256 с уровнем около 0 дБм через инжектор питания конвертора поступает на коаксиальный ответвитель мощности, с выхода которого он с ослаблением 3 дБ поступает на вход анализатора сигналов цифрового ТВ ST-2 ROVER а с ослаблением в 20 дБ – на вход ресивера цифрового кабельного ТВ Homecast, в котором происходит демодуляция и декодирование радиосигнала, в результате чего получаем пакет ТВ программ стандартного качества, которые и выводятся на телевизионный приёмник через его композитный вход.

Измерения, проводимые с помощью анализатора сигналов ЦТВ ST-2 ROVER и подмену ресивера «Качество» позволяют оценить степень ухудшения основных показателей (ухудшение запаса помехоустойчивости, отношения несущая/шум, вероятности битовой ошибки) транслируемого по радиолинии диапазона 4,3 ГГц радиосигнала ЦТВ стандарта DVB-C.

Заключение. Испытания собранного макета подтвердили возможность трансляции радиосигнала ЦТВ стандарта DVB-C с получением его хороших параметров качества на приёмной стороне (показатель шкалы «Качество» в ресивере составляет 92-100%).

Авторы доклада считают, что использование подобных макетов в лабораторном практикуме позволит студентам закрепить теоретические знания по дисциплинам, изучаемым на более ранних курсах.

Литература

1. Смирнов А.В., Пескин А.Е. Цифровое телевидение. От теории к практике. М.: Горячая Линия – Телеком, 2005. 349 с.
2. Карякин В.Л. Цифровое телевидение: учебное пособие для ВУЗов. М.: СОЛОН-пресс, 2013. 418 с.

СИСТЕМА РАДІОЧАСТОТНОГО МОНІТОРИНГУ КОРИСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НССЗ УКРАЇНИ

Волков С.Е., Пизюк Д.Л.
ДП “Укркосмос”, Україна
E-mail: volkov@ukrkosmos.kiev.ua

Carrier monitoring system for NCSS of Ukraine

Features of possible carrier monitoring system for the National communications satellite system (NCSS) are considered.

Створення Національної системи супутникового зв'язку (НССЗ) України забезпечить інформаційну безпеку і національну незалежність держави в інформаційному просторі, а також економічний прибуток, у тому числі за рахунок економії коштів, які нині йдуть на оплату оренди іноземних супутників зв'язку.

НССЗ складатиметься з космічного апарату (КА) «Либідь», введення в комерційну експлуатацію якого запланований на другу половину 2014 року, а також наземної станції управління в м.Євпаторія (АР Крим).

Однак, для забезпечення надійного функціонування НССЗ та надання якісних та сучасних послуг користувачам додатково необхідно створити систему моніторингу (СМ) корисного навантаження для кожного променя супутника «Либідь».

Розміщення приймальних станцій системи моніторингу в межах Центральноєвропейської, Західноафриканської та Індійської зони обслуговування супутника сприятиме наданню якісних послуг користувачам що безпосередньо впливає на окупність всієї НССЗ та дозволить здійснювати оперативний контроль частотного ресурсу КА «Либідь». Також наявність СМ корисного навантаження дозволить отримувати додатковий дохід шляхом реалізації послуг моніторингу якості сигналу клієнтів, що використовують ресурс супутника.

Система моніторингу корисного навантаження у своєму складі містить центральний вузол прийому та обробки інформації та автономні станції радіочастотного моніторингу, що розміщуються на території обслуговування (рис. 1).

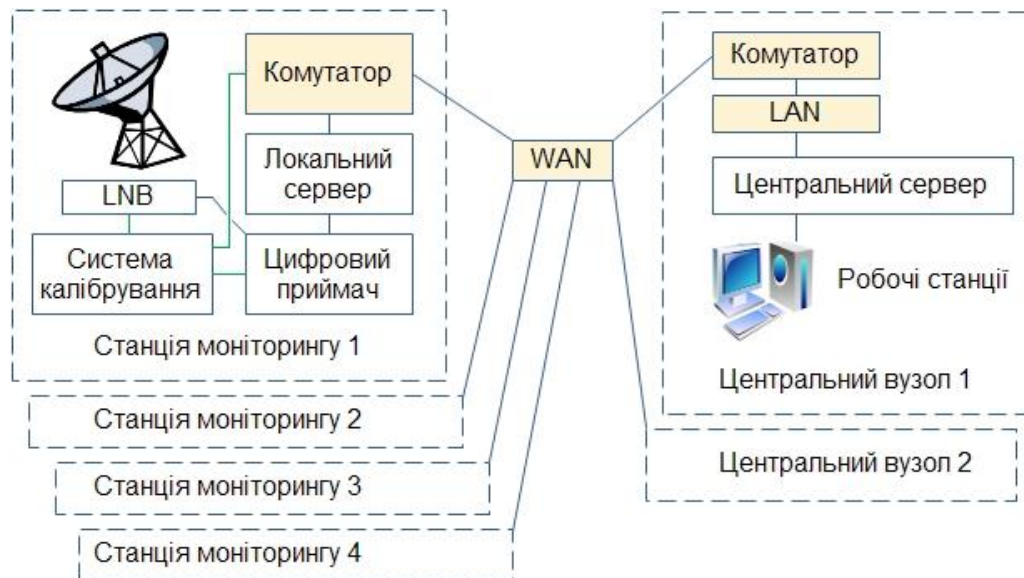


Рис. 1. Приклад архітектури системи радіочастотного моніторингу.

Станції системи радіочастотного моніторингу повинні:

- здійснювати безперервний контроль за відповідністю параметрів випромінювання корисного навантаження заявленим технічним вимогам;
- одночасно здійснювати контроль для всіх транспондерів КА «Либідь» у заданому промені;
- відслідковувати параметри сигналів нових користувачів, джерела завад, виявляти несанкціоноване використання ресурсу супутника «Либідь»;
- забезпечувати передачу вимірних параметрів до центрального вузла (зазвичай, на території наземної станції управління), працювати під його дистанційним керуванням.

У мінімальній комплектації станції СМ складаються з антени діаметром 2-3 метри, блоку малошумливого підсилювача (LNB), блоку перетворення частот, блоку приймача зі спектроаналізатором, спеціального програмного забезпечення. Додатково можливе розміщення сервера бази даних. Під час роботи станції не потребують обслуговування але постійно повинні мати доступ до мережі Інтернет для здійснення дистанційного керування та обміну інформацією (зі швидкістю передавання даних не менше 512 кбіт/с).

Строк створення системи для НССЗ становить 7-8 місяців. Вартість залежить від кількості станцій у системі, функціональних можливостей станцій та центральних вузлів, кількості транспондерів та супутників, моніторинг яких здійснюється, строку гарантійної підтримки виробника, кількості запасних частин.

Існує декілька виробників систем радіочастотного моніторингу для супутникового зв'язку, серед яких: SED Systems (Канада), SATCOM (підрозділ компанії Kratos, США), ETL Systems (Велика Британія), Siemens (Австрія).

Наприклад, система Monics компанії SATCOM може працювати в автоматичному режимі, порівнюючи виміряні данні випромінення від супутника з очікуваними, дозволяючи оператору здійснювати у цей час іншу діяльність. У будь який момент оператор може здійснити спектральні вимірювання у ручному режимі, не перериваючи процес автоматичного моніторингу.

Система Monics має розподілену архітектуру, яка може містити у собі будь яку кількість станцій географічно рознесених на велику відстань. Навіть якщо глобальна комп'ютерна мережа (WAN) вийде з ладу, станції продовжать свою роботу та можуть зберігати виміряні данні у базі даних на локальному сервері. Робочі станції на центральному вузлі обладнані операційною системою з графічним інтерфейсом (MS Windows), що спрощує роботу оператора. Другий центральний вузол забезпечує резервування першого та відновлення інформації бази даних у разі необхідності.

База даних містить у собі інформацію про: номер несучої, номер транспондери/супутника, радіочастотні характеристики, допустимі обмеження, після перевищення яких надається сигнал тривоги.

Для здійснення найбільш точних вимірювань, станції моніторингу обладнуються системою калібрування, яка видаляє похибки вимірювань через старіння, температурний дрейф або неузгодженість опорів. Калібрування може здійснюватись оператором в режимі реального часу або автоматично, як запланована подія без втручання оператора.

Висновки. Система моніторингу корисного навантаження є важливою складовою частиною системи супутникового зв'язку з декількома зонами обслуговування. На базі СМ може бути розгорнута система планування, яка призначена для проведення оптимізації навантаження, управління даними про клієнтів і білінгу.

Література

1. <http://www.kratostts.com/products/satellite-and-space/monics>
2. Слободянюк П.В., Благодарний В.Г., Ступак В.С. Довідник з радіомоніторингу. Під заг.ред. П.В. Слободянюка. Київ: Видавництво «Аспект-Поліграф», 2008. - 583 с.

СПУТНИКИ С ВЫСОКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Липатов А.А., Капштык С.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail anlip27@ukr.net

In the first decade of the 21st century high throughput satellites are appeared in the satellite communication market. The feature of the high throughput satellites is their high throughput capacity, which is several times more capacity of FSS satellites that are based on the same orbital frequency resource. Growth of capacity is achieved due to some technical solutions. In brief review are considered features of high throughput satellites and telecommunication systems with these satellites.

Первое десятилетие XXI века стало периодом дальнейшего развития технологий геостационарных спутников. Одним из направлений развития спутниковой связи стало предоставление услуг широкополосного доступа (ШПД). Расширение объема услуг ШПД стало возможным в результате появления спутников с высокой пропускной способностью (HTS – High Throughput Satellite).

По мнению консалтинговых компаний [1] спутником HTS можно считать спутник, пропускная способность которого, как минимум, в два раза превышает пропускную способность спутника FSS, построенного на основе того же частотно-орбитального ресурса (ЧОР). Особенности спутников HTS.

Формирование зоны обслуживания спутников. В HTS спутниках зона обслуживания формируется большим количеством спотовых лучей. На спутниках, запущенных в 2013 году и планируемых к запуску в ближайшее время, количество спотовых лучей достигает 100. Диаграмма направленности спотового луча составляет $1^\circ \times 1^\circ$ и менее (до $0,5^\circ \times 0,5^\circ$). Зона обслуживания спотового луча представляет собой круг или эллипс, размер которого зависит от частотного диапазона, ширины диаграммы направленности луча, и составляет от 300 до 700 км в диапазоне Ка, и от 700 до 1000 км - в диапазоне Ку.

Фактически зона обслуживания HTS спутника похожа на наземную сеть сотовой связи, в которой функции базовой станции каждой соты выполняет отдельный спотовый луч.

Количество спотовых лучей внутри зоны обслуживания HTS спутника определяется следующим выражением [2]:

$$Q = (180/\pi)^2 \cdot [(S \cdot \sin \alpha)/L^2] \cdot (1/\theta_0^2) \quad (1)$$

где S - общая площадь зоны обслуживания, км²; L - наклонная дальность, км; α - угол места антенны ЗС в центре зоны S , град.; θ_0 - половина ширины ДН луча, град.

Взаимные помехи между лучами снижаются разделением выделенной полосы частот на отдельные полосы и использованием ортогональных поляризаций (преимущественно круговой правой и левой).

Для формирования спотовых лучей применяются следующие способы:

Антенна типа «один облучатель – один луч», у которой в фокальной плоскости офсетной антенны с параболическим рефлектором размещаются рупорные облучатели, каждый из которых формирует свой спотовый луч. Преимущество данного решения – относительная простота и технологичность. Недостатки – трудность обеспечения одинакового уровня излучения в зоне пересечения диаграмм направленности соседних спотовых лучей, и изменение диаграммы направленности отклоненного луча.

В обзоре [1] приведена оценка для оптимального разноса между спотовыми лучами

$$1,2(\theta_{-3\text{дБ}}) \leq \theta_{\text{opt}} \leq 2,4(\theta_{-3\text{дБ}}) \quad (2)$$

Фазированная антенная решетка (ФАР) активно используется в диапазонах частот S, L, в частности на спутниках Globalstar и Iridium. Использование ФАР в более высоких диапазонах частот ограничено их стоимостью и массово-габаритными характеристиками.

Антенны с облучателем типа multi-feed, (или кластер излучателей). Для формирования спотового луча могут использоваться одиночный облучатель, или группа облучателей. Достоинство – возможность плотного размещения спотовых лучей в гексагональной структуре зоны обслуживания. Недостаток – стоимость и существенные потери мощности в излучающей системе.

Структура полезной нагрузки спутника. В HTS спутниках с «прозрачным» ретранслятором отдельные лучи выделены для связи с абонентскими станциями пользователей и для связи со шлюзовыми станциями. К одному лучу шлюзовой станции подключается несколько лучей для абонентских станций. На борту спутника полоса частот луча шлюзовой станции делится на полосы частот лучей абонентских станций в прямом направлении, и полосы этих лучей объединяются в полосу луча шлюзовой станции в обратном направлении.

Достоинство такой полезной нагрузки – простота и отработанность технических решений. Недостатки – жесткость конфигурации полезной нагрузки, привязка лучей шлюзовых станций к местам расположения шлюзовых станций, и организация линии «терминал-терминал» исключительно в два скачка с временем задержки порядка 600 мс.

Полезная нагрузка с «обработкой на борту» обеспечивает большую гибкость системы. Спутник собирает информацию от ЗС по низкоскоростным каналам в режиме ВРК-МДЧР. С помощью бортового процессора производится обработка принятой информации и ее мультиплексирование в общий высокоскоростной поток, который передается по линии вниз всем ЗС в режиме МДВР.

Преимуществом – возможность, при необходимости, сосредоточить всю пропускную способность спутника на одном луче. Недостаток – высокая стоимость бортового оборудования.

Особенности наземной инфраструктуры. В системах со спутниками HTS преимущественно используется топология «звезда». В отличие от традиционных систем FSS, в которых HUB и терминалы сети VSAT как

правило находятся в одном луче, в системах с HTS спутниками для шлюзовых станций выделяются отдельные лучи. Обязательным является требование подключения шлюзовых станций к высокоскоростной сети Internet на скорости не ниже 100 Гбит/с.

Для повышения надежности, пропускной способности и обеспечения соединения между терминалами, подключенными к различным шлюзовым станциям, шлюзовые станции соединяются опτικο-волоконным кольцом.

Наземная инфраструктура HTS спутников требует серьезных затрат при создании спутника. К примеру, компания Eutelsat вложила в создание наземной инфраструктуры для спутника Ka-Sat 68 млн. дол. США [3].

Используемые диапазоны частот. Долгое время предполагалось [3], что HTS спутники могут использовать только диапазон Ка. Однако в последнее время спутниковые операторы используют технологии HTS спутников в частотных диапазонах Ku и С. Так, в спутниках Intelsat Epic^{NG} спотовые лучи формируются в диапазонах Ku и С [4]. К достоинствам такого решения относится меньшая подверженность этих диапазонов влиянию погодных условий, наличие большого парка VSAT-станций и многочисленные производители оборудования ЗС.

При одинаковом размере бортовой антенны HTS спутника частотный диапазон влияет на размер зоны обслуживания спотового луча. Зона обслуживания уменьшается с повышением частоты. Это позволяет гибко распределять пропускную способность HTS спутника в зависимости от плотности абонентов и от объема потребляемого трафика.

Заключение. Спутники HTS представляют новое направление в развитии систем спутниковой связи, отличительной особенностью которых является высокая пропускная способность, в несколько раз больше, чем у спутников FSS, работающих на основе такого же ЧОР. Это достигается за счет многократного использования полосы частот и пространственного разнесения зон обслуживания спотовых лучей. Первые спутники HTS использовали частотный диапазон Ка, но в последнее время наметилась тенденция к использованию и более низких частотных диапазонов.

Спутники HTS не являются альтернативой традиционным спутникам FSS, и ориентированы на предоставление услуг ШПД. Взаимная конвергенция традиционных FSS систем и систем HTS способна оказать серьезное влияние на развитие спутниковых телекоммуникационных систем, приближая их пропускную способность к пропускной способности опτικο-волоконных линий.

Литература

1. Future High Throughput Satellite Systems, Hector Fenech, Alessia Tomatis, Sonya Amos, Viphacone Soumpholphakdy, Dimitri Serrano-Velarde
2. Многолучевые антенные системы HTS, В.Анпилогов, А.Шишлов, А.Эйдус, Специальный выпуск "Спутниковая связь и вещание"-2014, с.54-67.
3. Спутниковые системы массового обслуживания в Ка-диапазоне, В. Анпилогов, Специальный выпуск «Спутниковая связь и вещание», - 2011, с.16-21.
4. Ku - Vs. Ka-Band - Pondering Performance, Chris Hudson, SatMagazine, vol.5, December 2012, p.34-36.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СПУТНИКОВОМУ СИГНАЛУ ДОСТАВКИ ТВ ПРОГРАММ

Кубасов И.С., Сундучков К.С.

Институт Телекоммуникационных Систем, «КПИ», Украина

E-mail: ilya_kubasov@online.ua

Satellite Radio Signal Requirement Investigation in Terms of TV Programs Delivery

The basic trends of high mobility TV programs delivery and OFDM structure considerations are summarized. Problems of OFDM signals transmission are described according to high mobility requirements.

В работе [1] одной из основных трудностей в организации связи с мобильными терминалами, движущегося на высокой скорости, обозначена сложность реализации хендвера по сравнению со стандартными беспроводными сетями доступа. Для решения этой проблемы в работе [2] предлагается одновременно передавать данные всех абонентов на все базовые станции, входящие в сеть. При этом функция обеспечения хендвера становится ненужной. В этих условиях устанавливаются особые требования к системе распределения и доставки трафика к базовым станциям, которые, в первую очередь, выражаются в строгих ограничениях на асинхронность доставки трафика в каждую точку сети, а так же в требованиях по количеству передаваемых данных по распределительной сети. Первое требование обусловлено необходимостью избежать повторного приема или потери данных абонентами, а второе – общим количеством абонентов в сети и суммарным трафиком сотен или тысяч одновременно передаваемых в сети услуг. Однако, в вышеописанных работах не описана ни структура распределительной сети, ни структура сигнала в ней. Таким образом, для реализации сети мобильной связи, предоставляющей услуги 4G абонентам, движущимся с высокой скоростью, необходима «Разработка структуры распределительной сети доставки трафика 4G услуг базовым станциям сети мобильной связи с абонентами, движущимися с высокой скоростью». В работе [3] предлагается использовать спутниковый радиоканал для указанных выше целей, а в работе [4] показано, что доставку трафика к трассе можно организовать с помощью спутникового радиоканала, сократив расхождение во времени доставки трафика к базовым станциям, находящимся в разных точках трассы. Кроме того в работе [3] показаны недостатки организации оптоволоконной распределительной сети для таких сетей. В рассматриваемых сетях с услугами 4G функция выделения пользовательской услуги из группового сигнала возлагается на абонентский терминал, по этому базовая станция максимально упрощена и выступает в роли простого ретранслятора. В связи с этим структура сигнала, поступающего из распределительной сети на базовую станцию должна быть максимально приближена, а в идеале должна соответствовать, структуре сигнала, описанного в работе [5]. В этих работах речь идет об использовании специфической реализации технологии OFDM с сигналом, занимающим спектр более 1 ГГц.

В работе [6] предложен способ организации сигнала в спутниковом радиоканале, который позволяет формировать схожую структуру сигнала на базе OFDM для направления земля – спутник. В данной работе для повышения эффективности использования спектра спутниками с несколькими лучами предлагается схема TDM/TDMA-OFDM. Суть сводится к следующему: сигнал, подлежащий передаче от центральной земной станции на спутник, состоит из последовательности OFDM символов (Рис.1 а), которая преобразуется в сигнал, показанный на Рис. 1 б). Здесь А, В и С –

последовательные OFDM символы. А и В адресованы Приемной земной станции 1, а С – Приемной земной станции 2 (Рис. 2).

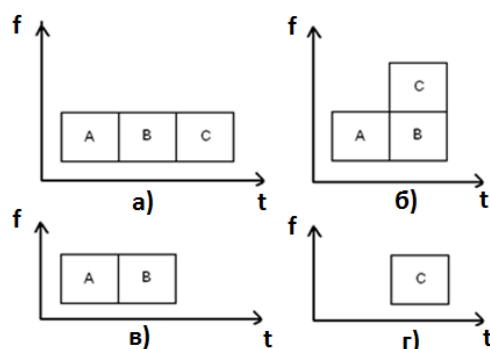


Рис 1. Схема TDM/TDMA-OFDM



Рис 2. Структура сегмента сети

Таким образом, OFDM символы, адресованные разным приемным станциям, передаются на спутник одновременно, но в разных частотных диапазонах. Таким образом на спутнике есть возможность определить Луч, в который необходимо излучить каждый отдельный OFDM символ. Однако в указанной статье такая структура предлагается для последующей передачи отдельных частей сигнала в отдельные лучи спутника, но не описана возможность других способов ретрансляции сигнала земным приемным станциям в широком диапазоне частот. То есть на данный момент не существует спутниковой системы со структурой сигнала в канале, полностью соответствующей требованиям сети, описанной в [2], и реализация предлагаемой концепции сети 4G услуг требует новых решений в области распределительных сетей.

При формировании OFDM сигнала существует однозначная взаимосвязь между расстоянием между поднесущими на частотной оси и продолжительностью единичного импульса в системе. $\Delta f = 1/T_{\text{и}}$, где Δf – расстояние между поднесущими, $T_{\text{и}}$ – длительность единичного импульса. В работе [1] показано, что для защиты от много лучевых помех в рассматриваемой системе необходимо предусмотреть временной защитный интервал не менее 3.5мкс. В свою очередь, временной защитный интервал не может превышать 25% длительности единичного импульса в системе. Если спектр одной программы имеет ширину 1 МГц на спектральной оси, тогда длительность единичного импульса составит 1 мкс. Для соблюдения требования по длительности защитного временного интервала необходимо увеличить длительность единичного временного импульса по 16 мкс. Тогда сигнал одной программы в полосе 1 МГц будет сформирован на 16ти поднесущих. При увеличении длительности единичного импульса расстояние между поднесущими уменьшится, а, следовательно, количество поднесущих, вовлеченных в передачу одной программы, возрастет. То есть требования системы выдвигают ограничения на минимальную длительность единичного импульса в системе. Это в свою очередь определяет максимальное допустимое расстояние между поднесущими на частотной оси. Однако ограничения на максимально допустимую длительность единичного импульса не установлены и таким образом не известно минимально допустимое расстояние между поднесущими на частотной оси. Определение верхней границы длительности единичного временного интервала представляется отдельной нерешенной задачей. Важно отметить, что формирование такого сигнала на спутниковом ретрансляторе сопряжено с ограничениями ресурса мощности спутникового ретранслятора. Современные транспондеры имеют мощность 100 Вт и ширину рабочего спектра 100 МГц. Мощность сигнала одного транспондера в апертуре антенны составляет 100 КВт. Эта мощность должна быть равномерно распределена между всеми поднесущими, генерируемыми транспондером, то есть между 1400 поднесущими или более.

Пропускная способность цифровой системы передачи зависит от применяемой технологии модуляции. Так при использовании модуляции QPSK, где модуляционное

число $k = 2$, в $\Delta f = 1$ МГц можно передавать $C = \Delta f * k$ бит, то есть $1 * 2 = 2$ Мбит/с. В свою очередь модуляция QAM-64 характеризуется модуляционным числом $k = 6$ и в той же полосе можно передавать $C = 6$ Мбит/с. Каждый вид модуляции выдвигает свои требования к энергетическим характеристикам принимаемого сигнала, при соблюдении которых данный сигнал может быть детектирован с заданной вероятностью битовой ошибки. Чем больше модуляционное число k , тем требования к энергетике сигнала жестче при фиксированных требованиях вероятности битовой ошибки приема. В условиях большого количества поднесущих и значительной удаленности передатчика от приемника соблюдение требований, выдвигаемых различными технологиями модуляции к энергетике принимаемого сигнала, представляется отдельной задачей, требующей более глубокого исследования. Дополнительным фактором, осложняющим прием, является ширина спектра шума, который поступает на АЦП приемника, поскольку детектированию подлежит OFDM символ целиком, который занимает большую полосу на частотной оси, чем отдельная ТВ программа.

В следствии значительной асинхронности доставки трафика к базовым станциям сети мобильной связи на абонентском терминале могут возникнуть значительные битовые потери. Интенсивность этих потерь влияет на качество приема спутникового сигнала. Использование спутникового радиоканала представляется мощным инструментом снижения асинхронности доставки трафика, однако так же имеет ряд неразрешенных проблем в связи с невозможностью размещения геостационарного спутникового ретранслятора в произвольной точке координат, установкой неограниченного количества спутниковых станций приема сигнала и другими факторами. В связи с вышесказанным актуальным является разработка способов доставки трафика к базовым станциям мобильной сети связи, минимизирующих битовые потери во время движения абонентов с высокой скоростью.

В заключении важно отметить, что построение спутникового с большой пропускной способностью сопряжено с рядом нерешенных задач, среди которых:

- выбор способа формирования спутникового сигнала, занимающим спектр более 1 ГГц;
- поиск способа определения наилучшей длительности единичного импульса в спутниковой системе с OFDM;
- выбор технологии модуляции, позволяющий осуществлять детектирование сигнала одной программы на фоне совокупного шума OFDM сигнала;
- исследование степени асинхронности доставки трафика в сети без хендвера и разработка способов повышения синхронности.

Литература

1. Сундучков К.С., Фадеева Е.А., Волков С.Э., «Многолучевость при беспроводном доступе на автобане», «Зв'язок», №3, 2011г.
2. Ильченко М.Е., Сундучков К.С., Волков С.Э. и др. Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система (ИГТС) 4G с беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентам // Зв'язок, 2008, №7-8, с.28-32.
3. Кубасов И.С., Буртовий С.С., Сундучков К.С., «Проблемы развития спутниковой радиосвязи», Холодильна техніка і технологія, 2012.
4. Кубасов И.С., Сундучков К.С., «Тенденции построения спутниковых телекоммуникационных систем», «Зв'язок», №4, 2012.
5. Сундучков К.С., Тихоненко Ю.Ю., Яшук О.С., патент Украины на полезную модель №71354 «Спосіб передачі послуг абонентам в мобільній мережі зв'язку», 2012.
6. L. Wang, B. Jezek, "OFDM MODULATION SCHEMES FOR MILITARY SATELLITE COMMUNICATIONS", Military Communications Conference, MILCOM 2008..

ИНТЕГРАЦИЯ НАЗЕМНЫХ И СПУТНИКОВЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Вопилов А.А., Липатов А.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: vopilov@ukr.net, anlip27@ukr.net

Integration of terrestrial and satellite telecommunication networks

In this paper proposed problem analysis of modern telecommunication networks and described one possible solution of the problems.

Актуальность направления исследования. Вследствие различия географических условий и уровня экономического развития отдельных регионов, Земля представляет собой множество «телекоммуникационных островов» с развитыми сетями связи. Однако существует и не мало «белых пятен», с недостаточным их развитием.

Услуги широкополосной связи во всех регионах практически необходимы уже сегодня. Их развитие и реализацию осложняют следующие проблемы:

- расширение спектра требуемых услуг связи;
- различие требований разнородных пользователей к услугам связи;
- увеличение числа и мобильности абонентов, а также рост объемов передаваемой информации;
- неравномерность распределение пользователей в зоне обслуживания, а также различия топологии систем и сетей связи;
- неравномерность загрузки отдельных каналов, сегментов и узлов сетей связи;
- использование методов проектирования систем связи, основанных на усредненных вероятностных значениях показателей качества. Иногда необходим учёт их экстремальных значений;
- требование повышения оперативности информационного обмена.

Как показали исследования [1, 2], эти проблемы могут быть решены совместным использованием наземных и спутниковых сетей связи. Общая задача создания и развития интегрированных сетей с широким спектром услуг (в любой точке земного шара и в любое время) является актуальной, но сложной.

Пути решения проблем. Получить современные услуги связи в регионах со слабо развитой системой связи можно следующими путями:

- созданием инфраструктуры на основе наземных широкополосных каналов связи – решение дорогое и требующее значительного времени;
 - организацией спутниковых каналов связи – решение также дорогое, но оно существенно сокращает период подготовки к предоставлению услуг связи на первом этапе информатизации регионов;
 - организацией гибридной сети (ГС), спутниковой и наземной, связи.
- Предпосылкой такого объединения является тезис Теории массового

обслуживания: «Использование объединенного ресурса (пропускная способность, производительность) с общей очередью запросов на предоставление услуг связи предпочтительнее по основным показателям, чем независимое раздельное использование нескольких систем связи с их пропускными способностями».

Поэтому для обеспечения широкополосных услуг в общей зоне с низкой плотностью населения (сельские районы) и с высокой её плотностью (в пригородных и городских районах), следует использовать ГС.

Схема гибридной сети. Представленная на рис.1 схема реализации ГС включает в себя сегменты: спутниковый, на базе GEOs с интерфейсом DVB-S2/RCS, и наземный, интерфейс – WiFi и/или WiMAX, технологии GSM, 3G и 4G.

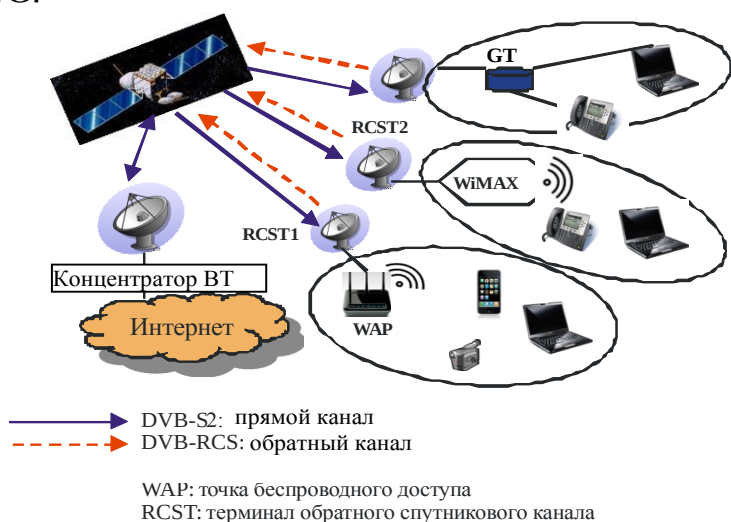


Рис.1. Сети DVB-RCS2 и WIFI/WiMAX

ГС включает также межсетевые терминалы (GT), терминалы RCST а также центр контроля и управления сети NCC (Networks Control Center).

Взаимосвязь протоколов ГС. На рис.2 показаны спутниковый сегмент, система NCC и наземная сеть, распределяющие ресурсы, а также архитектура протоколов ГС.

NCC контролирует интерактивную сеть, запрос пользователя на услугу спутниковой связи, управляет использованием спектра спутниковой связи в зависимости от запросов спутниковых терминалов.

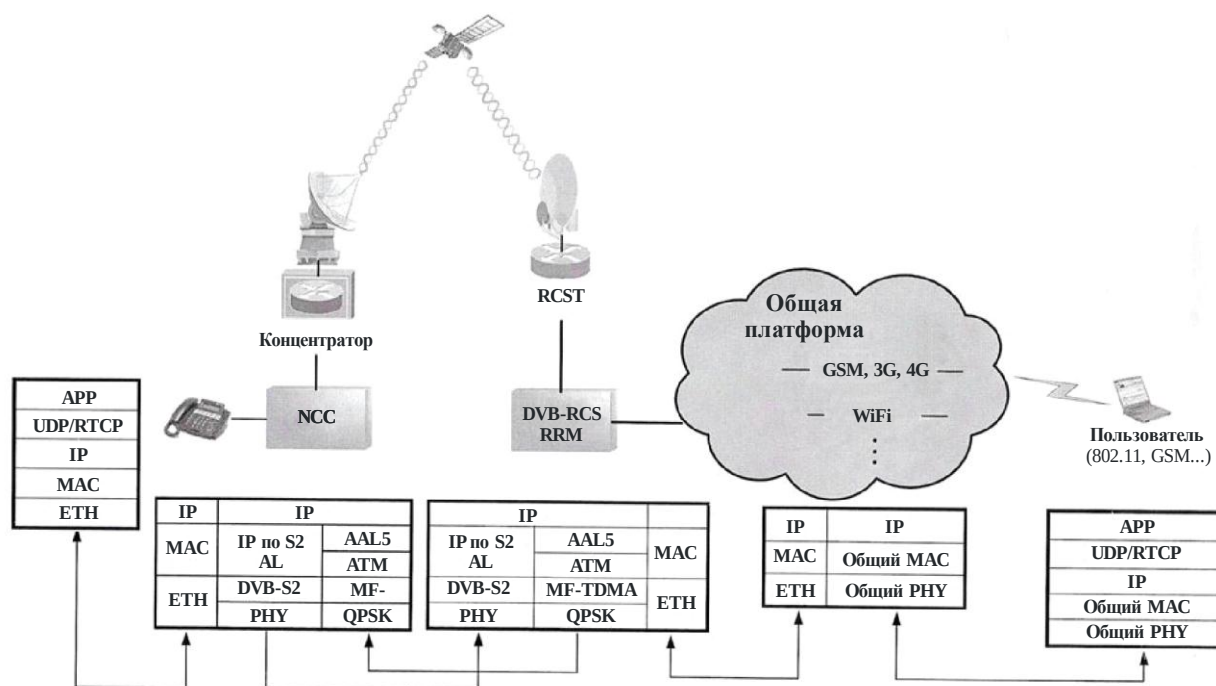
Сетевая архитектура включают в себя систему управления радиоресурсами (RRM – Radio Resource Monitoring). Она проверяет достаточность ресурсов от шлюза к спутниковой линии, для предоставления дополнительных услуг пользователям.

Спутниковый терминал RCST осуществляет связь через ИСЗ с сетевым концентратором ВТ, который связан с NCC.

Самый верхний уровень приложений APP архитектуры протоколов ГС обеспечивает взаимодействие пользовательских систем с сетью. В качестве протоколов транспортного уровня используются – UDP и RTCP; сетевого – протокол IP, канального – MAC, физического – Ethernet.

Информация поступает на сетевой концентратор спутникового сегмента сети и по каналу стандарта DVB-S2 передаётся на ИСЗ, а с него – на терминалы RCST.

В спутниковый канал DVB-S2 введён физический уровень с несколькими видами модуляции высокого порядка и продвинутая упреждающая коррекция ошибок (FEC). Кроме того, он адаптируется, в режиме реального времени, к условиям распространения радиоволн по радиолинии.



S.1897-02

Рис. 2. Архитектура протоколов гибридной наземно-спутниковой сети связи

В результате DVB-S2 поддерживает до 40 комбинаций схем форматов модуляции и кодирования для снижения числа ошибок в широком диапазоне отношения сигнал/помеха с учетом шума (SNIR). Кроме того, этот канал имеет три режима функционирования – постоянное кодирование и модуляция (SCM); переменное кодирование и модуляция (VCM); адаптивное кодирование и модуляции (ACM).

Обратный DVB-RCS канал – RCST → ИСЗ → сетевой концентратор – позволяет реализовать множественный доступ с многочастотным временным уплотнением MF TDMA и адаптивное кодирование. В канале используется двумерное кадрирование, в котором каждое частотно-временное окно разделено на суперкадры, кадры и интервалы. Коды – Рида-Соломона и свёрточные или турбокод. Данные инкапсулируются в ячейки асинхронного режима передачи (ATM) с уровнем адаптации 5 (AAL5) или используется внутренняя IP-инкапсуляция по MPEG-2(4). Эти протоколы позволяют осуществить передачу IP-трафика на физическом уровне.

Выводы. В докладе рассмотрены проблемы создания интегрированных систем связи; обоснован выбор структур их наземного и спутникового сегментов; предложена архитектура протоколов ГС. Целесообразно продолжить исследования по применению в ГС многолучевых ИСЗ диапазоне Ка.

Литература

1. «Why satellites matter: The relevance of commercial satellites in the 21 century», Booz&Co, 2012;
2. Камнев В. Е., Черкасов В. В., Чечин Г. В. Спутниковые сети связи. /Учеб.пособие. – М.: «Альпина Паблишер», 2004. – 536 с.
3. Рекомендация МСЭ-R S.1897, 2012.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОКЕРОВАНИХ ОБМЕЖУВАЧІВ ПОТУЖНОСТІ

Манько О.О., Ніколов К.О.

Державний університет телекомунікацій, Україна

E-mail: manko_kiev@mail.ru

Study of transfer characteristics of self-controlled power limiters

In this work the principles of modeling the transmission characteristics of passive protective device of microwaves range are considered. The devices are based on a self-controlled power limiter.

Вступ. На сучасному етапі розвитку безпроводних засобів зв'язку має місце інтенсивне освоєння НВЧ - діапазону електромагнітних коливань, пов'язане з ростом робочої частоти засобів до міліметрового діапазону довжин хвиль включно [1]. В цих діапазонах має місце застосування потужних стаціонарних імпульсних передавальних станцій. В зв'язку з цим виникає задача побудови ефективного захисного пристрою (ЗП), у функції якого входить обмеження вхідної потужності, що надходить на чутливі елементи. Основою для побудови такого пристрою може бути самокерований обмежувач потужності [2].

Однією з основних характеристик ЗП є передавальна характеристика – тобто залежність величини вихідної потужності від значення вхідної. Ця характеристика визначається параметрами керуючого вузла на $p-i-n$ -діодах та діодної збірки (детекторного вузла), виконаного на діодах з бар'єром Шотткі (ДБШ). За вихідні дані для розробки математичної моделі ЗП в даній роботі взято вольтамперну характеристику (ВАХ) діодного вузла, виконаного на ДБШ, а також експериментально отриману залежність внесеного загасання $p-i-n$ -діодної збірки (керуючого вузла) від струму керування (рис. 1).

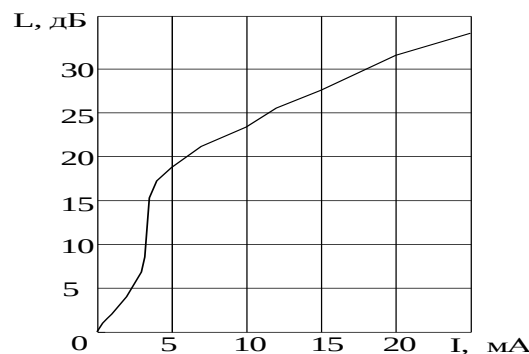


Рис. 1. Залежність загасання $p-i-n$ -діодної збірки від керуючого струму

Схемну побудову захисного пристрою було взято на основі конструкції, наведеної на рис. 2. Для $p-i-n$ -діодної збірки (керуючого вузла) струм, випрямлений збіркою ДБШ (детекторним вузлом), буде керуючим струмом - $I_{кер}$. Протікаючи через $p-i-n$ -діодну збірку, він буде визначати рівень загасання, яке вона вносить в тракт ЗП.

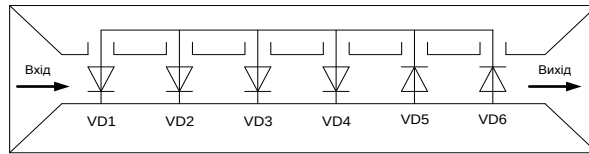


Рис. 2. Схемна побудова захисного пристрою

Для побудови розрахункової моделі вольт-амперна характеристика ДБШ та залежність загасання $p-i-n$ -діодної збірки від керуючого струму були апроксимовані кусочно-неперервними лінійними функціями. Для розрахунку передавальної характеристики необхідно перейти від вольт-амперної характеристики збірки ДБШ до ватт-амперної. В нашому випадку ця залежність буде мати вигляд:

$$I_{кер} = 1.376 \cdot P_{погл} - 1.003, \quad (1)$$

де $P_{погл}$ – НВЧ потужність, що подається на збірку ДБШ.

Алгоритм розрахунку полягає в наступному [3]:

- на першому кроці за величиною падаючої на вхід ЗП (вхідної) НВЧ-потужності $P_{вх}$ визначається прикладена до детекторної збірки потужність $P_{погл}$:

$$P_{погл} = K_{зв} \cdot P_{вх}, \quad (2)$$

де $K_{зв}$ - коефіцієнт зв'язку збірки ДБШ з лінією, що визначає, яка частина падаючої НВЧ-потужності прикладається до детекторної збірки;

- з виразу (1) визначається струм детекторної збірки $I_{кер}$, що є керуючим струмом для керуючого вузла на $p-i-n$ -діодах. За апроксимуючими виразами визначається загасання L , внесене керуючим вузлом. Падаюча на детекторний блок $P'_{вх}$ потужність у цьому випадку, з урахуванням L , буде визначатися, як

$$P'_{вх} = P_{вх} \cdot 10^{-0.1 \cdot L}; \quad (3)$$

- далі визначається $I'_{кер}$ і розрахунок повторюється доти, поки після виконання n -го циклу не виконається умова:

$$|I_{кер}^n - I_{кер}^{n-1}| \leq \varepsilon, \quad (4)$$

де ε - наперед задане додатне число, що визначає точність обчислення.

За аналогічним принципом був побудований алгоритм для моделювання роботи схеми з двома каскадами захисту, один з яких є попереднім каскадом з відгалужувачем (рис.3), і розрахованим на спрацьовування за великих рівнів вхідних потужностей, а другий – виконаний згідно з рис. 2.

Результати числового моделювання. З використанням описаного вище алгоритму були проведені розрахунки характеристик ЗП для різних режимів його роботи при двох способах побудови: першого - коли ДБШ розташовані за збіркою з $p-i-n$ діодів (рис.2), та комбінованого 2-х каскадного варіанта – з використанням попереднього каскаду ЗП з відгалужувачем [3] (рис.3). За вихідні дані для розрахунків були взяті вольтамперні характеристики конкретних типів ДБШ і експериментально отримані

залежності ослаблення *p-i-n* аттенюаторів від керуючого струму. Аналіз отриманих характеристик ЗП, що являє собою конструкцію, виконану згідно з рис.2, з розташуванням ДБШ за *p-i-n* діодним аттенюатором показує, що при рівні вхідного сигналу в межах від 0 до 0,1 Вт збільшення коефіцієнта зв'язку $K_{зв}$ до 0,2 дозволяє одержати ЗП з рівнем обмеження вхідного сигналу порядку 10-12 мВт.

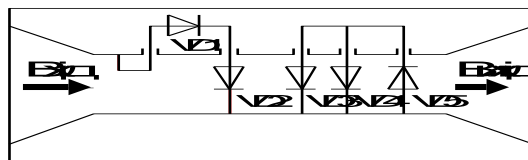


Рис. 3. Електрична схема комбінованого 2-х каскадного обмежувача

Аналіз характеристик двокаскадного пристрою для різних значень $K_{зв1}$ (для VD5) і $K_{зв2}$ (для VD1) та зміні рівня вхідної потужності $P_{вх}$ в межах 0 - 1 Вт показує, що при малому значенні $K_{зв2}$ і рівнях вхідної потужності, що сягають 1Вт, перший каскад (VD1,VD2) практично не має впливу на хід характеристик, у той час як зі збільшенням $K_{зв2}$ відбувається спрацювання першого каскаду в розглянутому діапазоні вхідної потужності. У цьому випадку, після деякого наростання вихідної потужності $P_{вих}$ і стабілізації її значення відбувається різке зниження $P_{вих}$ при подальшому збільшенні вхідної, починаючи з деякого значення $P_{вх}$.

Різницю в поведінці передавальних характеристик можна пояснити тим, що в першому випадку, внаслідок малого значення $K_{зв}$, рівень вхідної потужності, що подається на VD1, виявляється недостатнім для його спрацювання. З урахуванням того, що ДБШ дуже критичні до значення потужності, що подається на них, двокаскадна схема краща у випадках підвищеного рівня вхідної потужності, коли спрацювання першого каскаду, з відносно малим коефіцієнтом зв'язку, охороняє ДБШ другого каскаду, з відносно великим коефіцієнтом зв'язку, від ушкодження.

Висновки. Розроблено порівняно просту методику, що дозволяє проводити розрахунок передавальних характеристик досить складних багатокаскадних самокерованих обмежувачів потужності. Застосування запропонованих схем побудови захисних пристроїв дозволяє зберегти на потрібному рівні шумові характеристики НВЧ-приймачів, захищаючи змішувальні діоди від впливу потужних імпульсних завад. Результати цієї роботи дозволять підвищити надійність вхідних кіл НВЧ-приймачів РРЛ станцій надвисокочастотного діапазону, що працюють в умовах складної електромагнітної обстановки.

Література

1. Кременецька Я.А. Сучасні тенденції розвитку джерел міліметрового і субміліметрового діапазонів для перспективних систем зв'язку // Вісник ДУІКТ. – 2013. – №2. – С.94-97.
2. F. Jahan, M. Gaevski, J. Deng, R. Gaska, M. Shur, G. Simin. RF power limiter using capacitively-coupled contacts III-nitride varactor // Electronics Letters. – V.48. – Issue 23, 8 November 2012, p. 148-1481.
3. Каток В.Б., Манько А.А., Соловьев Д.А. Численное моделирование характеристик самоуправяемого ограничителя мощности // Труды 10-й Международной крымской микроволновой конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» КрыМиКо 2000.- Севастополь: СГТУ (Украина) .- 2000.- С.156-157.

МОДЕЛЮВАННЯ ДІАПАЗОННИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОКЕРОВАНИХ ОБМЕЖУВАЧІВ ПОТУЖНОСТІ

Манько О.О., Ніколов К.О.

Державний університет телекомунікацій, Україна

E-mail: manko_kiev@mail.ru

Simulation performance range characteristics of self-controlled power limiters

In this work the principles of the performance range characteristics modeling of the wideband microwave protective device are considered. Operating frequency range is within 25,87-37,5 GHz.

Вступ. На сучасному етапі розвитку безпроводних засобів зв'язку має місце все більш інтенсивне освоєння НВЧ - діапазону електромагнітних коливань, пов'язане з ростом робочої частоти засобів до міліметрового діапазону довжин хвиль включно [1], разом з цим в цих діапазонах частот створюється досить складна електромагнітна обстановка. Тому виникає задача побудови ефективного швидкодіючого і широкосмугового захисного пристрою (ЗП), у функції якого входить обмеження вхідної потужності, що надходить на чутливі елементи [2]. Захисний пристрій повинен знаходитися в постійній готовності, не перешкоджати проходженню слабких сигналів, виконувати свої функції при відключенні живлення приймача.

Визначальним параметром при виборі схеми побудови захисного пристрою є робочий діапазон частот, який у нашому випадку перекриває весь робочий діапазон прямокутного хвильоводу перерізом 7,2х3,4 мм і складає 25,86 – 37,5 ГГц. У такій широкій смузі частот в ЗП вже не можуть використовуватися інтегральні ґратки й інші пристрої, що використовують трансформатори імпедансів на основі відрізків лінії передачі [3]. Необхідна ширина робочої смуги ЗП може бути забезпечена за його реалізації на основі регулярної лінії передачі без використання узгоджувальних резонансних елементів.

Основна частина. З розрахунків, які виконані в даній роботі, випливає, що для забезпечення втрат порядку 1 дБ необхідно виконання умови $\rho C \leq 5 \text{ Ом} \cdot \text{пФ}$. Для створення ЗП з малим загасанням у режимі слабого сигналу необхідно використовувати лінію з хвильовим опором не вищим від 50 - 100 Ом. Всю сукупність вимог до прямої системи в такому випадку забезпечує Н-хвильвід. Для оцінки основних параметрів ЗП і розрахунку характеристик його елементів необхідно в першу чергу визначити характеристики регулярної хвильоводної структури та її геометричні розміри. На рис. 1 приведена конструкція Н-подібного хвильоводу, утвореного двома симетрично розташованими гребенями шириною $2t$, відстань між ними $2l$.

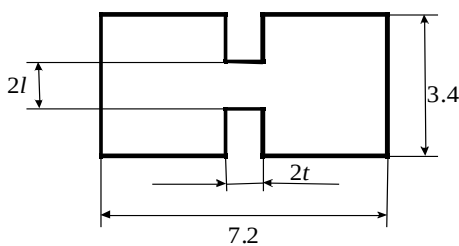


Рис. 1. Конструкція Н-хвильоводу

Розрахунки залежності хвильового опору, приведенного до центра гребеня, від параметра $2t$ для різних частот діапазону та для значення $2l = 0.4$ мм показали, що за ширини гребеня $2t = 2.8$ мм хвильовий опір дорівнює 45.3 Ом на середній частоті діапазону і мало змінюється в робочому діапазоні частот.

Збільшення відстані $2l$ до величини $2l = 0.6$ мм дає величину хвильового опору $66.3 \text{ Ом} \pm 2.6\%$, що може призвести до збільшення втрат в режимі малого сигналу

Керуючий вузол ЗП являє собою 4 $p-i-n$ -діоди, встановлені у регулярній лінії з хвильовим опором ρ на однаковій відстані l один від одного. Для зниження коефіцієнта стоячої хвилі напруги (КСХН) і збільшення широкосмуговості відстані l необхідно, щоб кожен каскад вносив в режимі малого сигналу відносно малі втрати і відбиття, причому відбиття, внесені кожним каскадом, повинні у середньому компенсуватись. Аналіз і синтез багатокаскадних пристроїв ґрунтується на застосуванні еквівалентної схеми у вигляді каскадного з'єднання зосереджених неоднорідностей, роль яких виконують рознесені на фазові відстані

$$\Theta = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot l \quad (1)$$

керовані діоди $VD1 \dots V D_n$ (тут λ – довжина хвилі).

У випадку рівних відстаней між однаковими діодами теорія матриць дозволяє одержати співвідношення для коефіцієнта передачі n -каскадного керуючого блоку :

$$L = |T_n(\cos\Theta + i \cdot \gamma \cdot \sin\Theta) + (\gamma \cdot \cos\Theta + i \cdot \sin\Theta) \cdot V_{n-1}(\cos\Theta + i \cdot \gamma \cdot \sin\Theta)|^2, \quad (2)$$

де $T_n(x)$, $V_{n-1}(x)$ – поліноми Чебишева 1-го і 2-го роду за значення $x = \cos\Theta + i \cdot \gamma \cdot \sin\Theta$. Величина $\gamma = Z_0 / 2Z$, де Z_0 – хвильовий опір лінії, а Z – повний опір діода.

Потрібно зауважити, що початкові втрати (втрати в режимі малого сигналу) L_0 , n -каскадного керуючого вузла завжди відповідають знеструмленому режиму $p-i-n$ -діодів, коли активна провідність діода g порівняно невелика, і починає давати порівняно великий внесок реактивна провідність b ємнісного характеру. Компенсацію ємності діода досягають підбором відстані. В роботі були проведені розрахунки початкових втрат L_0 (в режимі малого сигналу) керуючого вузла ЗП, що використовує $p-i-n$ -діоди з $R_s=0$, $C_i=0.05$ пФ, $R_i=20$ кОм для лінії з хвильовим опором $\rho = 70$ Ом. При розрахунках відстань l між діодами враховувалась у вигляді електричної довжини відрізка лінії між діодами на середній частоті діапазону (32 ГГц):

$$\Theta = \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{\lambda_{32}},$$

де λ_{32} – довжина хвилі у напрямній системі на частоті 32 ГГц.

На рис.2 приведено залежність початкових втрат для керуючого вузла ЗП від частоти в припущенні, що для $p-i-n$ -діодів виконується умова $R_s=0$. Як видно з графіків, параметр Θ визначає величину початкових втрат і їхню зміну в діапазоні частот. Звідси для забезпечення рівномірних характеристик та невеликих значень початкового загасання у робочому діапазоні частот, відстані між діодами керуючого блоку повинні бути обрані згідно з виразом:

$$l \approx \frac{\lambda_{32}}{8}$$

В нашому випадку ця величина знаходиться в межах $\sim 0,8-1\text{мм}$.

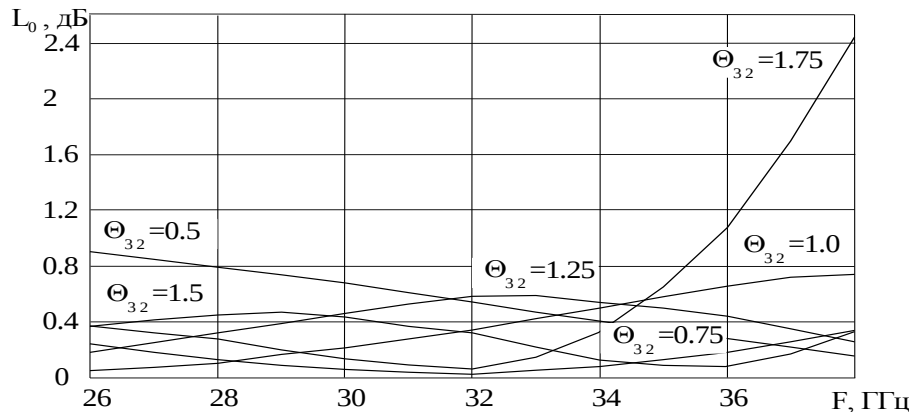


Рис. 2. Залежність початкових втрат від частоти для керуючого вузла ЗП

Для режиму високих рівнів НВЧ-потужності, коли $p-i-n$ -діоди відкриті, вони можуть бути подані як опір R . У цьому випадку керуючий вузол забезпечує значення внесеного загасання $L_{вн}$ в режимі потужного сигналу при $R = 2\text{ Ом} - 73\text{ дБ}$, $R = 4\text{ Ом} - 55\text{ дБ}$, $R = 6\text{ Ом} - 46\text{ дБ}$, $R = 8\text{ Ом} - 40\text{ дБ}$ відповідно. Звідси видно, що керуючий вузол з 4-х $p-i-n$ -діодів в діапазоні наведених величин R забезпечує досить високе значення внесеного загасання.

Висновки. Таким чином, для конструктивної побудови ЗП доцільно використати регулярну лінію на Н-хвильоводі. Рівномірність втрат в режимі малого сигналу та їх величина забезпечуються за рахунок вибору відстані між $p-i-n$ -діодами і параметрами діодів в режимі малого сигналу. Величина внесеного загасання в режимі потужного сигналу визначається, в основному, опором $p-i-n$ -діодів в цьому режимі за фіксованих інших параметрів.

Література

1. Кременецька Я.А. Сучасні тенденції розвитку джерел міліметрового і субміліметрового діапазонів для перспективних систем зв'язку // Вісник ДУІКТ. – 2013. – №2. – С.94-97.
2. David Lopez, J.-F. Villimazet, D. Geffroy, J.-L. Cazaux, G. Mouchon, J. Maynard, V. Perrel, M. Amarouali. Ka Band Power Limiter For Satellite Channel Amplifier//2009 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave & Optoelectronic Conference (IMOC 2009),THALES ALENIA SPACE, Toulouse, France P. 200-203.
3. И.В. Лебедев , А.С. Шнитников , Е.И. Купцов. "Твердотельные СВЧ ограничители - проблемы и решения" (обзор)// Изв. ВУЗов, Радиоэлектроника.- 1985.- т.28.- N10.С.34-44.

МОДЕРНІЗАЦІЯ РАДІОРЕЛЕЙНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ДУПЛЕКСНОЇ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ З ПОКРАЩЕНИМ ВІДНОШЕННЯМ СИГНАЛ/ШУМ ПРИ НАЯВНОСТІ ЗГАСАННЯ СИГНАЛУ

Семенко А.І., Смілянський А.О.¹, Шокотько А.А.²

¹ - Національний університет телекомунікацій,

² - ТОВ «Huawei», м.Київ, Україна

E-mail: setel@ukr.net

Modernization of the microwave stations for establishment of the digital duplex communication links with the improvement of the noise to signal ration under the presence of signal fading

Duplex digital radio relay system, that contains signal fading in rainy conditions and SNR coming-down is considering. Creation of extended radio relay stations, that let recreate normal SNR automatic by receivers bandwidth narrowing and number of signal positions increasing.

Відомо, що опади суттєво впливають на загасання сигналу в атмосфері на частотах, більших 1 ГГц, тобто в частотному діапазоні, де в основному працюють радіорелейні системи зв'язку (рис.1) [1,2].

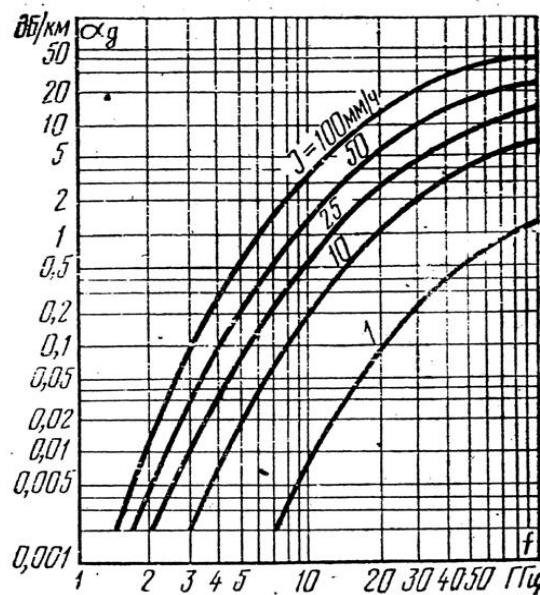


Рис.1. Загасання сигналу при наявності опадів

При збільшенні інтенсивності опадів збільшується загасання сигналу, що призводить до зменшення відношення сигнал/шум та відповідно до збільшення помилки прийому сигналу.

Відновлення потрібного відношення сигнал/ шум можливо методом «грубої сили» –підвищенням потужності передавача, однак це призводить до

погіршення електромагнітної сумісності обладнання, надмірних енерговитрат, особливо при акумуляторному живленні, та підвищення шкідливості впливу електромагнітного випромінювання на здоров'я людей.

Суттєвий вплив на відношення сигнал/шум має також потужність шумів, яка визначається формулою Г. Найквіста

$$P = kT\Delta f, \quad (1)$$

де k - стала Больцмана, $k=1,38 \times 10^{-23}$ Вт/Гц*Град;

T - шумова температура приймальної системи;

Δf -смуга пропускання приймача.

Очевидно, що для ефективного зменшення потужності шумів доцільно зменшувати смугу пропускання приймача.

В роботі запропонована система радіорелейного зв'язку, в якій використовуються модернізовані радіорелейні станції, що дозволяють здійснювати автоматичне зменшення смуги пропускання їх приймачів при збільшенні загасання сигналу через опади (рис.2).

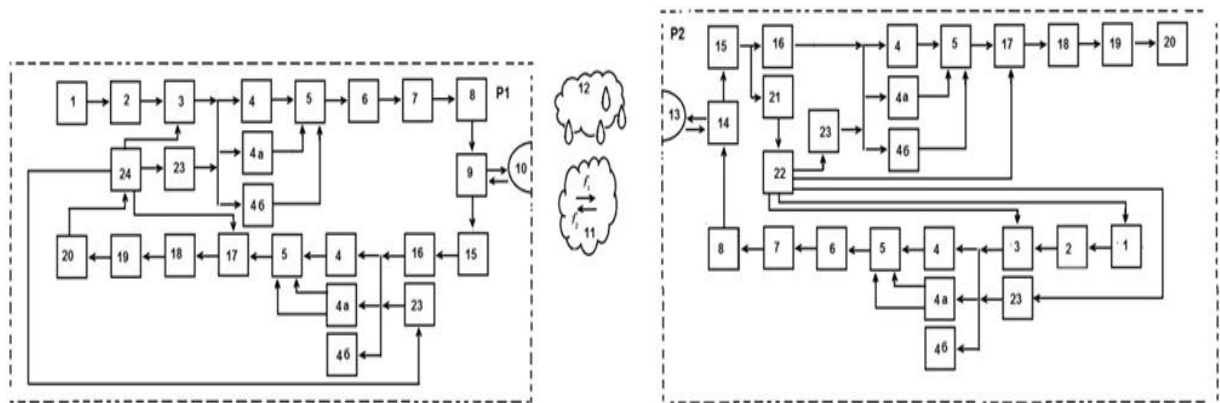


Рис. 2. Функціональна схема системи радіорелейного зв'язку з автоматичною зміною смуги пропускання приймачів радіорелейних станцій:

$P1$ - радіорелейна станція 1, 1 - джерело інформації, 2 - кодер, 3 - модулятор, 4 - фільтр проміжної частоти, 4a, 4б - фільтри проміжної частоти із зменшеною смугою пропускання, 5 - підсилювач проміжної частоти, 6 - перетворювач частоти 1, 7 - підсилювач потужності, 8 - смуговий фільтр 1, 9 - дуплексор 1, 10 - антена 1, 11 - канал зв'язку – вільний простір (ефір), 12 – дощова (снігова) хмара, $P2$ - радіорелейна станція 2, 13 - антена 2, 14 - дуплексор 2, 15 - малoshумливий підсилювач, 16 - перетворювач частоти 2, 17 - демодулятор, 18 - вирішуючий пристрій, 19 - декодер, 20 - кінцевий пристрій прийому інформації, 21 - вимірювач відношення сигнал/шум, 22 - формувач сигналу керування 1, 23 - перемикач фільтрів, 24 - формувач сигналу керування 2.

Система побудована на основі 2-х цифрових радіорелейних станцій $P1$ та $P2$, які працюють на двох близьких робочих частотах f_1 та f_2 через вільний простір 11, в якому виникають додаткові загасання сигналу через опади від хмари 12. До складу кожної радіорелейної станції входять передавач – послідовно з'єднані джерело інформації 1, кодер 2, модулятор 3, фільтри проміжної частоти 4, підсилювач проміжної частоти 5, перетворювач частоти

1 6, підсилювач потужності 7, смуговий фільтр 8 та приймач- послідовно з'єднані малошумливий підсилювач 15, перетворювач частоти 2 16, демодулятор 17, вирішуючий пристрій 18, декодер 19, кінцевий пристрій прийому інформації 20. Смуговий фільтр 8 та малошумливий підсилювач 15 підключаються до дуплексера 9, з'єданого з антеною 10.

Для реалізації автоматичної зміни смуги пропускання приймачів станцій здійснюється модернізація радіорелейних станцій $P1$ та $P2$. В одній із станцій, для прикладу в станції $P2$, до виходу малошумливого підсилювача 15 паралельно приєднується вимірювач відношення сигнал/шум 21 [3], до виходу якого підключається формувач сигналу керування 1 22, з'єднаний з перемикачем 23 паралельно включених фільтрів з різною смугою пропускання, яка відрізняється в 2 рази, 4,4а,4б. В станції $P1$ до виходу кінцевого пристрою прийому інформації 20 підключається формувач сигналу керування 2 24, який приєднується до перемикача фільтрів з різною смугою пропускання 23.

Відомо, що швидкість передачі багатопозиційного фазоманіпульованого радіосигналу визначається формулою[4]

$$C = \Delta f_k \log M, \quad (2)$$

де Δf_k – смуга пропускання радіоканалу, що дорівнює практичній ширині спектру радіосигналу,

M -кількість позицій сигналу.

Для двійкового сигналу

$$M = 2^n, \quad (3)$$

де n -кількість розрядів двійкового сигналу.

Очевидно, що зменшення смуги пропускання фільтрів і відповідно радіоканалу призведе до зменшення швидкості передачі інформації. Але автоматичне збільшення кількості позицій сигналу дозволить зберегти швидкість передачі інформації.

Висновки

1. При загасанні сигналу через опади в робочому діапазоні частот радіорелейних станцій (більше 1ГГц) зменшується відношення сигнал/шум та збільшується відповідно помилка прийому інформації.

2. Запропонована модернізація радіорелейних станцій дозволяє при збільшенні загасання сигналу через опади автоматично зменшувати смугу пропускання приймачів шляхом зміни фільтрів проміжної частоти, що призведе до покращення відношення сигнал/ шум, а також автоматично збільшити кількість позицій сигналу для збереження швидкості передачі інформації.

Література

1. Справочник по спутниковой связи и вещанию / Под ред. Кантора Л.Я.. М.: Радио и связь, 1984.- 344с.
2. Каменский Н.Н., Модель А.М., Б.С. Найдененко и др. Под ред. Бородича С. В. Справочник по радиорелейной связи. М.: Радио и связь, 1981. - 211 с.
3. Челпанов В.В., Корнуков И.Ю., Марухленко С.И. Измеритель отношения сигнал-шум. Патент RU2117954.
4. Скляр Б. Цифровая связь. - М., С-Пб., К.: Вильямс, 2004. - 1104 с.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ФІЗИЧНОГО ЯВИЩА КРИВИЗНИ ФАЗОВОГО ФРОНТУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ

Авдєєнко Г.Л., Адамович О.М., Чижевська А.В., Якорнов Є.А.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: djangoo2006@ukr.net

Relay line capacity increase by electromagnetic wave phase front curvature usage

The method for frequency capacity improving of radio relay line with time division duplex by usage of electromagnetic wave phase front curvature difference from two sources of radiation are presented. This thesis can be useful for microwave equipment vendors.

У наш час радіорелейні лінії зв'язку (РРЛС) міцно утримують [1] свою «нішу» у телекомунікаціях, особливо в міських умовах і на різко пересіченій місцевості. У роботі [2] авторами показана принципова можливість застосування фізичного явища кривизни фазового фронту електромагнітної хвилі (ЕМХ) для підвищення продуктивності стаціонарних систем радіозв'язку надвисокочастотного діапазону (НВЧ), що дозволяє за рахунок ускладнення антенно-фідерної системи задіяти одночасно той самий інтервал радіолінії й смуги частот на передачу/прийом двом операторам (провайдерам) послуг зв'язку. Тому розглянемо один з підходів до схемної реалізації й принципу роботи РРЛС із використанням кривизни фазового фронту ЕМХ для забезпечення передачі інформації від устаткування двох операторів на основі способу організації зв'язку між двома радіорелейними станціями (РРС), викладеного в [3].

При відсутності кривизни фронту ЕМХ кожний із двох каналів передачі й прийому РРС (рис. 1, на якому на відміну від [3] у кожен РРС додані по дві приймально-передавальні антени) може працювати автономно у своєму діапазоні робочих частот f_1 і f_2 (або як два незалежні стовпи РРЛС), виконуючи прописані в способі [3] операції, а саме: кожна РРС випромінює в напрямку сусідньої РРС і приймає від неї НВЧ сигнал-переносник інформації на одній і тій же несучій частоті з поділом у часі випромінювання й приймання на даній РРС сигналу з тимчасовим ущільненням каналів. При цьому на першій РРС забезпечують часовий зсув початку періоду дискретизації прийнятого сигналу відносно початку періоду дискретизації випромінюваного сигналу кратним тривалості каналного інтервалу. Це досягається за рахунок того, що вимірюють затримку сигналу $t_{31,2}$, який випромінюється першою РРС, приймається й перевипромінюється другою РРС у напрямку першої РРС, і змінюють період дискретизації сигналу T_d на T'_d , випромінюваного першою РРС так, щоб він відповідав одній з умов

$$T'_d = \frac{t_{31,2}}{m + \frac{\kappa}{n}}, \quad (1)$$

або

$$T'_d = t_{31,2} / E \left[\frac{t_{31,2}[C]}{0,125} \right] + \frac{\kappa}{n}, \quad (1.a)$$

де n - число каналних інтервалів у періоді дискретизації й звичайно $n = 2^l$; $l = 5...9$; κ - ціле число каналних інтервалів, що розміщуються в залишку $t_{3l,2} - mT_{0l}$, до $1, 2, 3...(-1)$; $m = E \left\lfloor \frac{t_{3l,2}}{T_{g1}} \right\rfloor$, $m = 2...4$, $E/$ - ціла частина частки, а величину $t_{3l,2}$ визначають,

випромінюючи протягом деякого відрізка часу однократно за кожні чотири періоди дискретизації каналний інтервал циклової (кадрової) синхронізації відомим методом імпульсної далекометрії.

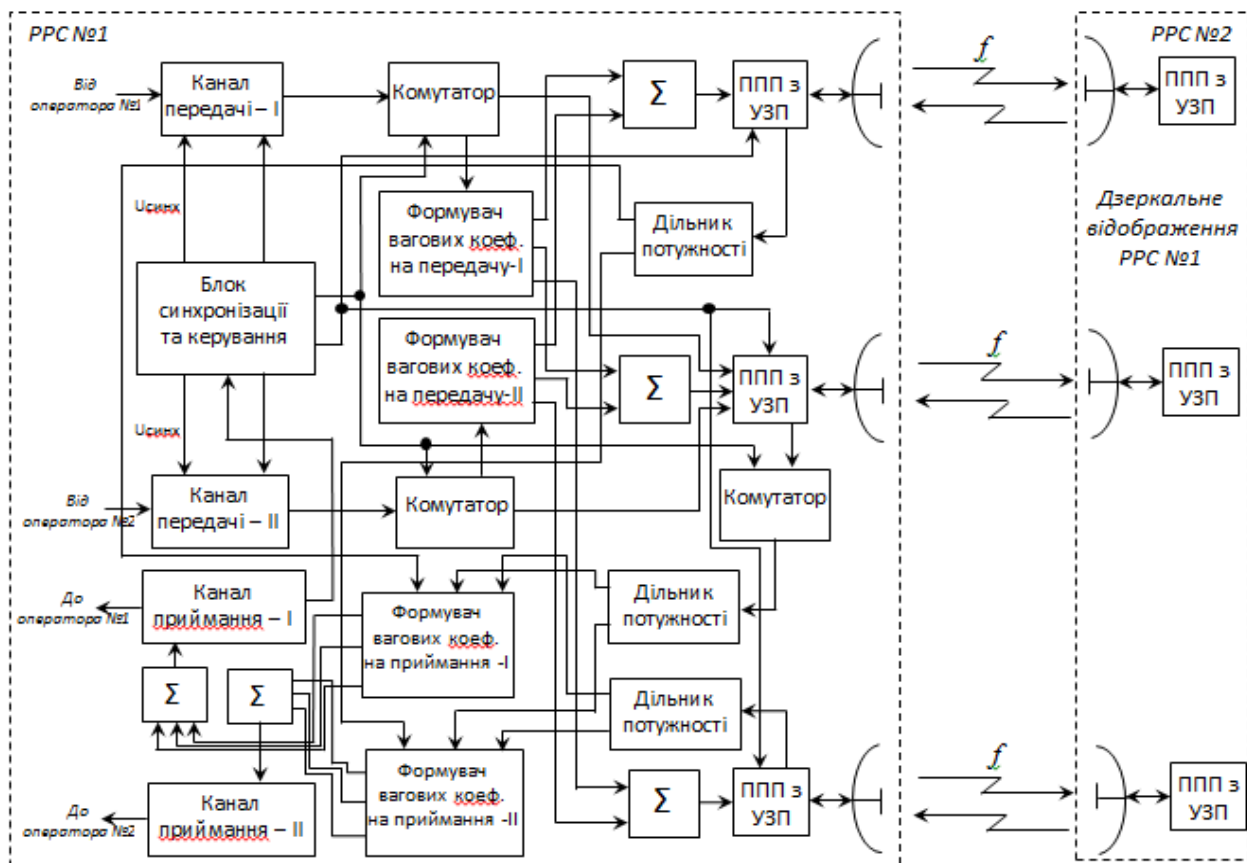


Рис. 1

Таким чином, при відсутності кривизни фазового фронту ЕМХ, оператор №1 використовує часовий дуплекс для організації двосторонньої передачі інформації із РРЛС від РРС №1 до РРС №2 і назад у діапазоні частот f_1 , а оператор №2 використовує туж РРЛС, але часовий дуплекс у ній організований у діапазоні частот f_2 , причому вибір f_1 і f_2 регламентується відповідними рекомендаціями МСЕ-Р.

При наявності кривизни фронту ЕМХ, тобто при роботі РРС у зоні Френеля [2], з'являється можливість ввести просторову обробку сигналів і збільшити продуктивність РРЛС як мінімум у двічі. Це дозволить одночасно забезпечити двосторонню передачу інформації від операторів №1 і №2 з використанням у РРЛС часового дуплекса однієї й тієї ж смуги частот, тобто $f = f_1 = f_2$. Зазначений позитивний ефект досягається або за рахунок використання вже наявних відмінностей у кривизні фронтів ЕМХ або шляхом штучного створення потрібної кривизни фронту каналу передачі, наприклад, такий, щоб на прийомному каналі РРС №2 у діапазоні частот f формувався плоский фронт хвилі від оператора №1 і неплоский від оператора №2. Рішення про введення режиму просторової обробки вирішується оператором (ми) залежно від умов використання РРС. Головною умовою введення такої просторової обробки є виявлення самого факту наявності кривизни фронту ЕМХ, яке можна знайти зі співвідношення [2]

$$D_{Б.З.ПРД} \ll D \ll D_{Д.З.ПРД} \quad (2)$$

де $D_{Б.З.ПРД} = 0.62\sqrt{L_{р1}^3/\lambda}$ й $D_{Д.З.ПРД} = 2L_{р1}^2/\lambda$ – границі ближньої і дальньої зони для розрідженої антенної решітки (РАР) передавальної частини РРС, причому $L_{р1} = (M-1)L_1 + D_{А.ПРД}$ – довжина розкриття РАР, $D_{А.ПРД}$ – діаметр передавальної антени, M – число антен, λ – довжина хвилі.

За даними моделювання залежності ОСЗШ від розміру бази x приймальні РРС для різних дальностей d між передавальною й приймальною сторонами при різних розмірах баз передавальної РРС (табл. 1) можна вибрати оптимальний розмір бази для необхідного ОСШП, наприклад, мінімум 26 дБ для QAM-64, при якому забезпечується необхідна ймовірність помилки на виході демодулятора приймача РРС.

Таблиця 1

Розмір бази передавальної РРС, [м]	Розміри бази приймальної РРС (x) для максимальних значень ОСШП для різних дальностей (d) між РРС, [м]					
	$d = 5$ км		$d = 10$ км		$d = 20$ км	
	ОСШП, [дБ]	x , [м]	ОСШП, [дБ]	x , [м]	ОСШП, [дБ]	x , [м]
5	32	8,5	34	17,5	35	39
	30	7 або 10	30	14 або 23		
	25	5 або 13	25	11,5 або 25		
10	41,5	3	42,5	7,5	44	18,5
	30	1,5; 8,5; 12; 18,5	30	3 або 14		
	25	1; 12; 13; 18; 18,5; 22	25	2; 15; 28		
15	40	3	39	5,5	40	14
	30	1,5; 5; 10	30	2,5; 10,5		
	25	1,5; 5; 8; 11	25	2; 11; 17		

Таким чином, виходячи з аналізу умов поширення хвиль, відстаней між прольотами РРС і потоку переданої інформації оператор (и) приймає рішення щодо необхідності введення операції просторової обробки й встановлення додаткового обладнання.

Література

1. Бутенко В.В. Цифровизация сети РРЛ прямой видимости. Вестник связи. – 2009. №8. – с. 15-21.
2. Якорнов Є.А., Коломыцев М.О., Авдеенко Г.Л., Лавриненко О.Ю. Теоретический анализ возможности применения физического явления кривизны фазового фронта электромагнитной волны в стационарных системах радиосвязи сверхвысокочастотного диапазона // Вестник НТУУ “КПІ”. Сер. Радиотехника. Радиоаппаратостроение. – 2012. – № 48. – с. 84–96.
3. Патент № 2124810 (Россия). Способ обеспечения связи между двумя радиорелейными станциями и система для его осуществления. М. кл. Н 04 В 7/14 //Петряев Г.В., Орлов В.И. БИ, 1999 г., № 1.

**Секція 7. Реалізація концепції NGN в сучасних та
перспективних телекомунікаціях**

УДК 627.372

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ СКВОЗНОГО АГРЕГИРОВАНИЯ
RSVP - РЕЗЕРВИРОВАНИЙ В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ**

Буркан Л.О., Максимов В.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: Lyudaburkan@gmail.com

Providing the required quality of service in multiservice networks using aggregation through RSVP-reservations.

RFC3175 описывает агрегирование RSVP резервирований позволяя резервировать ресурсы в DiffServ сети для заданной политики PHB от определенного источника до получателя. Но может возникнуть ситуация, когда несколько агрегирований резервирований определены одним и тем же IP адресом источника, IP адресом получателя, и PHB. Тем не менее данный случай не был описан в спецификации RFC3175. Поэтому необходимо описать расширенную версию протокола агрегирования резервирований, который назовем общим агрегированием резервирований. Общие агрегирования резервирований также могут быть использованы непосредственно конечными сетями, которые взаимодействуют с DiffServ сетью[3].

Объект Сессии в общем агрегировании резервирований использует PHB идентификатор для определения политики PHB. В данном случае этот идентификатор введен вместо DSCP. Использование PHB идентификатора вместо DSCP позволяет нам явно определить относятся ли Diffserv ресурсы к одной политике PHB или к нескольким.

Были внесены некоторые изменения в обработке PATH сообщения. В PATH сообщениях должны быть определены Сессия общего агрегирования, значение Vdst-порта(Virtual Destination Ports), значение расширенного Vdst-порта и PHB идентификатор в дополнение к адресу источника/агрегатора и получателя/деагрегатора. [1]

Процедура агрегирования E2E резервирования поверх общего агрегирования RSVP резервирований, такие же как в простом агрегировании, кроме некоторых дополнений. Как было определено ранее, деагрегатор

отвечает за определение E2E резервирования в данное агрегирование резервирований. Деагрегатор устанавливает новое агрегирование резервирований путём отправки агрегатору E2E PathErr сообщения с кодом ошибки, который определяет, что необходимо создание нового агрегирования. В простом агрегировании резервирований деагрегатор транспортирует DSCP нового агрегирования путём добавления объекта DCLASS в E2E PathErr и кодированием соответствующего DSCP внутри. Общее агрегирование резервирований расширяет и модифицирует данную процедуру. Деагрегатор должен содержать в E2E PathErr сообщении объект SESSION-OF-INTEREST, который содержит Сессию общего агрегирования для установления общего агрегирования резервирований. Так как Сессия общего агрегирования содержит PHB идентификатор, объект DCLASS необходимо включать в PathErr сообщение.

Необходимо отметить, что деагрегатор может легко убедиться в том, что разные агрегаторы используют разные сессии для их Path агрегирования к данному деагрегатору. Это из-за того, что деагрегатор может легко выбрать номер Vdst-порта и/или расширенного Vdst-порта, которые отличаются для каждого агрегатора (например путём использования адреса агрегатора как расширенного Vdst-порта) и может соединяться с ними внутри Сессии общего агрегирования. Это даёт простое решение для установления отдельных соединений от каждого агрегатора к данному деагрегатору. И наоборот, если общее резервирование установлено между несколькими агрегаторами деагрегатор может способствовать этому путём назначения одного и того же Vdst-порта и расширенного Vdst-порта нескольким агрегаторам, при этом включая одну и ту же Сессию общего агрегирования внутри SESSION-OF-INTEREST объекта в E2E PathErr сообщениях посылаемым этим агрегаторам. После этого агрегаторы могут установить сообщение Path агрегирования с одной и той же Сессией общего агрегирования.

Политика регулирования пропускной способности агрегированного потока. Так как авторами рассмотренных выше рекомендаций было указано, что политика регулирования пропускной способности агрегированных резервирований находится за пределами их рассмотрения, в данной работе приводятся несколько основных принципов данной политики.

Прежде всего, следует отметить, что пропускная способность

агрегирования не должна изменяться часто. Необходимо применять некоторую задержку, чтобы избежать частых колебаний при установленном стабильном уровне пропускной способности.

Функция управления полосой пропускания возложена на деагрегатор. Увеличение пропускной способности для агрегирований выполняется по требованию, т.е. когда на деагрегатор поступает новый запрос, на резервирование из конца в конец оно назначается определенному агрегированию и в этом случае мы добавляем необходимую полосу, только когда реальный трафик превышает зарезервированный. Хотя это может привести к увеличению задержки установления резервирования, но данная политика приводит к эффективному использованию ресурсов сети, так как она оставляет доступной полосу пропускания для других агрегирований, которые в данный момент будут передавать реальный трафик.

Исключением является создание нового агрегирования, при котором деагрегатор прогнозирует необходимую полосу пропускания и выделяет ее до начала фактической передачи трафика, таким образом, сокращая время установки соединения из конца в конец.

Заключение. В данной статье для обеспечения требуемых характеристик качества обслуживания из конца в конец мультисервисной сети предложено использование модифицированного протокола RSVP. Данный протокол поддерживает агрегирование резервирований, таким образом, не только удовлетворяя требования к полосе пропускания, задержке и потере пакетов потока, но и значительно сокращает объем служебной информации на узлах сети, которые участвуют в передаче данных.

Литература

1. F. Le Faucheur, B. Davie "Generic Aggregate Resource Reservation Protocol (RSVP) Reservations", May 2007.
2. «Collected experience from implementing RSVP», Martin Karsten, 2006.
3. RFC 3175 «Aggregation of RSVP for IPv4 and IPv6 Reservations», 2001.
4. «The Competitive Internet Service Provider: Network Architecture, Interconnection, Traffic Engineering and Network Design», Oliver M. Heckmann, 2006.
5. Clark, D., S. Shenker, and L. Zhang, "Supporting Real Time Applications in an Integrated Services Packet Network: Architecture and Mechanism," in Proc. SIGCOMM'92, September 1992.

АНАЛІЗ СІМЕЙСТВА АЛГОРИТМІВ АКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЧЕРГОЮ RED

Воробчук І.М., Максимов В.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: vendettakohuta@gmail.com

Analysis of Active Queue Management algorithms

The article presents active management protocols as a tool to guarantee QoS and enhance the performance characteristics of the network.

Перевантаження є фундаментальною проблемою в комп'ютерних мережах, що може спостерігатись на буфері мережесих маршрутизаторів, коли кількість вхідних пакетів не може бути обробленою за рахунок відсутності доступних мережесих ресурсів, таких як буферних просторів. Ця стаття надає короткий аналіз алгоритму RED і його модифікацій.

Одним з можливих підходів при вирішенні проблеми перевантаження є алгоритм RED (Random Early Detection). RED дозволяє маршрутизатору відкидати пакети, навіть коли в черзі ще є місце [1].

Використовуючи RED, можна досягнути задачу уникнення глобальної синхронізації, спричиненої одночасним перевантаженням TCP - потоків. Це досягається постійним відстеженням осциляцій величини часу доставки RTT та спробою зменшення довгих перевантажень[2].

RED використовує середній розмір черги, мінімальний поріг ($\min\_th$) і максимальний поріг ($\max\_th$) для виявлення майбутнього перевантаження (рис.1). Коли значення середнього розміру черги знаходиться між $\min\_th$ і $\max\_th$, RED випадковим чином відкидає вхідні пакети з імовірністю, що лінійно зростає від нуля до максимальної ймовірності ($\max\_p$) разом зі зростанням середнього розміру черги від мінімального до $\max\_th$. Однак, коли середній розмір черги більше ніж $\max\_th$, RED відкидає всі вхідні пакети, поки середній розмір черги не опуститься нижче $\max\_th$ [1].

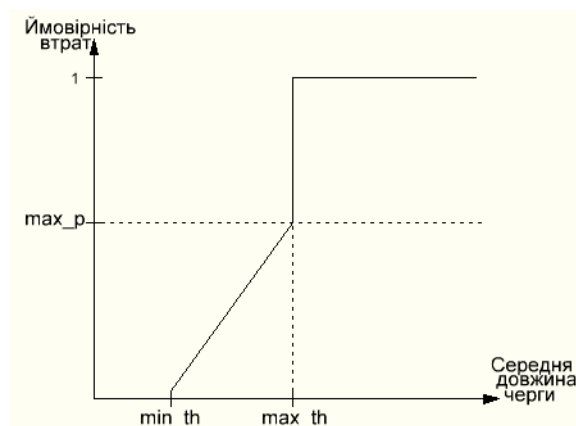


Рис. 1. Принцип роботи RED

Дослідження показують [3], що RED може поліпшити пропускну здатність на відміну від традиційного алгоритму управління чергою методом відкидання хвостів, зберігаючи при цьому низьку середню затримку черг. Однак ця перевага досягається тільки для "правильно налаштованого" RED при деяких навантаженнях трафіку, зокрема, коли середня довжина черги істотно не змінюється і залишається нижче порогу max_th .

За рахунок того, що RED має чітко встановлену верхню межу середньої довжини черги, це може спричиняти велике значення послідовних втрат пакетів, що, в свою чергу, може значно знизити пропускну здатність, викликаючи TCP тайм-аути.

Для усунення цієї проблеми була запропонована «м'яка» модифікація алгоритму - gentle-RED[1]. Якщо рівень перевантаження знаходиться між порогами min_th і max_th , пакети відкидаються з лінійно зростаючою ймовірністю від 0 до max_p . Коли рівень перевантаження більше max_th , але менше $2 * \text{max\_th}$, то пакети відкидаються не всі, як у випадку з RED, а з лінійно зростаючою ймовірністю від max_p до 1. Всі пакети відкидаються тільки після перевищення значення рівня перевантаження каналу $2 * \text{max\_th}$.

Для того, щоб зробити RED більш адаптивним в широкому діапазоні умов, було запропоновано Adaptive RED (A-RED) [4], який намагається пристосуватися до зміни навантаження в мережі, шляхом повільного регулювання max_p . A-RED намагається динамічно конфігурувати свої характеристики, визначивши цільову область значення середньої довжини черги, що буде знаходитись між min_th та max_th – шукаючи оптимальне значення середнього розміру черги A-RED адитивно збільшує max_p до межі (0,5 за замовчуванням); якщо середній розмір черги знаходиться вище заданої межі, то починається мультиплікативне зменшення max_p (0,001 за замовчуванням) до такої межі, коли середній розмір черги опуститься нижче межі.

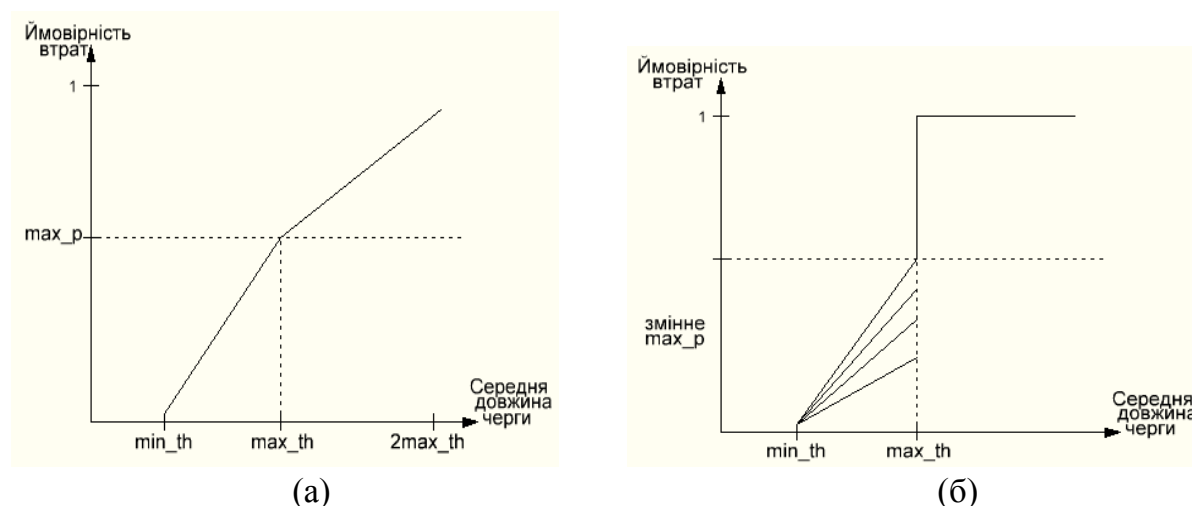


Рисунок 2. Gentle-Red (a) та A-RED (б).

Таким чином, A-RED намагається знайти такий фронт схилу ймовірності відкидання, щоб зробити систему управління із зворотним зв'язком стабільною для даного обсягу трафіку. Однак, A-RED не гарантує знаходження нахилу в діапазоні,

що буде визначатись межею для $\max_r$, і в цьому разі постає проблема поганої адаптивності до флуктуацій трафіку як і у випадку зі звичайним RED.

Оскільки RED та його модифікації націлені на відкидання пакетів в умовах перевантаження, їх застосування з трафіком, чутливим до затримок, може привести до значного погіршення QoS. Для уникнення цього введено алгоритм ECN (Explicit Congestion Notification) [5], що дозволяє обом сторонам маршруту дізнаватись про перевантаження без відкидання пакетів, а шляхом маркування трафіку – встановленням міток підтримки алгоритму ECT (ECN Capable Transport), та підтвердження перевантаження CE (Congestion Experienced) у 6 та 7 біти байта ToS в заголовку IP. Так, якщо сесія буде успішно встановлена, маршрутизатори, що підтримують ECN розширення, матимуть змогу сигналізувати про початок перевантаження. При одержанні на приймальній стороні пакету, поміченого CE-міткою, у відповідь відсилається TCP-сегмент ACK з міткою ECN-ехо, він сприймає ситуацію так, наче пакет було втрачено, і, як наслідок, зменшує вихідне навантаження.

У вітчизняній літературі, при описанні принципу роботи даного алгоритму, автори не зазначають його можливі недоліки. Тому приведемо нижче основні недоліки алгоритму ECN.

TCP з'єднання можуть встановлювати ECN мітку для означення підтримки ECN, і потім ігнорувати всі наступні ECN-нотифікації. Однак, в мережі, де для індикації перевантажень використовується тільки принцип відкидання пакетів, з'єднання, що не відповідає вимогам, може не допускати необхідне зменшення вікна на відповідь до відкидання пакетів. Якщо таке з'єднання використовується і є налаштованим для надійної доставки, то воно не може в повній мірі ігнорувати відкидання пакетів, але за рахунок відсутності контролю та моніторингу, з'єднання може спричинити перевантаження в середовищі, в незалежності від того, чи підтримується чи не підтримується ECN.

Наступна проблема полягає в тому, що ECN повідомлення (такі як TCP ACK з встановленою міткою ECN-ехо) можуть бути відкинутими мережею, і як наслідок, нотифікація про перевантаження не зможе досягнути кінцевого вузла. Тому, використання міток не може гарантувати, що TCP джерело отримає кожну відправлену нотифікацію про перевантаження. Однак, варто помітити, що оскільки алгоритм ECN використовується з налаштованим RED, останній продовжуватиме помічати пакети мітками ECN доти, доки потік пакетів не зменшиться на вході в буфер.

Література

1. Welzl M. "Network Congestion Control: Managing Internet Traffic," 282 pages, July 2005.
2. Семенов Ю. А. Модели реализации протокола TCP и его перспективы. М.: Горячая линия-Телеком, 2003.
3. M. Christiansen, K. Jeffay, D. Ott, and F.D. Smith. Tuning RED for Web Traffic. In Proceedings of ACM SIGCOMM Conference, 2000.
4. V. Rosolen, O. Bonaventure, and G. Leduc. A RED discard strategy for ATM networks and its performance evaluation with TCP/IP traffic. ACM Computer Communication Review, Jul 1999.
5. Шринивас Вегешна «Качество обслуживания в сетях IP». К.: Вильямс. 2003 – 368с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ IP – ТЕЛЕФОНІЇ

Гуриненко В.О.

Київський коледж зв'язку

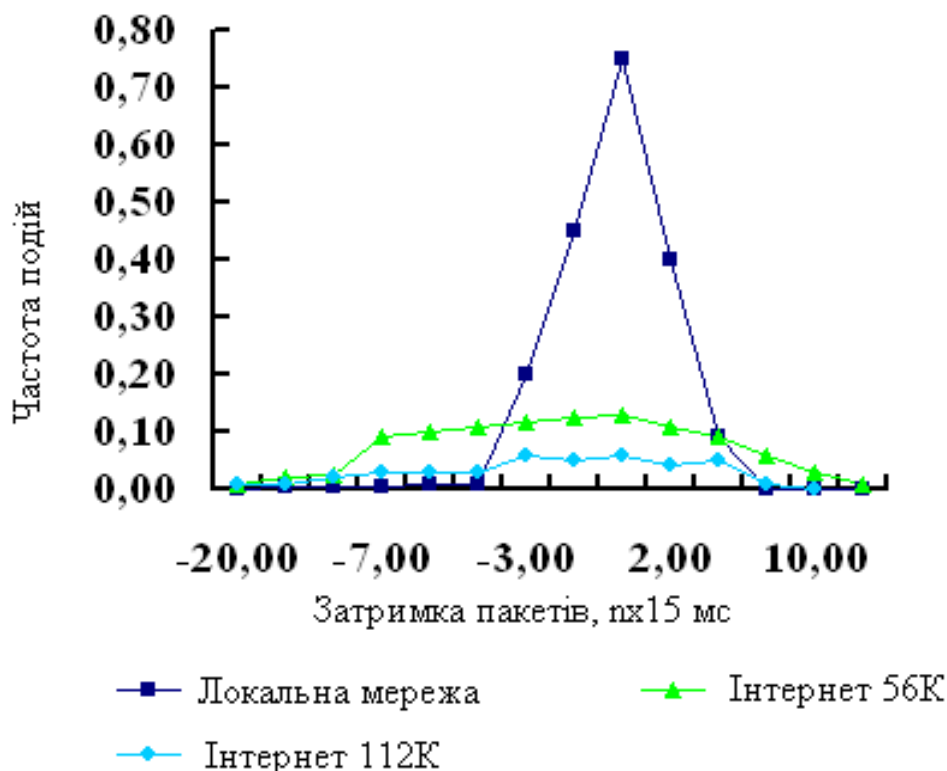
E-mail: vysochinenko_m@ukr.net

When it or break into data packets for transmission over the IP-network, packets often arrive at the destination at different times and in different sequences. This creates variation in packet delivery time (jitter). Jitter perceived as crackling and clicks, distorts primarily short explosive sounds such as consonants.

Коли мова або дані розбиваються на пакети для передачі через IP - мережу, пакети часто прибувають в пункт призначення в різний час і в різній послідовності. Це створює розкид часу доставки пакетів (джиттер). Джиттер сприймається у вигляді потріскувань і клацань, спотворює в першу чергу короткі звуки типу вибухових приголосних.

Різниця максимального і мінімального часу проходження пакетів.

Величини виникаючих затримок і їх вірогідності важливі для організації процедури обробки і вибору параметрів обробки. Зрозуміло, що тимчасова структура мовного пакетного потоку міняється.



На рисунку приведені гістограми джиттера пакетів в локальній мережі і в мережі Інтернет з різними швидкостями роботи, що показують емпіричні розподіли вірогідності затримок. На осі абсцис відкладена відносна затримка, що характеризує реальне положення пакету в послідовності на тимчасовій осі по відношенню до ідеального в припущенні, що перший пакет прийшов без затримки.

Виникає необхідність організації буфера для перетворення пакетної мови, обтяженої нестаціонарними затримками в каналі, можливими перестановками пакетів, в безперервний, природний мовний сигнал реального часу. Параметри буфера визначаються компромісом між величиною запізнювання телефонного сигналу в режимі дуплексного зв'язку і відсотком втрачених пакетів. Втрата пакетів є іншим серйозним негативним явищем в IP-телефонії. У існуючих IP-мережах усі голосові кадри обробляються як дані. При пікових навантаженнях і перевантаженнях голосові кадри відкидатимуться, як і кадри даних. Проте кадри даних не пов'язані з часом і відкинуті пакети можуть бути успішно передані шляхом повторення. Втрата голосових пакетів, у свою чергу, не може бути заповнена у такий спосіб і в результаті станеться неповна передача інформації. Передбачається, що втрата до п'яти відсотків пакетів непомітна, а понад 10-15% - недопустима. Причому ці величини істотно залежать від алгоритмів компресії/декомпресії.

Інтуїтивно ясно, що з підвищенням трафіку зростають затримки і втрати в телефонному каналі. В умовах обмежених пропускних здібностей це проявляється не лише при інтегральному збільшенні завантаження каналів, наприклад, в години найбільшого навантаження, але і при збільшенні потоку локального джерела інформації.

Література

1. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефонія. - М.: Радио и связь, 2001. - 336 с.
2. Росляков А.В., Самсонов М. Ю., Шибаета И.В. IP-телефонія. - М.: Эко-Трендз, 2001. - 250 с.
3. Бабкин В.В. Архитектура модуля обработки сигналов двухканального шлюза IP-телефонії // Электросвязь. - № 7. - 2000. - С.16-18.
4. Лам К.К. Разработка и исследование новых методов адаптивной эхокомпенсации: Автореферат дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. - М., 1999. - 24 с.
5. Еншель Х.И., Цыбулин М.К., Шевелев С.В. Комбинированные методы эхоподавления. Анализ их структур и алгоритмов работы // Электросвязь. - № 8. - 1999. - С.32-36.

ПОРІВНЯННЯ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ OSPFv2 і OSPFv3 В РОЗРІЗІ ПЕРЕХОДУ ДО МЕРЕЖ IPv6

Кравченко Д.О., Максимов В.В.

Інститут Телекомунікаційних Систем, «КПІ», Україна

E-mail: gmlkravhenkodima@gmail.com

COMPARISON OF ROUTING PROTOCOLS OSPFv2 AND OSPFv3 RELYING ON ASPECT OF SWITCHING TO IPv6.

This document outlines few comparisons of OSPFv3 and OSPFv2 Routing Protocol. OSPFv3 has few similarities with that of IPv4 version i.e. OSPFv2 in some ways, like Packet Type, Interface Type, Neighbor Discovery Pattern, LSA flooding & aging.

Вступ. Всім відомий факт, що IPv4 простір вже вичерпано; багатьом організаціям та установам незабаром буде необхідно виконати перехід на IPv6. Традиційні протоколи маршрутизації IPv4 мають бути замінені на нові сумісні з IPv6 протоколи, також необхідно забезпечити ефективну роботу мережі при будь-яких обставинах, тобто ці протоколи мають зазнати значних змін в цілях сумісності з IPv6. Розуміння цих змін важливе при виборі протоколу маршрутизації для певних систем. Тому дане дослідження проведено з метою підкреслення основних відмінних та подібних рис в популярному протоколі маршрутизації OSPF [1].

В роботі [2] описується протокол OSPFv2, а в роботі [3] описується протокол OSPFv3. Проте чіткої порівняльної характеристики для мереж IPv6 не приведено.

Метою даної роботи є формування порівняльної характеристики протоколів маршрутизації OSPFv2 та OSPFv3, а також ілюстрація прикладу налаштування протоколу OSPFv3 для мереж IPv6 на маршрутизаторі Cisco.

Коротко про протокол OSPF. OSPF (Open Shortest Path First) — протокол динамічної маршрутизації, заснований на технології відстеження стану каналу (link-state technology), що використовує для знаходження найкоротшого шляху алгоритм Дейкстри (Dijkstra's algorithm).

Протокол OSPF був розроблений IETF в 1988 році. Остання версія протоколу представлена в RFC 2328. Протокол OSPF являє собою протокол внутрішнього шлюзу (Interior Gateway Protocol — IGP). Протокол OSPF поширює інформацію про доступні маршрути між маршрутизаторами однієї автономної системи.

Згідно з RFC2328 є незапатентований тобто відкритий для громадськості протокол, таким же, як є протокол RIP. Але OSPF на відміну від RIP, має значно більшу швидкість збіжності (рекалькуляції таблиці маршрутизації), немає обмеження на довжину шляху 15-тю хопами(англ. hop, укр. стрибок), враховує пропускну здатність мережі при виборі маршруту. Все це робить OSPF потужним, масштабованим протоколом маршрутизації.[3]

IETF розробила нову версію OSPF спеціально для IPv6 і описана в RFC2740. Велика кількість виробників мережевого устаткування вносила зміни в протокол OSPF для мереж IPv6, корегуючи його для своїх власних вимог. Тому OSPF для мереж IPv6 (OSPF версії 3) був допрацьований та описаний в RFC5340. Фундаментальні механізми OSPF та алгоритми залишилися без змін, але формати пакетів в OSPFv3 було змінено через великі 128-бітні адреси IPv6.

Порівняння мережевих протоколів OSPFv2 и OSPFv3. Багато аспектів OSPF залишаються незмінними в OSPFv3 в порівнянні з OSPFv2, а саме:

- Обидва відносяться до протоколів внутрішнього шлюзу Interior Gateway Protocol (IGP).
- Використовують ієрархію 2 рівня з зоною 0.0.0.0 в ядрі.
- Використовують прикордонні маршрутизатори (ABRs) і прикордонні маршрутизатори автономної системи (ASBRs).
- Обидва використовують алгоритм найкоротшого шляху (SPF) Дейкстри.
- Використовують метрики, засновані на пропускній здатності інтерфейсу.
- Однакові типи пакетів протоколу: Hello, Database description (DBD), Link-state request (LSR), Link-state update (LSU), Link-state acknowledgment (LSA)
- Використовують подібні типи інтерфейсів: Broadcast, P2P, P2MP, NBMA, і Virtual-Links.

Основні відмінності протоколів наступні:

- OSPFv3 вмикається на інтерфейсах. Вмикання OSPF на інтерфейсі автоматично створює процес OSPF і відповідну команду в конфігураційному файлі;
- Анонсуються всі мережі налаштовані на інтерфейсі;
- Ідентифікатор маршрутизатора повинен бути налаштований вручну;
- Правила вибору зони аналогічні правилам для OSPFv2, однак, якщо на маршрутизаторі не налаштована адреса IPv4, то ідентифікатор повинен бути встановлений вручну;
- Додано два нових типи LSA - Link LSA і Intra - Area Prefix LSA;
- Крім існуючих областей поширення в OSPFv2 - зона і автономна система, додалася ще одна область - канал (області поширення LSA вказані в описі відповідних LSA);
- В межах каналу може бути декілька сутностей (instances);
- Пакети OSPF відправляються з link - local адреси (за винятком virtual link);
- Аутентифікації в OSPFv3 немає. Протокол використовує аутентифікацію Ipv6.

Приклад конфігурації OSPFv3. Існують деякі відмінності між налаштуванням OSPF на маршрутизаторі Cisco IOS для IPv6 та налаштуванням OSPF для IPv4. Для початку, OSPFv3 має більше команд, які налаштовуються на інтерфейсі, в порівнянні з командами для блоку налаштування протоколу маршрутизації. На кожному інтерфейсі, налаштовується тип інтерфейсу і зона. Зауважимо, що для реалізації OSPFv3

на інтерфейсі з підтримкою IPv6 необхідно ввести команда, які будуть розглянуті нижче, і не має необхідності додатково створювати конфігурацію процесу маршрутизації IPv6, він буде створений автоматично. Також існує можливість налаштувати OSPFv3 для роботи з віртуальною маршрутизацією, і функціонування з кількома варіантами OSPFv3 на одному і тому ж каналі. Нижче приведено приклад конфігурації OSPFv3 на маршрутизаторі Cisco IOS 12.4T.

```
ipv6 unicast-routing
ipv6 cef
interface GigabitEthernet 0/0
description Area 0.0.0.0 backbone interface
ipv6 address 2001:DB8:100:1::1/64
ipv6 ospf network broadcast
ipv6 ospf 100 area 0.0.0.0
interface GigabitEthernet 0/1
description Area 0.0.0.1 area interface
ipv6 address 2001:DB8:200:2::1/64
ipv6 ospf network broadcast
ipv6 ospf 100 area 0.0.0.1
ipv6 router ospf 100
router-id 10.1.1.1
log-adjacency-changes
passive-interface default
no passive-interface GigabitEthernet 0/0
no passive-interface GigabitEthernet 0/1
area 0.0.0.0 range 2001:DB8:100::/48
area 0.0.0.1 range 2001:DB8:200::/48
redistribute connected metric-type 1
```

Також існує можливість видалити налаштування OSPFv3 маршрутів та відключити процес маршрутизації наступною командою.

```
clear ipv6 ospf [process-id] {process | force-spf |
redistribution | counters [neighbor [neighbor-interface]]} [4]
```

Висновки. В роботі наведені основні спільні та відмінні риси для протоколів маршрутизації OSPFv2 та OSPFv3, а також наведено приклад, за допомогою якого існує можливість налаштувати протокол OSPFv3 на маршрутизаторі. Оскільки протокол OSPF продовжують широко використовувати в мережах IPv4, а також впроваджують в мережах IPv6, в даний час можливо використовувати обидві версії цього протоколу для досягнення оптимального результату.

Література

1. S. Farhangi, A. Rostami and S. Golmohammadi, Performance Comparison of Mixed Protocols Based on EIGRP, IS-IS and OSPF for Real-time Applications. Middle-East Journal of Scientific Research 12 (11), December 2013.
2. RFC 2328
3. RFC 5340
4. **Scott** Hogg, Core Networking and Security, OSPFv3 for IPv4 and IPv6, November 2013.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ НАДАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ ПОСЛУГ В ЧАСТИНІ ПЕРЕДАВАННЯ МОВНОГО СИГНАЛУ

Лалетін М.І., Лісковський І.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: laletik@bigmir.net, lisaknod@mail.ru

Researching methods to assess the quality of multi service in the network element transmitting the speech signal.

In this paper we considered a E - model for objective evaluation of speech quality, that takes into account the curvature of the speech into multiservice networks.

В рамках розвитку мереж наступного покоління як єдиної мережі загального користування вирішуються завдання двох типів [1]: короткострокові - стирання існуючої різниці в транспортуванні мови і даних, надання нових можливостей в області розвитку послуг, порівняльна простота реалізації при менших витратах щодо існуючих мереж; довгострокові - побудова простої і ефективної єдиної мережі для всіх видів програмних додатків, здешевлення мережних компонентів, активний розвиток нових видів послуг. Згідно із принципами побудови мереж наступного покоління, у якості технологічної бази побудови транспортного рівня передбачається технологія IP [2].

Одна з головних проблем, що виникають при переході від спеціалізованих мереж до єдиної мультисервісної IP-мережі, полягає в забезпеченні необхідного рівня якості обслуговування для різних послуг і додатків. Розробка механізмів забезпечення якості обслуговування в мультисервісних мережах є однією із центральних проблем в діяльності організацій по стандартизації: ITU-T, IETF, ETSI і ін.

Оскільки в якості технологічної основи побудови транспортного рівня мультисервісних мереж наступного покоління рекомендовано використання технології IP, модель мультисервісної мережі може бути представлено двома

основними рівнями: послуг і транспортним. Таке представлення виявляється досить корисним при побудові моделей оцінок наскрізного QoS.

Розглянемо методи оцінки якості послуг що застосовуються в мультисервісних мережах.

Об'єктивний метод оцінки якості послуг

В рекомендації ITU-T G.107 вводиться модель об'єктивної оцінки якості мови, відома як Е-Модель. Е-Модель враховує викривлення мови, внесені мережею передачі даних. Після створення цієї моделі була проведена велика кількість випробувань із суб'єктивними оцінками, у яких мінявся рівень впливу мережних факторів, що спотворюють. Дані цих тестів були використані в Е-моделі для обчислення об'єктивних оцінок. Результатом обчислень відповідно до Е-Моделі є число, називане R-Фактором. Значення R-Фактора однозначно зіставляються з оцінками MOS (табл. 1)

Таблиця 1. Співвідношення R-фактора и MOS

Значення R-Фактора	Категорія якості і оцінка користувача	Значення оцінки MOS
$90 < R < 100$	Найвища	4,34-4,50
$80 < R < 90$	Висока	4,03-4,34
$70 < R < 80$	Середня (частина користувачів оцінює якість як незадовільна)	3,60-4,03
$60 < R < 70$	Низька (більшість користувачів оцінює якість як незадовільна)	3,10-3,60
$50 < R < 60$	Погана (не рекомендується)	2,58-3,10

Примітка. З'єднання з R-Фактором нижче 50 не рекомендовані для використання

Відповідно до Е-Моделі R-Фактор визначається в діапазоні значень від 0 до 100, де 100 відповідає найвищому рівню якості. При розрахунках R-Фактора враховуються 20 параметрів. До складу цих параметрів входять:

- односпрямована затримка,
- коефіцієнт втрати пакетів,
- втрати даних через переповнення буфера джитера,

- викривлення, внесені при перетворенні аналогового сигналу в цифровий і наступному стиску (обробка сигналу в кодеках),
- вплив луни та ін.

Значення R визначається як [3]:

$$R = R_0 - l_s - l_d - l_e$$

де $R_0 = 93,2$ - базове значення R-Фактора (якість мовного сигналу на вході в систему рівно 100 одиницям. При його оцифровці і передачі по мережі відбувається деяке викривлення сигналу, що знижує значення R_0 до теоретичного максимуму - 93,2, яке звичайно округляють до 94);

l_s - викривлення, викликані місцевим ефектом і процедурою квантування; l_d - викривлення за рахунок сумарних затримок у мережі; l_e - викривлення, внесені обладнанням.

За значеннями R-фактора можуть бути обчислені відповідні оцінки MOS. Так, при використанні E-моделі оцінка 4,4 у системі MOS є максимально можливою оцінкою якості мови в мережі без викривлень. Величина R-фактора змінюється від 0 до 93,2, що відповідає зміні оцінок MOS від 1 до 4,4.

Висновки: Досліджено методи оцінки якості послуг, показано що E-Модель враховує викривлення мови, внесені мережею передачі даних та дозволяє завдяки розрахунку R-Фактора об'єктивно оцінювати якість передавання мови в мультисервісній мережі.

Література

1. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России. Версия 4. 2001.
2. Росляков А.В., Самсонов М.Ю. Модели и методы оценки качества услуг IP-телефонии // Электросвязь, 2002, №1.
3. Recommendation G.107. The E-model, a computation model for use in transmission planning - ITU-T.

МОДЕЛЬ КОРИСТУВАЧА В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖЕЮ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

Лісковський І.О., Варфоломєєва О.Г., Созонник Г.Д.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
E-mail: lisaknod@mail.ru

Management the productivity model of user in management system of infocommunication

The questions of synthesis of management system of NGN are examined on the criterion of the productivity. Considered politician QoS for the different types of traffic the model of user is offered.

Проведення аналізу декількох варіантів побудови систем управління (СУ) мережами нового покоління дозволило сформулювати загальні вимоги до таких мереж, а саме: велика складність; розвинені функціональні можливості; жорсткі вимоги до захисту інформації; висока надійність та точність; розосередженість на великій території. Однією з головних задач СУ є визначення обсягу мережних ресурсів таким чином, щоб, з одного боку, забезпечити користувача потрібними послугами з заданою якістю, а з другого боку, забезпечити ефективність функціонування оператора телекомунікацій як бізнес-суб'єкта. Передавання інформації є основною задачею будь-якої системи зв'язку, а формування і передавання команд управління - однією з основних задач системи управління. Таким чином, визначення мінімально необхідної пропускної спроможності мережі як об'єкта управління є важливою задачею з точки зору організації оптимального процесу управління. І цю задачу для синтезу оптимальної мережі управління можна вирішити з застосуванням теорії інформації і інформаційно-ентропійного методу. В якості критерію оптимальності використовується мінімальний обсяг необхідної управляючої інформації.

Проведення аналізу мереж нового покоління за методом експертних оцінок дозволило отримати результати, що свідчать, що найбільший потенціал непередбаченого впливу на мережу має користувач.

Синтез оптимальної СУ за критерієм продуктивності мережі можна здійснити шляхом врахування кореляційних зв'язків в структурі трафіка користувача.

Розглянемо якою інформацією про користувача володіє оператор телекомунікацій або провайдер послуг. Він має деяку статистичну інформацію про використання ресурсів телекомунікаційної мережі та інформацію про базову політику щодо якості послуг (QoS) в залежності від класу трафіка. Тому, доцільно проаналізувати модель функціонування користувача з урахуванням користувача як джерела відповідного класу трафіка. На рис.1 представлено приклад базової політики QoS для чотирьох класів трафіку.

Представимо модель користувача, яка відповідає даній базовій політиці QoS (рис.2), використовуючи теорію марковських процесів з дискретними станами і дискретним часом. В такому разі ініціалізація конкретної послуги з боку користувача означає генерацію відповідного типу трафіку. Генерація різних типів трафіку можна представити у вигляді графу переходів між станами, де в якості стану розглядається сполучення різних типів трафіку.

Вузли графа відповідають конкретним станам користувача. Кількість станів визначається як повна група несумісних подій, де в якості події використовується тип трафіку, що генерується користувачем.

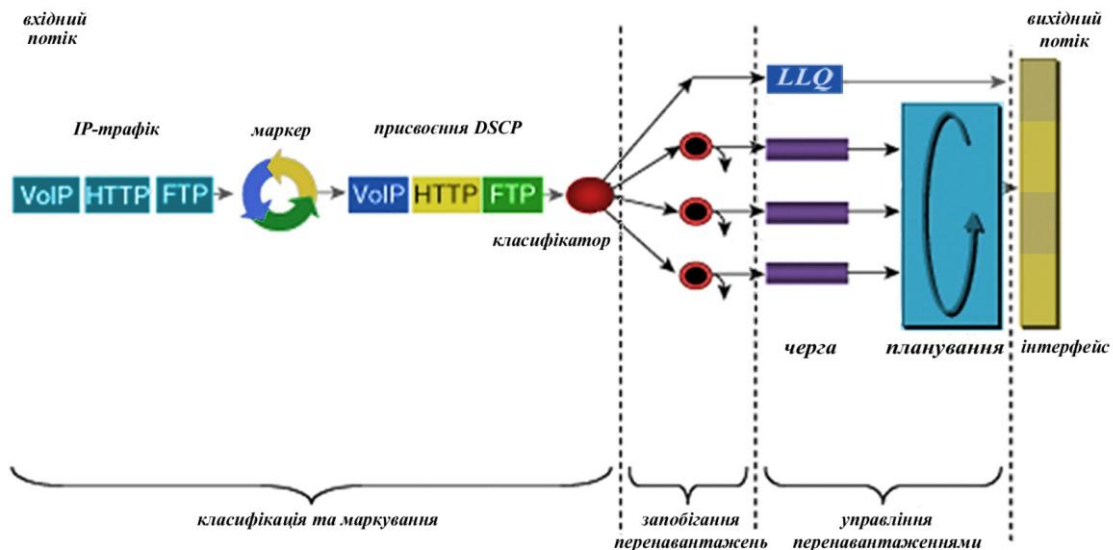


Рис.1 – Базова політика QoS для чотирьох класів трафіку

Розглянемо можливі стани (S), які відповідають різним послугам, замовленим користувачем, і як наслідок різним сполученням типів трафіку, генерованого користувачем при замовленні послуги. Для цього позначимо подію, що відповідає відсутності генерації трафіку (тобто користувач не замовив послугу), через A_n (де $n = 1 - 4$), а подія зворотна даній – через $\bar{A}_n$. Враховуючи те, що модель QoS передбачає розподіл трафіка за 4 класами, кількість подій дорівнює $2^4 = 16$ станам. Тоді, використовуючи ці позначення, можливі стани (S) будуть представлені таким чином:

$$S_1 - A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 ;$$

$$S_2 - A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \bar{A}_4 ;$$

$$S_3 - A_1 \cdot A_2 \cdot \bar{A}_3 \cdot A_4 ;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$S_{16} - \bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \bar{A}_3 \cdot \bar{A}_4 ;$$

де подія S_1 означає, що користувач не замовляв ні єдину послугу, внаслідок чого генерація трафіку відсутня, а подія S_{16} означає, що користувач замовляв всі можливі послуги, що, в свою чергу, призвело до генерації всіх типів трафіку.

Використовуючи групу несумісних подій, побудуємо розмічений граф станів уподобань користувача.

У розміченому графі станів (рис.2) кожній стрілці, ведучій із стану S_i в стан S_j відповідає інтенсивність генерації відповідного типу трафіку, що формує користувач. Обробляючи статистичні дані про користувача, отримуємо імовірності знаходження користувача в даному стані і умовні імовірності переходу з одного стану в інший. Таким чином, для кожного користувача буде згенеровано індивідуальну мапу переходів з одного стану до іншого.

На графі (рис.2) показано траєкторії можливих переходів користувача із стану в стан, красною лінією позначено маршрут переходу, здійснений реальним користувачем. Літерами $\bar{A}_1 - \bar{A}_4$ позначено конкретні типи трафіку, а, наприклад, $\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_4$ відповідає сполученню типів трафіку $\bar{A}_1$ і $\bar{A}_4$. Таким чином, кожна сесія користувача буде відображена як маршрут на даному графі. При цьому маршрут, що відповідає одній повній сесії користувача є замкнутим (сесія – від ініціалізації послуги до її завершення).

Використовуючи дану модель, можна побудувати систему управління, яка дозволить врахувати кореляційні зв'язки між уподобаннями користувача.

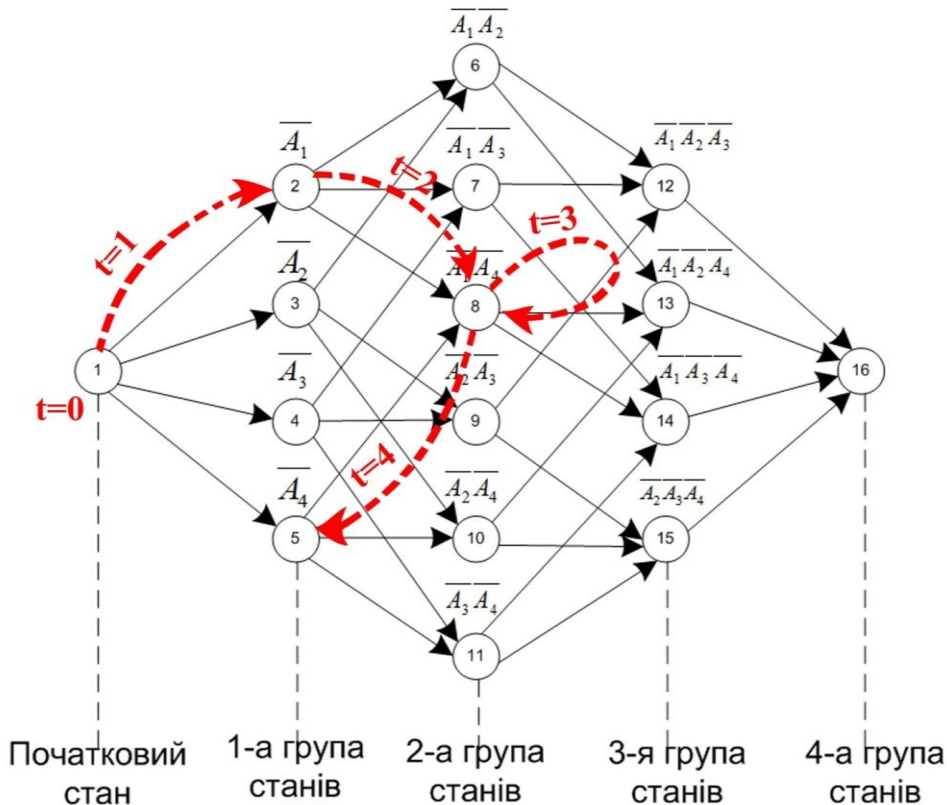


Рис.2– Модель користувача при зміні стану.

Припустимо, що на деякий початковий момент часу користувач використовує послугу, яка відповідає деякому стану на графі – моделі користувача. Враховуючи умовні імовірності переходу з даного стану в інший, розраховується відповідний вектор інтенсивності запитів. Система управління розраховує можливу якість надання послуг і порівнює з граничними значеннями параметрів якості для відповідного обладнання. Якщо очікується погіршення якості для деякого класу трафіку, то виробляється управляюча дія для мережного обладнання і корегується режим його функціонування. Таким чином, управляюча дія відбувається до того моменту, як користувач затребує дану послугу, тобто реалізується функціонування системи управління в режимі "передбачення".

Висновки. Знаючи імовірнісні характеристики уподобань користувача, можна для даної політики якості визначити інтенсивність трафіка, генерованого запитами відповідного класу. Це дозволяє здійснити прогноз можливого навантаження на мережне обладнання, який враховується алгоритмом функціонування оптимальної системи управління.

Література

1. Шеннон К. Работы по теории информатики и кибернетике // Иностр. Литература, 1963. – 830 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. . – М.: Наука, 1991. – 383 с.
3. Варфоломеева О.Г., Лисковский И.О. О некоторых вопросах анализа и синтеза системы управления телекоммуникациями // "Вісник ДУІКТ" т.10 №1 - 2012.-С.64-68.
4. Daniel A. Menascé, Virgilio A.F. Almeida. Capacity Planning for Web Services: Metrics, Models, and Methods. 2001. - Published Sep 11, 2001 by Prentice Hall.- 608.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Урывский Л.А., Мошинская А.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: avmoshinskaya@gmail.com

Analysis of multiservice telecommunications systems on the multilevel optimization criteria grounds

Implementation of resources reallocation task for multiservice telecommunication network in the amount provided by the network services is proposed.

С ростом количества предоставляемых услуг и расширением географии своего присутствия все больше предприятий и организаций приходит к выводу о необходимости увеличения объема передаваемых данных внутри собственной корпоративной сети так и за ее пределами. Создание мультисервисной (голос, видео, данные) территориально распределенной инфраструктуры позволяет использовать весь потенциал современных информационных технологий.

Основной задачей построения территориально-распределенной сети является объединение географически разнесенных подразделений корпорации в единое инфокоммуникационное пространство с целью оптимизации ее информационных возможностей.

Важным свойством современной корпоративной территориальной сети является ее мультисервисность, т.е. интеграция в единой среде таких услуг, как передача данных, телефония, видеоконференцсвязь, технологическая связь и т.д.

Основными аргументами в пользу создания мультисервисных сетей являются:

- повышение эффективности использования каналов связи
- сокращение эксплуатационных затрат за счет использования единой инфраструктуры
- гибкие возможности по внедрению новых сервисов.

Любая мультисервисная сеть имеет в своем распоряжении определенные ресурсы для обеспечения своего функционирования. К ресурсам сети можно отнести: диапазон и полосу частот каналов связи, энергетику линий передачи, время, отводимое на передачу информации.

Взаимосвязь ресурсов сети и количественной меры информации выражается информационными возможностями сети, такими как пропускная способность и производительность.

Трафик в мультисервисной сети является разнородным и многоприоритетным, поэтому ресурсы сети необходимо распределять согласно приоритетным рангам.

На сегодняшний день актуальной является задача перераспределения ресурсов мультисервисной телекоммуникационной сети в объеме предоставляемых сетью услуг. Целью перераспределения ресурсов сети выступает потребность своевременного предоставления сетью всего спектра услуг в зависимости к требованиям к своевременности.

Решение данной задачи требует применение критериев многоуровневой оптимизации. Для построения функционалов оптимизации необходимо обратиться к модели передачи информации, позволяющей передавать разнородный трафик. Примером формализации такой модели может выступать формализованное описание сетей с технологией АТМ. Ключевой особенностью данной технологии является совместная передача различных видов информации (данные, голос, потоковое аудио- и видеовещание, телеметрия и т.п.) с жесткими требованиями к скоростям передачи информации и качеству обслуживания к каждому из этих видов. В таблице 1 представлены основные характеристики сети АТМ согласно классу обслуживания [1].

Таблица 1. Классы обслуживания АТМ

Класс обслуживания	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D
Синхронизация	Требуется	Требуется	Не требуется	Не требуется
Скорость передачи	Постоянная	Переменная	Переменная	Переменная
Режим соединения	Ориентирован на соединение	Ориентирован на соединение	Ориентирован на соединение	Не ориентирован на соединение
Примеры приложений	Речь/видео CBR	Речь/видео VBR	Речь/видео VBR, X.25, Frame Relay	IP

Основным критерием многоуровневой оптимизации мультисервисных телекоммуникационных сетей выступает достижение максимального количества информации в предоставленном ресурсе.

$$\max_{(F, h^2, t, D)} \{ I_{СИСТ}(Q) \} \quad (1)$$

где $I_{СИСТ}(Q)$ – количество информации, передаваемой в рассматриваемой системе за нормированный промежуток времени с учетом показателей физического и канального уровней;

Q – обобщенный функционал оптимизации

$$Q = f(h^2, Y, \tau, D) \quad (2)$$

h^2 – энергетический показатель в линии связи,

Y – интенсивность обслуженной нагрузки, исходя из показателей канального уровня с учетом процедур доступа (дисциплины обслуживания D),

τ – допустимое время передачи информации.

Декомпозиция функционалов (1) , (2) может быть представлена выражением:

$$\max_{(F, t, D, h^2)} \{ I_{СИСТ}(Q) \} = \max_{(F, t, D, h^2)} \{ I(h^2) \cdot Y \}, \quad (3)$$

где $I(h^2)$ – количество информации, передаваемой в рассматриваемой системе за единицу времени, исходя из показателей физического уровня (вне процедур доступа), Мбит/с.

Максимальное количество информации, которое может быть передано по каналу в единицу времени [2]:

$$C = \max I(h^2), \quad (4)$$

называется его *пропускной способностью*.

В общем случае, в M -ичном ДКС БП пропускная способность определяется соотношением:

$$C = V_c \cdot [\log M + (1 - p_{ош}) \cdot \log_2(1 - p_{ош}) + p_{ош} \cdot \log_2(p_{ош} / (M - 1))], \quad (5)$$

где $p_{ош}$ определяется видом манипуляции и энергетическим показателем h^2 .

Максимизация пропускной способности C является условием, облегчающим решение задачи перераспределения ресурсов сети между сервисами в соответствии с требованиями к качеству обслуживания (см. Табл.1).

В соответствии с теоремой Шеннона, суммарная производительность H_Σ источников информации сети по всем уровням предоставляемого трафика должна быть меньше максимальной пропускной способности каналов сети C_Σ :

$$H_\Sigma = \sum_{i=1}^N H_i \leq C_\Sigma, \quad (6)$$

а для отдельно взятого i - го вида трафика (уровня) из общего числа уровней N производительность i - го источника меньше пропускной способности тех каналов, которые передают данный вид трафика:

$$H_i \leq C_i, \text{ где} \quad (7)$$

$$C_i \leq C_\Sigma - \sum_{j=1}^{i-1} C_j. \quad (8)$$

Соотношение (8) означает, что потенциальные возможности сети по передаче сервисов нижнего ранга ограничены уже задействованным ресурсом сервисом старшего приоритета (ранга).

Ограничение ресурсов, а, следовательно, и скорости передачи для сервисов низших рангов неизбежно приводит к увеличению времени их пребывания в системе $\tau_{i \text{ СИСТ}}$.

Время обслуживания $\tau_{i \text{ ОБСЛ}}$ связано с требуемым для передачи объемом информации H_i и со скоростью передачи V_C . Следовательно, время пребывания заявки в системе $\tau_{i \text{ СИСТ}}$ зависит от времени обслуживания $\tau_{i \text{ ОБСЛ}}$ и времени ожидания обслуживания $\tau_{i \text{ ОЖ}}$:

$$\tau_{i \text{ СИСТ}} = \tau_{i \text{ ОБСЛ}} + \tau_{i \text{ ОЖ}} . \quad (9)$$

С одной стороны, для более приоритетного уровня трафика, такого как голосовая передача информации, время ожидания на обслуживание стремится к нулю. В системе с постоянной скоростью и перераспределенными ресурсами допустимое время ожидания на обслуживание заявок последних по приоритетности не ограничено. С другой стороны, как правило, объем высокоприоритетного трафика (например, речь) значительно меньше объема низкоприоритетного трафика (например, файловый обмен). Сочетание этих условий благоприятно для реализации функционала многоуровневой оптимизации.

Выводы/– Результатом функционирования мультисервисной телекоммуникационной системы является достижение возможности передачи максимального количества информации в границах предоставленного ресурса.

– Использование многоуровневой оптимизации (на примере технологии АТМ) позволяет перераспределять ресурсы внутри мультисервисной телекоммуникационной системы для максимального удовлетворения требований к качеству обслуживания сервисов различного ранга.

– Взаимосвязь ресурсов сети и ее информационных возможностей представлена функционалами многоуровневой оптимизации (1) – (3), (6) – (8).

Литература

1. Денисова Т.Б. Мультисервисные АТМ-сети [Текст] /Т.Б. Денисова – М: Эео-Трендс, 2005. – 320с.
2. Урывский Л.А. Исследование динамики показателей формулы К.Шеннона при передаче дискретных сообщений [Текст] / Л. А. Урывский, А. В. Мошинская // Зв'язок. – 2007. – № 3. – С. 58-61.

ОГЛЯД І ХАРАКТЕРИСТИКА СИМУЛЯТОРІВ ДЛЯ МЕРЕЖ ТИПУ MANET

Максимов В.В., Панасюк М.С.

Інститут Телекомунікаційних Систем, НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: panasyukkolay@gmail.com

OVERVIEW AND CHARACTERISTIC OF MANETS SIMULATION

Numerous tools exist for MANETs simulation, including ns-2 and GloMoSim which are the two most popular ones. An Overview of MANETs Simulation.

MANET (англ. *Mobile Ad hoc Network*) - бездротові децентралізовані самоорганізовані мережі з мобільних пристроїв. Кожен такий пристрій може незалежно пересуватися в будь-яких напрямках, і, як наслідок, часто розривати і встановлювати з'єднання з сусідами.

Все більше і більше людей зацікавлені в мережах такого плану, що дозволяють досягти більшої мобільності абонентів і звільнитися від прив'язаності до точки доступу. Тому дослідження в даному напрямку є дуже актуальними.

Дослідження MANET мереж досягаються шляхом використання програмного забезпечення, названого симуляторами, або експериментальних мереж, побудованих в лабораторних умовах. Переваги першого способу очевидні, основними серед яких є ціна та гнучкість у проектуванні. Саме про симулятори для MANET мереж і йтиме мова далі.

Фактори, що впливають на вибір симулятора

Серед факторів, за яким фахівці вибирають необхідний симулятор, виділяють наступні:

- деталізація – здатність якомога точніше передати реальні процеси;
- мобільність – підтримка для моделювання мобільних вузлів;
- модель поширення радіохвиль;
- масштабованість;
- паралелелізм – одночасне виконання різних інструкцій однієї і тієї ж програми;
- зручність інтерфейсу;
- мова моделювання і кросплатформенність симулятора;
- візуалізація та тестування.

Огляд найбільш поширених симуляторів і їх можливостей

Відомо трохи менше 20 різних симуляторів для MANET мереж, але до розгляду потрапили лише основні. В таблиці 1 представлені 12 різних симуляторів і порівняльні характеристики для кожного з них. Слід

зауважити, що для порівняння такої характеристики як «деталізація», не існує чітко визначеного критерію, тому визначимо такі критерії:

найкраща > висока > добра > середня > недостатня

Таб. 1. Характеристики симуляторів.

Симулятор	Поширеність	Ліцензія	Паралелелізм	Мова моделювання	Деталізація
ns-2	88,8%	Open source	Hi	C++/OTCL	найкраща
GloMoSim	4%	Open source	SMP/beowulf	Parsec (C-based)	висока
OPNet	2,61%	Commercial	Так	C	висока
QualNet	2,49%	Commercial	SMP/beowulf	Parsec (C-based)	висока
OMNet++	1,04%	Free for academic and educational use	MPI/PVM	C++	середня
NAB	0,48%	Open source	Hi	OCaml	середня
J-Sim	0,45%	Open source	RMI-based	Java	висока
SWANS	0,3%	Open source	Hi	Java	середня
GTNets	0,13%	Open source	SMP/beowulf	C++	висока
pdns	< 0,1%	Open source	beowulf	C++/OTCL	висока
DIANEmu	< 0,1%	Free	Hi	Java	недостатня
Jane	< 0,1%	Free	Hi	Java	недостатня

Розглянемо найбільш поширені симулятори.

ns-2 [1] – симулятор, що став стандартом для мережевого моделювання де-факто. Результати його моделювання практично ніхто не піддає сумнівам. Симулятор організований відповідно з моделлю OSI. Ядро ns-2 являє собою неперервний блок C++ коду. Його можна розширювати шляхом додавання нових модулів C++. Для самого ж моделювання користувач використовує OTCL скрипти. Відкрита ліцензія даного симулятора дозволила досягти значного поширення та вдосконалення. До недоліків ns-2 можна віднести малу кількість літератури та навчальних матеріалів, також велике споживання обчислювальних ресурсів.

GloMoSim [2] – розроблено в Каліфорнійському університеті. Це другий за популярністю симулятор для безпроводних мереж. GloMoSim написано на Parsec. Як наслідок нові протоколи і модулі для GloMoSim повинні бути написані на Parsec. Симулятор дотримується стандартної моделі OSI. GloMoSim хороший інструмент для моделювання, але він також страждає від браку документації.

OPNet [3] – тренажер вперше запропонований в Массачусетському технологічному інституті в 1986 році. Це усталений і найбільш широко використовуваний комерційний симулятор. OPNet має інтерактивне середовище розробки. Однією з найбільш цікавіших особливостей OPNet є його здатність контролювати декілька сценаріїв одночасно. Але не зважаючи на широке використання симулятора, залишаються сумніви щодо

правильності і достовірності результатів його моделювання. Зокрема, одні й тіж дослідження давали різні результати в OPNet на відміну від ns-2 і GloMoSim.

QualNet [4] – є комерційним симулятором для ad-hoc мереж на основі GloMoSim. Він розширює пропозиції GloMoSim, здійснюючи підтримку користувачів, гідну документацію та повний набір зручних інструментів для сценаріїв моделювання та аналізу їх результатів. QualNet написано в Parsec.

OMNET ++ [5]- є добре продуманим пакетом моделювання, написаний на C++. Насправді симулятор призначений для загального моделювання системи пристроїв, що взаємодіють один з одним. І як наслідок може бути використаний для моделювання MANET мереж. OMNet ++ для академічних та освітніх цілей.

Як видно симулятори MANET мереж мають різні особливості і характеристики. Вибір того чи іншого симулятора потрібно здійснювати виходячи з вимог, які висуваються для моделювання.

Висновки. З моменту прийняття стандарту IEEE 802.11 (Wi-Fi) дослідження продовжились в напрямку ad-hoc мереж (MANETs). Відтоді було запропоновано чимало симуляторів, які хоч і не дають абсолютно точного результату, але їх використання в дослідженнях необхідне, що викликане значно меншими витратами на моделювання, їх великою гнучкістю, масштабованістю проектів тощо. Найбільшого поширення набули симулятори ns-2 і GloMoSim, за рахунок відкритого коду і відсутності ліцензії.

Література

1. “The network simulator. ns-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>,”.
2. Zeng, X., R. Bagrodia and M. Gerla, Glomosim: A library for parallel simulation of large-scale wireless networks, in: Workshop on Parallel and Distributed Simulation, 1998, pp. 154–161.
3. Desbrandes, F., S. Bertolotti and L. Dunand, Opnet 2.4: An environment for communication network modeling and simulation, in: Proceedings of European Simulation Symposium. Society for Computer Simulation, 1993, pp. 64–74.
4. Networks, S., “Qualnet user manual.
5. <http://www.scalable-networks.com/products/qualnet.php>,”.
6. Imre, S., Keszei, Horv’ath, Holl’os, Barta and Kujbus, Simulation environment for ad-hoc networks in omnet++, in: IST Mobile Summit 2001, 2001, pp. 135–140.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИСКРЕТНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ С ТЕХНОЛОГИЕЙ OFDM

Урывский Л.А., Прокопенко Е.А., Осипчук С.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: leonid_uic@ukr.net, k.prokopenko@ukr.net

Increase of information efficiency on the basis of error-correcting coding and OFDM

This article is devoted to evaluation of signal-code structures with specified frequency-energy characteristics. The modified Zyuko's procedure is presented. The modified procedure enables to evaluate comprehensive systems by the set of parameters.

Системы связи по-разному используют основной ресурс, отводимый для передачи сообщений. В качестве показателей, используемых для сравнения телекоммуникационных систем на физическом уровне, проф. Зюко А.Г. предложены [1] коэффициенты энергетической β и частотной γ эффективности, количественно оценивающие удельную энергетическую и частотную эффективность систем передачи информации (СПИ), а также обобщенный коэффициент информационной эффективности η :

$$\beta = \frac{R}{\alpha}, \quad \gamma = \frac{R}{F}, \quad \eta = \frac{R}{C}, \quad (1)$$

где $\alpha = P_c / N_0 = h^2 \cdot V$ – энергетический параметр, N_0 – спектральная плотность мощности шума в канале связи; $h^2 = P_c / P_{\text{ш}}$ – отношение мощностей сигнала и шума в канале, V – скорость передачи символов в дискретном канале, $F = V$ – отводимая полоса частот канала, R – скорость передачи информации по каналу, C – пропускная способность непрерывного канала связи.

В модифицированной методике [2] для графического отображения соотношений (1) вводится шкала численных градаций информационной эффективности ($\eta=0, \dots, 1$), которая позволяет количественно оценивать информационную эффективность различных систем при любых значениях показателей β и γ .

Кроме того, для дискретных сигналов вводится шкала значений показателей достоверности (в методике проф. Зюко А.Г. численное значение показателя достоверности дискретных сигналов фиксированное). При этом значение пропускной способности канала связи определяется выражением:

$$C = V \cdot [\log(1 + h^2)]. \quad (2)$$

Данные усовершенствования являются актуальными для технологий, реализуемых в дискретных каналах связи: WiFi, WiMax, LTE – в которых технология OFDM занимает особое место [3].

Последующая модификация известных методик [1-2] позволяет учесть в (1) с учетом (2) фактор помехоустойчивого кодирования следующим образом:

$$\beta = \frac{r \cdot \log M \cdot R}{h^2}, \quad \gamma = r \cdot \log M \cdot R, \quad \eta = \frac{r \cdot \log M \cdot R}{\log(1 + h^2)},$$

$$R = [1 + P_{\text{ош\_код}} \log P_{\text{ош\_код}} + (1 - P_{\text{ош\_код}}) \log(1 - P_{\text{ош\_код}})], \quad (3)$$

где r – скорость кодирования помехоустойчивого кода, M –позиционность манипуляции, $P_{\text{ош\_код}}$ – вероятность ошибки приема двоичного символа на выходе декодера, h^2 – отношение мощностей сигнала и шума в канале, при котором обеспечивается $P_{\text{ош\_код}}$.

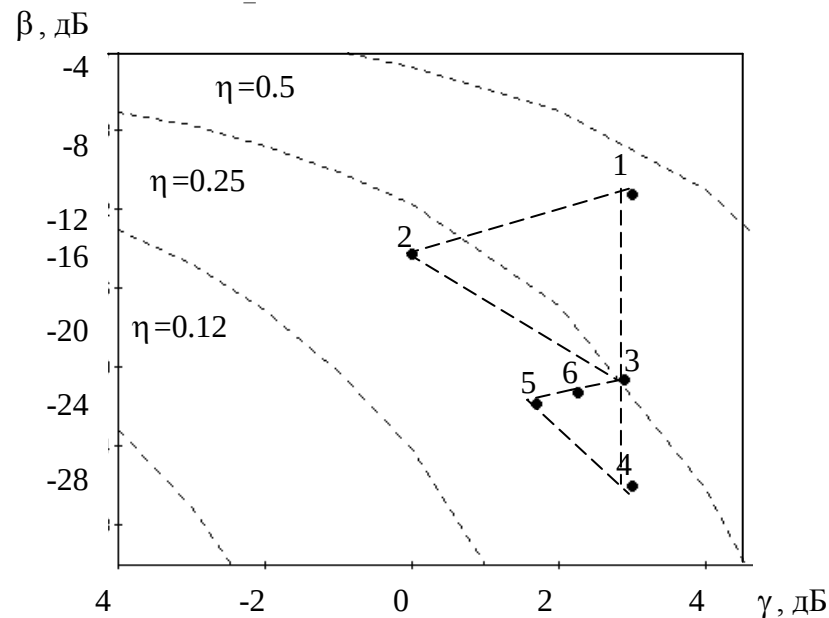


Рис.1 Динамика показателей информационной эффективности дискретных каналов связи с технологией OFDM (модуляция –QPSK).

На рис.1 отображены показатели эффективности использования ресурсов системы передачи дискретных сигналов на одной несущей и с OFDM на основе показателей (3).

Точке 1 соответствуют показатели эффективности канала с модуляцией QPSK на одной несущей. Достоверность оценивается вероятностью битовой ошибки на входе QPSK-демодулятора $p_{\text{ош}} = 10^{-7}$.

Использование в структуре сигнала с OFDM 30 ортогональных поднесущих частот, модулированных 30 параллельными потоками данных в той же полосе с усилением, исключая нелинейные искажения, и с тем

же энергетическим ресурсом канала ($h^2 = \text{const}$) существенно изменяет частотную и энергетическую эффективность (точка 2).

Показатели эффективности β и γ уменьшаются на 3дБ, при этом и показатель помехоустойчивости сигналов снижается до $p_{\text{ош}}=1,7 \cdot 10^{-1}$. Таким образом, применение OFDM без специальных приемов повышения помехоустойчивости приводит к ухудшению всех показателей.

Использование допустимого усиления поднесущих OFDM, допускающим нелинейные искажения в пределах норм достоверности, позволяет улучшить показатель достоверности до $p_{\text{ош}} = 10^{-3}$ (точка 3, $K_U=2,89$). Чтобы добиться исходной достоверности (вероятности ошибки $p_{\text{ош}} = 10^{-7}$) сигналов с OFDM можно увеличить мощность излучения этого сигнала (точка 4), что приводит к существенному снижению энергетической эффективности.

Альтернативным приемом является применение помехоустойчивого кодирования, которое повышает энергетическую эффективность. Одними из эффективных помехоустойчивых кодов являются LDPC коды. В точках 5 и 6 отображены показатели эффективности сигналов OFDM с различными по длине LDPC кодами (5 – длина кода $n=200$; 6 – $n=1000$), обеспечивающие $P_{\text{ош\_код}} = 10^{-7}$. Применение LDPC кодов большей длины приводит к выигрышу по частотной и энергетической эффективности, поскольку эти коды обладают большей скоростью кодирования.

Можно видеть, что точка 6 (OFDM с $N=30$, QPSK, LDPC с $n=1000$) соответствует сигналу с высокой достоверностью ($P_{\text{ош\_код}} = 10^{-7}$) и лучшей энергетической β и общей информационной эффективностью η по сравнению с сигналом без кодирования в точке 4 (OFDM с $N=30$, QPSK). Ценой различия является выигрыш OFDM-сигнала без кодирования по показателю частотной эффективности γ при неизменной достоверности. Это свидетельствует о возможности выбора разработчиком той версии предпочтительной эффективности, которая диктуется условиями синтеза системы связи.

Литература

1. Теория электрической связи: Учебник для вузов / Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Коржик В.И., Назаров М.В./ Под ред. Д.Д. Кловского. – М: Радио и связь, 1999. – 432с.
2. Урывский Л.А. Расширение пространства отображения эффективности систем связи на основе методики А.Г.Зюко [Текст]/ Урывский Л.А., Прокопенко Е.А. // Інфокомунікації - сучасність і майбутнє: Друга міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, 11-12 жовт. 2012 р. – О.: ОНАЗ– 2012.– с.17-19.
3. Урывский Л.А. Исследование энергетических характеристик OFDM сигналов в канале с постоянными параметрами [Текст] / Урывский Л.А., Осипчук С.А.// Telecommunication sciences #2, 2013. – с.22-27.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕРЕЖІ ПРОВАЙДЕРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ

Гаттуров В.К., Федоренко К.І.
Інститут телекомунікаційних систем
E-mail: kostia.fedorenko@gmail.com

Methods of improving the reliability of Telecommunication Service Provider's network

The article outlines methods of telecommunication services provider's network construction, arranging network's layers and layer topology determination. The article describes method for assessing the impact of the chosen topology and routing protocols for the recovery of network connectivity after an emergency situation.

Розглядаються способи побудови телекомунікаційної мережі провайдера телекомунікаційних послуг, розділення її на рівні та вибір топології мережі для кожного з рівнів. Пропонується методика оцінки впливу вибору топології та протоколів маршрутизації на час відновлення зв'язності мережі після аварійної ситуації.

В наш час комп'ютерні мережі перебувають в стані розвитку й набувають широкого розповсюдження. Лише комп'ютерна мережа Internet в даний час розрахована на 4.294.967.296 комп'ютерів, які матимуть IP адреси. До цього числа слід додати численні локальні та корпоративні мережі. Всі ці комп'ютери були з'єднані з метою обміну інформацією і власники комп'ютерів жадають швидкої передачі великої кількості інформації на значні відстані.

Вимоги користувачів мережі задовольняються покращенням якості каналів передачі даних: на заміну телефонним дротом прийшли оптично-волоконні лінії, канали передачі даних за допомогою супутникового зв'язку тощо. Все частіше перед провайдерами телекомунікаційних послуг постає питання підвищення надійності функціонування мережі.

В загальному випадку, надійність функціонування телекомунікаційної мережі (ТКМ) визначається надійність елементів, що входять до неї, структурою та топологією мережі [1]. Визначати топологію мережі на кожному з рівнів потрібно враховуючи вплив даної топології на показники надійності. Вплив топології на ймовірнісні показники може бути показаний через вплив на середній час відновлення вузла $T_{\text{в}}$.

$$T_{\text{в}} = T_{\text{пм}} + T_{\text{ф}}, \text{ де} \quad (1.2.1)$$

$T_{\text{пм}}$ – час перебудови протоколу маршрутизації;

$T_{\text{ф}}$ - час відновлення лінії зв'язку між вузлами мережі.

У наш час основною тенденцією проектування та побудови телекомунікаційних мереж стала так звана «Ієрархічна мережева архітектура», що поділяє мережу на 3 рівні: ядра (Core), розповсюдження (Distribution) та доступу (Access) [2]. На рівні доступу відбувається підключення абонента до мережі провайдера, загальним та широко розповсюдженим принципом підключення абонентів до мережі провайдера є надання одному абоненту однієї точки доступу до мережі провайдера в конкретній географічній зоні якщо це можливо або інше не зазначено в вимогах абонента. Топологія цього рівня – деревовидна, в цьому випадку $T_{\text{в}} = T_{\text{пм}} + T_{\text{ф}} \approx T_{\text{ф}}$, так як $T_{\text{ф}} \gg T_{\text{пм}}$. На рівні розповсюдження виконується маршрутизація та комутація клієнтського трафіку, топологія цього рівня – кільце або подвійне кільце. При використанні такої топології при виході з ладу одного з маршрутизаторів або однієї з ліній зв'язку завжди є резервний шлях у протилежному напрямку кільця і зв'язність мережі не втрачається, тому $T_{\text{в}} = T_{\text{пм}} + T_{\text{ф}} \approx T_{\text{пм}}$, так як $T_{\text{ф}} = 0$. На рівні ядра виконується високошвидкісна комутація та маршрутизація трафіку мережі, з'єднання мережі з мережами інших провайдерів, з мережею Internet. Тут доцільно використовувати повнозв'язну топологію [3]. У випадку такої топології $T_{\text{в}} = T_{\text{пм}} + T_{\text{ф}} \approx T_{\text{пм}}$, бо часом відновлення фізичної лінії зв'язку нехтують через багатоступеневе резервування кожної з ЛЗ. На даному рівні мережі для зв'язності на є критичним навіть вихід з ладу одного з вузлів, так як кожен з вузлів рівня розповсюдження відключений до декількох вузлів рівня ядра а самі ці вузли побудовані таким чином щоби кожен з них міг виконувати функції сусіднього вузла у випадку його відмови. Фрагмент мережі з указаними рівнями показаний на рис.1.

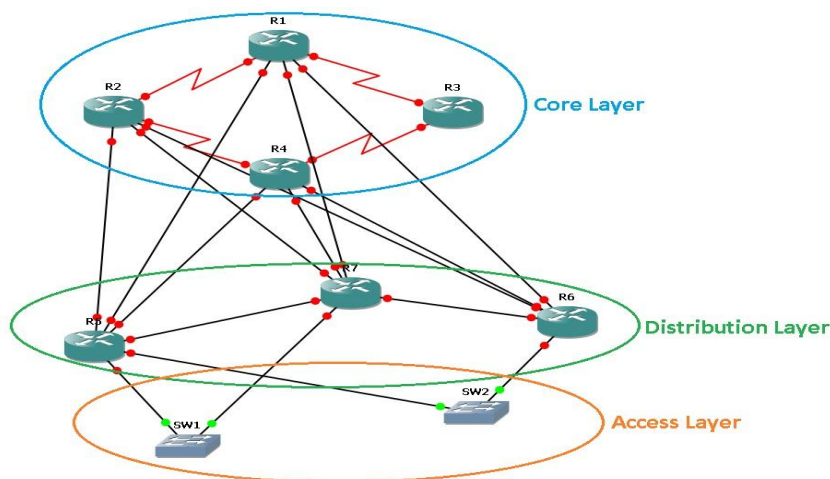


Рис.1 Фрагмент мережі провайдера телекомунікаційних послуг

В рамках проведення досліджень по підвищенню надійності мережі провайдера ТК послуг пропонується метод дослідження впливу налаштування протоколів маршрутизації та протоколу резервування VRRP на надійність мережі. Суть методу полягає в наступному: на основі обраних

топологій мережі оцінити вплив різних конфігурацій мережі на час відновлення зв'язності мережі T_B . У дослідження використовується мережа, змодельована в програмному середовищі GNS3, схема якої наведена на рис.2.

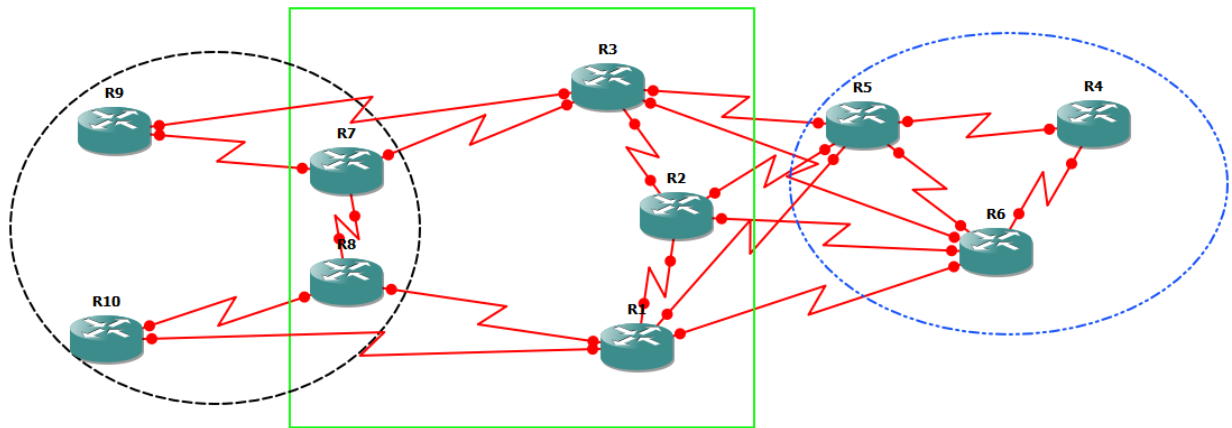


Рис.2 Схема мережі в середовищі GNS3

Мережа побудована згідно трьохрівневої архітектури: вузли 5, 4 та 6 створюють ядро мережі; вузли 1, 2, 3, 7, 8 – рівень розповсюдження; вузли 9, 10, 7, 8 – рівень доступу. На мережі налаштований одно зоновий протокол OSPF, на рівні ядра – протокол BGP, для вузлів 9 та 10 сформовані шлюзи за замовчуванням та VRRP групи відповідно з вузлів 7, 3 та 8, 1. В межах експерименту прийнято що на мережі не може статися більше однієї аварійної події. Аварія штучно викликається шляхом відключення порту на одному з маршрутизаторів. Для кожної з аварій вимірюється час відновлення зв'язності між умовними вузлами абонентів, підключених до вузлів 9 та 10. Вважається також що початковий маршрут між вузлами 9 та 10 проходить через вузли 9-3-5-4-6-1-10.

Вузлами мереж є маршрутизатори CISCO з реальним ПЗ «c2691-adventerprisek9-mz.124-5a». Вимірювання часу відновлення зв'язності проводиться шляхом використання ICMP запиту з вузла 9 до вузла 10. Кожна відповідь вузла 10 на один запит позначається виводом на термінал консолі вузла знаку «!», а кожне пропущене повідомлення «.». Тайм-аут для повідомлення виставлений 2 мс, отже час відновлення $T_B = N * 2$ мс, де N – кількість позначок «.» в поточному терміналі вузла 10.

Література

1. Романов А.И. «Телекоммуникационные сети и управление: Учебное пособие». – К.: Издательско-полиграфический центр «Киевский университет», 2003. – 247с.
2. Recommended Resilient Campus Network Desing, Tomas Podermanski, Vladimir Zahorik GN3-NA3-T4-CBPD114, 2010
3. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. «Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 4-е издание», «Питер», 2010 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОК В РАЗЛИЧНЫХ СЕТЯХ И МЕТОДОВ БОРЬБЫ С НИМИ

Максимов В.В., Чмыхун С.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: serega4sa@yandex.ru

Research the causes of congestion in various networks and methods of dealing with them

In the work discusses the main types of overloads that arise in networks like GSM, LTE or Ethernet. Also discusses the influence of the type of traffic on the network behavior. And consider methods of dealing with congestion.

В сетях передачи данных и теории массового обслуживания перегрузка возникает в случае, когда линия либо узел связи реализует (обрабатывает) настолько много данных, что качество обслуживания заметно ухудшается. Так как данный показатель является одним из самых важных в сфере телекоммуникаций, то значимость вопроса предотвращения перегрузок на сети велика.

Причин возникновения перегрузок множество и все они зависят от технологии, на которой базируется сеть, а также от типа трафика, который передается. Так, например, в современных сотовых сетях связи с ростом количества обслуживаемых абонентов иногда возникают условия, при которых происходит превышение телефонной нагрузки в соте за счет увеличения нагрузки от некоторой части абонентов в этой соте, т.е. возникает локальная перегрузка. С данной ситуацией операторы сотовой связи постоянно сталкиваются во время праздников либо при проведении массовых мероприятий. Их задачей является обеспечение стабильности и высокого качества работы телекоммуникационной сети, которое зависит от правильности проектирования сети и возможности реконфигурирования её при эксплуатации [1].

В сетях, базирующихся на технологии LTE, возникает проблема другого рода: генерируется большое количество сигнального трафика, примерно в 30 раз больше чем в сетях телефонной связи при оказании голосовых услуг на базе системы сигнализации ОКС №7. Такой объем сигнальной нагрузки способен заметно ухудшить качество обслуживания либо вовсе привести к остановке работы сети. Для борьбы с проблемой роста

сигнального трафика были разработаны решения маршрутизации сигнальных сообщений. Т.е. в ядре программных элементов сети LTE устанавливаются дополнительные «маршрутизаторы», которые помогают распределять и регулировать трафик сигнализации в сети [2].

В IP-сетях перегрузки и отказы возникают чаще всего (рис.1) из-за переполнения буфера маршрутизатора в связи с тем, что передающие стороны посылают слишком большое число пакетов одновременно.

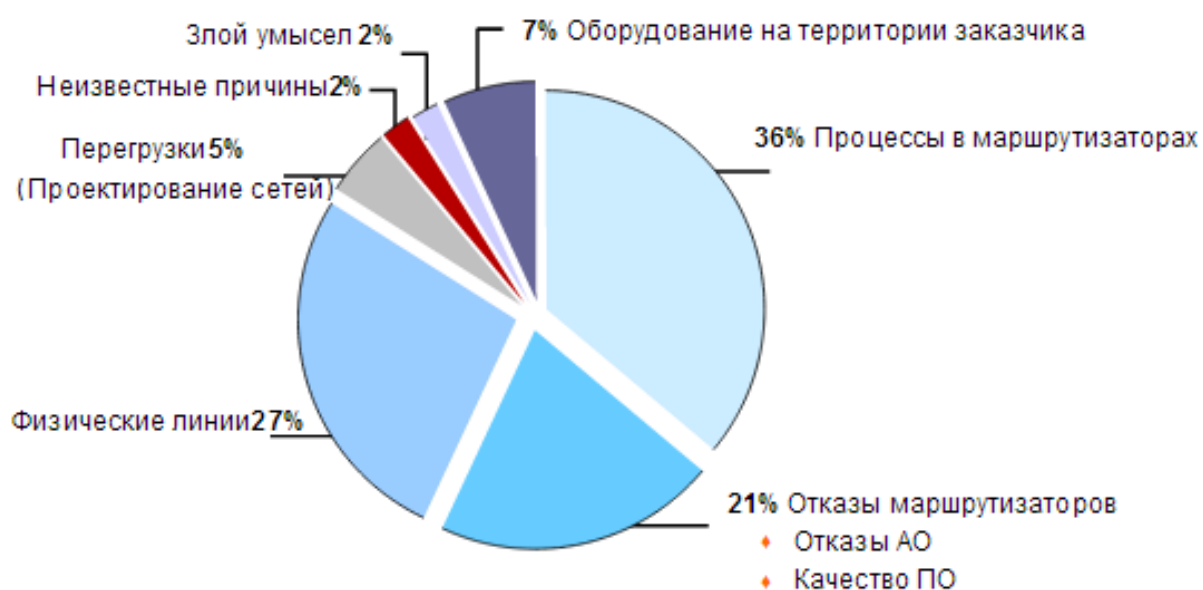


Рис.1. Причины перегрузок и отказов в IP-сетях

Для решения данной проблемы существуют специальные алгоритмы управления интенсивностью трафика, которые основываются на принципе принудительного снижения частоты передачи пакетов источниками. Это достигается путем регулирования размера окна передачи. Примером реализации такого алгоритма является протокол TCP-reno [3].

Также необходимо учитывать тип передаваемого трафика, т.к. для каждого типа трафика необходим определенный класс качества обслуживания. В зависимости от этого можно выделить три основные характеристики, которые необходимо учитывать при построении сети:

1. *Относительная предсказуемость скорости передачи данных* – возможность определить ожидаемую скорость трафика в определенный момент времени.

Например, потоковый трафик создает равномерный поток данных, который поступает в сеть с постоянной битовой скоростью. Здесь однозначно можно определить скорость передачи данных. Но чаще трафик является пульсирующим и имеет переменную битовую скорость с высокой степенью непредсказуемости.

2. Чувствительность трафика к задержкам пакетов

Так асинхронные приложения практически не имеют ограничений на время задержки (например, электронная почта). Интерактивные приложения (например, текстовый редактор, работающий с удаленным файлом) также не испытывают негативного влияния задержек. Изохорные же приложения имеют порог чувствительности к вариациям задержек, превышение которых резко снижает функциональность данного приложения (например, передача голоса). Также существуют сверхчувствительные приложения, функциональность которых жестко зависит от величины задержки и даже может сводиться к нулю (например, управление техническим объектом в реальном времени).

3. Чувствительность трафика к потерям и искажениям пакетов

Что касается потери данных, то самыми уязвимыми являются приложения, передающие алфавитно-цифровые данные либо работающие с базами данных. Также к данной категории можно отнести всевозможные файловые сервисы.

Для каждого из приведенных типов трафика существует множество алгоритмов борьбы с перегрузками, позволяющие обеспечить необходимое качество обслуживания [4].

Литература

1. Берлин А. Н. «Цифровые сотовые системы связи», - Эко-Трендз, 2007.
2. The LTE signaling challenge. Connected Planet – Интернет ресурс. - <http://connectedplanetonline.com/mss/4g-world/the-lte-signaling-challenge-0919/>
3. Семенов Ю.А «Телекоммуникационные технологии» (<http://book.itер.ru/>)
4. Шринивас Вегешна “Качество обслуживания в сетях IP”. - М.: Вильямс, 2003. - 368 с.

UDC 621.392

**ANALYSIS AND MANAGEMENT OF
BIG DATA AS A MEANS OF SERVICE**

Borys T.V., Alexeyev N.O.

Institute of telecommunication systems NTUU «KPI», Ukraine

E-mail: boris.tatyana.ua@gmail.com; alexeyev@its.kpi.ua

Данная статья посвящена одной из актуальных на сегодняшний день проблем - обработке Big Data. В работе был проанализирован подход к управлению такими данными. Также представлены результаты эксперимента выполнения MapReduce задачи в облачной среде.

Over the past ten years, the analysts have implemented hundreds of special-purpose computations that process large amounts of raw data, such as crawled documents, web request logs, etc., to compute various kinds of derived data. However, the input data is usually large and the computations have to be distributed across hundreds or thousands of machines in order to finish the process in a timely way. The issues of parallelizing the computation, distributing the data, and handling failures conspire to obscure the original simple computation with large amounts of complex code, which deals with these issues. Under conditions of constant growth of information processing optimization is a priority. On the other hand, we can find only a few comprehensive studies on the processing of large amount of data, taking into account also the platform to handle. The problem of complex data analysis is acute today.

Technical sources provide information on the subject rather superficially, with limited common approaches in the books of the general theory of large data or statistical analysis [1]. That's why it is important to manage large data sets using MapReduce technology and other approaches to building systems that provide distributed processing is important. Big data as a service (BDaaS) present a statistical analysis of the delivery of information to external suppliers, which help organizations to understand and use the knowledge gained from the analysis of large sets of data in order to gain a competitive advantage. [2] Given the huge amount of unstructured data, BDaaS, allows us to free up organizational resources, taking advantage of the analysis for the management and evaluation of large data sets, as opposed to hiring employees to perform these functions

Let's consider the management of large amounts of data in the cloud using the example of Amazon Web Services (AWS). AWS is a public cloud platform provided by Amazon. Dan platform refers to a class IaaS-making because it provides a wide range of cloud services. Amazon Elastic MapReduce provides accommodation within Hadoop, running on the global Web infrastructure Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) and allows us to create custom JobFlows. JobFlow is a sequence of steps MapReduce [3].

Ubuntu Server was configured as a test environment to Amazon EC2 during the experiment. According to the experiment, it had a task to find substrings in line algorithm Boyer-Moore. The advantage of this algorithm is that the price of a certain number of previous calculations on the template pattern (but not over the line on which the search is conducted) is compared with the original text, but not all positions - parts of the checks are passed as those without results.

In a parallel implementation of the program, we must provide data synchronization. In traditional Boyer-Moore algorithm, the integrity of the data stored by the generation of key / value pairs. An experimental search was carried out in large data sets date for serial and parallel execution. Parallel execution was carried out by technology MapReduce. The results are shown in the chart below:

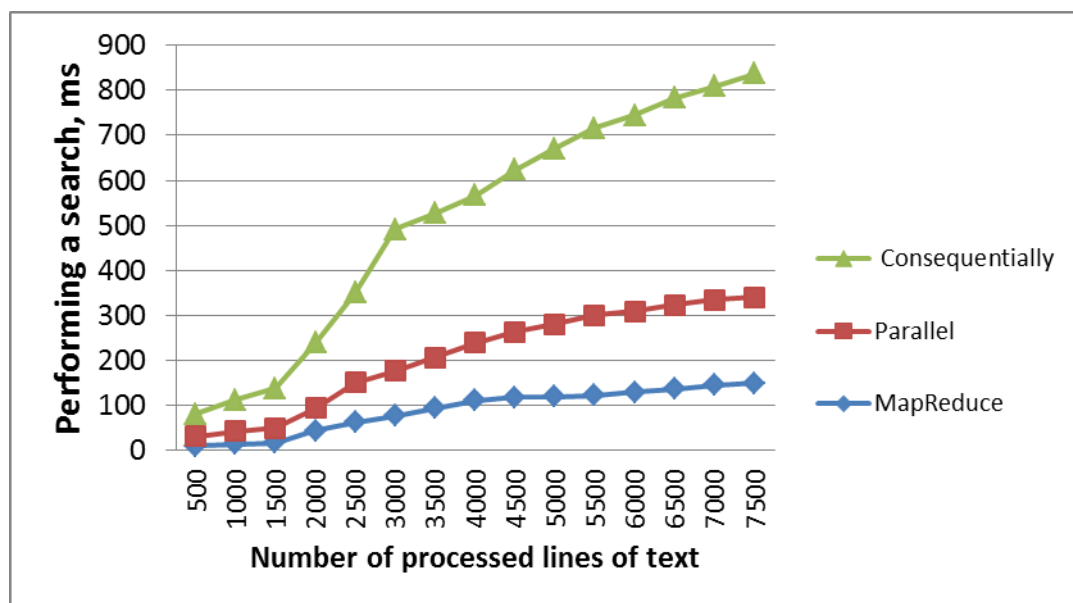


Figure 1. Recording speed reading in the cloud using Boyer-Moore algorithm for different sizes of text

If we change the input text to a certain limit data, distribution model changes in the program. That is why an increase in the text is not an advantage of a MapReduce that can be immediately evident compared with the traditional parallel program execution.

MapReduce is a programming model and an associated implementation for processing and generating large data sets. Users specify a map function that processes a key/value pair to generate a set of intermediate key/value pairs, and a reduce function that merges all intermediate values associated with the same intermediate key.

Text analysis was performed for a different number of nodes, which is why the performance was studied for different numbers of nodes. Time measurements were carried out during the execution of the program in order to find occurrences of words. As the results of the program show, the one who implements the MapReduce technology will win over time even for a relatively small amount of data compared to the performance objectives of the common word processing. This trend is observed for different number of input words.

In this experiment, the time (t, ms) plays the role of metrics and actually shows growth acceleration data. Accelerating of the program execution measures the performance of distributed systems. According to the obtained results the efficiency of MapReduce is:

$$S(n) = \left(\frac{t(1)}{t(n)} \right) * k * 100\% , \text{ where}$$

n - number of processors,

t(1) – runtime on 1 processor,

t(n) – runtime on n nodes,

k – adjustment coefficient.

Table 1. The result of evaluating acceleration problems finding substrings in line algorithm Boyer-Moore

Number of processed text lines	Consequentially	Parallel	MapReduce
1000	5,859	7,797	9,497
2000	5, 825	7, 890	9,733
4000	5,881	7,828	9,776
8000	5,874	7,803	9,551

The obtained experimental data in the table confirm the Amdahl's law, which states that a small part of the program that cannot be parallelized will limit the total acceleration of parallelization.

Conclusions. The present paper has outlined the promising areas of research dealing with large data, assess options in order to improve their use, implementation of appropriate measures and analysis of their results. The experiment has examined performance of MapReduce tasks by Boyer-Moore algorithm which has shown that using Hadoop MapReduce for parallel computing has the same drawbacks as other kinds of parallelism, and it must be considered when using it.

References

1. Statistical computing [Electronic resource] / Mode of access: http://static.usenix.org/event/usenix06/tech/full_papers/albrecht/albrecht_html/, free access
2. Amazon Elastic MapReduce Developer Guide API Version 2009-03-31 2011 Amazon Web Services LLC [Electronic resource] / Mode of access: <http://aws.amazon.com/documentation/elasticmapreduce/>, free access.
3. Amazon EC2 Developer Guide API Version 2009-03-31 2011 Amazon Web Services LLC [Electronic resource] / Mode of access: <http://aws.amazon.com/ec2/>, free access.

THE PROBLEMS OF NEXT-GENERATION NETWORKS AND WAYS OF THEIR RESOLVING BY MEANS OF THE NEWEST TECHNOLOGIES

Hanna Gakhova

The Institute of Telecommunication Systems (ITS) of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
E-mail: anna.gakhova@gmail.com

The newest technologies such as GFP, VC and LCAS are reviewed in this paper. Main problems are solved with implementation of these technologies.

One of the major problems of modern telecommunication branch is designing and introduction of a multiservice transmission network. The possible solution is an implementation of Next-Generation Networks.

Next-generation SONET/SDH is an umbrella term describing a range of proprietary and standards-based developments that are built on the available SONET/SDH infrastructure. First deployed by long-distance carriers as a way to support new services such as Ethernet, Fiber Channel, ESCON, and DVB, next-generation SONET/SDH enables the delivery of high-speed, high-bandwidth data within very tight budget constraints [1].

NGN represents the universal multi-purpose network intended for transfer of speech, images and data using the switching of packages technology. Saying in general, it is the result of Internet and telephone systems merging, uniting in their best features. In practice it means the guaranteed quality of voice communication and data transmission in crucial appendices.

Next-generation SONET/SDH extends the utility of the existing SONET/SDH network by leveraging existing layer 1 networking and several key technologies, including:

- *Generic Framing Procedure (GFP)*: a method to encapsulate any data type into a format suitable for optical transport.
- *Virtual Concatenation*: a technique to assign payload areas of arbitrary size within a SONET/SDH signal. It can be used to transport payloads that do not fit efficiently in the standard STS-Nc SPE sizes that are typically supported by existing SONET/SDH network elements (NEs).
- *Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS)*: a signaling mechanism to dynamically adjust the size of a container transported in a SONET/SDH Network with Virtual Concatenation.
- *Multi-Protocol Label Switching (MPLS) and Generalized MPLS (GMPLS)*: efficient data forwarding techniques, originally designed for packet-oriented networks, later extended by GMPLS to support any transport type.

GFP, VC and LCAS have been developed in parallel and their main benefits are realized when they are used in combination (figure 1). These elements combined

with the discovery, routing and signaling capabilities of GMPLS enable powerful dynamic bandwidth control applications.

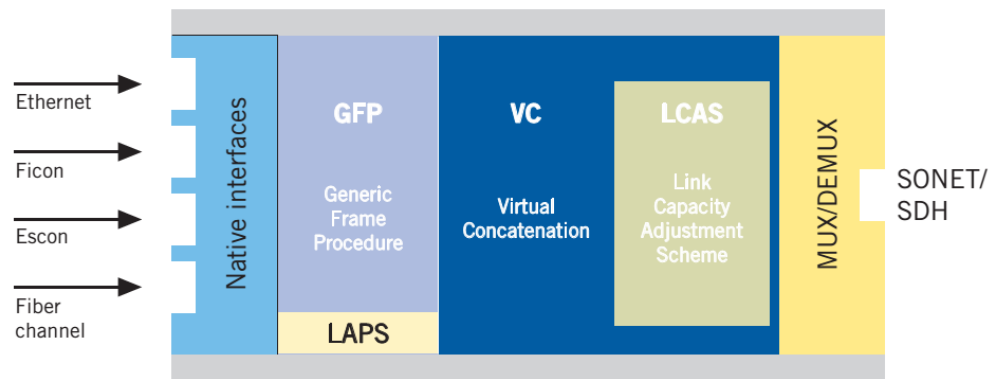


Figure 1. Overview of next-generation SONET/SDH

Generic Framing Procedure. One of the most flexible encapsulation mechanisms is Generic Framing Procedure(GFP). GFP is defined as a generic mechanism to transport any client signal over fixed data-rate optical channels.

GFP adapts a frame-based data stream to a byte-oriented data stream by mapping the diverse services into a general-purpose frame, which is then mapped into the well-known SONET/SDH frames. This framing structure is better at detecting and correcting errors and provides greater bandwidth efficiency than traditional encapsulation procedures.

In addition to GFP as an adaptation mechanism, there are other methods. Of these, the link access protocol (LAPS) and the high-level data link control (HDLC) are the two predominant framing mechanisms. However, GFP supports multiple services, and it has higher flexibility so that it can be used in combination with OTN and higher stability, which offers the possibility of introducing GFP multiplexing structures.

GFP provides two major benefits. First, it gives one uniform mechanism to transport any datatype over SONET/SDH/ Second, its encapsulation mechanism is superior to HDLC without the layer processing of ATM.

Virtual Concatenation. Virtual Concatenation is an inverse-multiplexing technique that combines an arbitrary number of SONET channels to create a single byte-synchronous stream.

Virtual Concatenation is intended to solve the problem of coarse bandwidth granularity of the existing containers in a SONET signal. Two methods for concatenation are defined, contiguous and virtual concatenation. Both methods provide concatenated bandwidth of X times Container-N at the path termination. Contiguous concatenation maintains the contiguous bandwidth throughout the whole transport, transported through the same physical resources.

Virtual concatenation breaks the contiguous bandwidth into individual virtual containers (VCs), transports the individual VCs and recombines these VCs to a contiguous bandwidth at the end point of the transmission. Virtual concatenation requires concatenation functionality only at the path termination equipment, while

contiguous concatenation requires concatenation functionality at each network element. Virtual concatenation does not require a single “pipe” of the required bandwidth through the network, as continuous concatenation does; it can use smaller increments of available bandwidth to build a larger bandwidth end-to-end pipe.

Virtual concatenation can significantly improve the bandwidth utilization of Ethernet signals mapped into SONET. Table 1 shows examples of bandwidth utilization for both Contiguous and Virtual Concatenation [3, 4].

Table 1. Bandwidth Efficiency Comparison of Contiguous and Virtual Concatenation

Data Signal	<u>SONET/SDH Payload Mapping and Bandwidth Utilization – Contiguous Concatenation</u>	<u>SONET/SDH Payload Mapping and Bandwidth Utilization – Virtual Concatenation</u>
10 Mbit/s Ethernet	STS-1: 20% VC-3: 20%	VT-1.5-7v: 89% VT-12-5v: 92%
100 Mbit/s Fast Ethernet	STS-3c: 67% VC-4: 67%	STS-1-2v: 100% VC-3-2v: 100%
1 Gbit/s Ethernet	STS-48c: 42% VC-4-16c: 42%	STS-1-21v: 98% VC-3-21v: 98%

Link Capacity Adjustment Scheme. Link Capacity Adjustment Scheme builds on Virtual Concatenation principles to provide dynamic bandwidth control. A system must first use VCAT for LCAS to apply. Using LCAS, the bandwidth of a service may be programmed to change over time without impairments (no data loss). The benefits of this are increased flexibility and efficiency of the network and greater reliability. Bandwidth supplied may be scheduled to match clients' workload requirements.

Conclusion. This paper has provided the general remarks for using NGN and introduced technologies: GFP supports the rate adaptation between frame/ packet-based traffic and synchronous traffic, VC supports the efficient use of transport capacity and LCAS enables the hitless bandwidth provisioning. Due to this such network is the universal communication environment in which the traffic of any type is transferred. The basic idea and purpose of NGN is «Availability of any services, always and everywhere».

References

1. Werner Habisreiter, “Next Generation SONET/SDH – Technologies and Applications” Режим доступа: [jdsu.com>productliterature/nextgen_networks.pdf](http://jdsu.com/productliterature/nextgen_networks.pdf)
2. James D. Jones, Using GFP , Virtual Concatenation, LCAS and GMPLS for Ethernet Transport over SONET/SDH Networks
3. E. Hernandez-Valencia, “Hybrid Transport Solutions for TDM/Data Networking Services”, IEEE Communications Magazine, May 2002, p. 104 - 112.
4. P. Bonenfant and A. Rodriguez-Moral, “Generic Framing Procedure (GFP): The Catalyst for Efficient Data over Transport”, IEEE Communications Magazine, May 2002, p. 72 – 79.

WEB SERVICE DISCOVERY SURVEY FOR WEB SERVICE COMPOSITION

O. Oleksenko, T. Kot, L.Globa

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

E-mail: tkot@its.kpi.ua

ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОШУКУ ВЕБ-СЕРВІСІВ В ПРОЦЕСІ ЇХ КОМПОЗИЦІЇ

У статті представлено опис процесу пошуку веб-сервісів в процесі їх композиції. Зроблено аналіз сучасних методів пошуку веб-сервісів та визначено основні недоліки існуючих методів, включаючи відсутність підтримки синтаксичного опису в нечіткій логіці алгоритмів пошуку веб-сервісів.

This paper presents an overview of current state-of-the-art Web Service Discovery (WSD) methods when Web Service Composition (WSC). It also provides an analysis and highlighting major problems like lack of support of the syntactic description in fuzzy logic algorithms in WSD.

A Web Service discovery stage can be basically defined as a match-making process. Match-making is the process of finding an appropriate service provider for a service requester through a middle agent. It consists of three main steps: advertising a web-service specification to middle agent; requesting a middle agent for a service provider with the best matching service capabilities; matching against the stored Web Service specification and returning a resulting set of stored specifications.

Definition of Comparative Evaluation Criteria. Growing number of web services and ways to specify their functionality is making their discovery more and more difficult. A lot of algorithms and approaches were proposed to solve this discovery issue. In this paper criteria, allowing evaluating and comparing them, are introduced.

Criteria were divided into three main groups - quantitative criteria, matching criteria and technology support criteria.

Quantitative criteria are: - Response Time; - Performance.

Matching criteria are:

- Matching Elements. The parts of WS specification that are used in matchmaking process. Possible options are: - IO: Inputs and Outputs; - PE: Preconditions and Effects or Post-conditions; - Non Functional Parameters.

- Multi Stage Matching. Performing a discovery in several stages, sequentially or in parallel on different elements, followed by merging the results. This approach leads to more accurate results through increasing the matching complexity, which in turn increase the query response time. Thus, it is necessary to achieve a balance between accuracy and response time in such approaches. Some of them allow users to manage the trade-off between accuracy and response time [1].

Technology support criteria are: - Support for UDDI; - Support for Different Ontologies; - Support of probabilistic languages.

Web service Discovery Approaches. Discovery can be based on both the textual descriptions (Syntax-based discovery), and on the additional semantic descriptions (Semantic-based discovery).

Syntax-based. Syntactic methods search through the text description of a web service, keywords and qualifiers. Non-semantic Web services can be discovered using UDDI [2]. The

main advantage of syntax-based approaches is low response time due to simplicity of used algorithms. They also don't require any other specifications except WSDL.

Main disadvantage of such approaches is a necessity of manual selection from search results, which is eliminating the usage of this approach in fully automatic web service composition systems.

Semantic-based. Semantic web service is a "web service which functionality is described by the use of logic-based semantic annotation over a well-defined ontology" [3]. Due to the variety of semantic web service description languages and means of service selection, different discovery approaches exist. The main approaches are:

- Logic-based Approaches. In this category of algorithms standard logic inferences are used. They determine the semantic relations between services on the basis of logical comparison of the service semantic descriptions. Strong mathematical basis makes logic-based approaches much more accurate than syntax-based approaches. Most of the semantic-based algorithms use this type of matching [1].

- Non-Logic-based Approaches. Using formal logic leads to considerable increase in complexity of the system that makes usage of this approach time consuming with high computational complexity. The Non-Logic-based semantic web service discovery aims to overcome such disadvantages. This category does not make semantic descriptions comparison of services and, instead, rely on such techniques as graph matching, information retrieval and data mining.

- Logic- & Non-Logic-based Approaches. Usage of exclusively explicit semantics for similarity evaluation in logical approaches makes them inadequate. In such a case, some relative services can be dropped from the answer set. To improve it, Non-logic-based approaches using both implicit semantics of services and logic approaches [1] may be applied. The basic idea of the Logic-&Non-Logic-based approaches is that non-logic-based matching techniques may be applied in case of logic based matching failure.

- Logic- & Syntax-based Approaches. Approaches from this category use both Logic-based matching and Syntax-based discovery.

Table I. Comparison of discovery approaches

Approach	Algorithm	Criteria								
		Quantitative criteria		Matching criteria				Technology support criteria		
		Response Time	Performance	Matching Elements			Multi Stage Matching	UDDI	Different Ontologies	Probabilistic languages
				IO	PE	Non Functional				
Logic-based	OWL-S IDE (Srinivasan+ 06) [6]	Average	Average	+	+	-	-	-	-	-
	(Somasundaram+ 06) [7]			+	-	+	-	+	-	-
Non-logic-based	(Li+ 07) [8]	Low	Low	+	-	-	+	+	+	-
Logic- and Non-logic-based	SAWSDL-MX2 (Klusck+ 09) [9]	High	High	+	-	-	+	-	-	-
	FuzMOD (Ngan+ 07) [10]			+	+	-	-	-	+	+
Logic- and Syntax-based	FUSION (Kourtesis+ 08) [5]	High	Average	+	-	+	+	-	-	-

Discussion. Results of the algorithm comparison are shown in Table I, from which matchmaking categories may be compared with respect to two criteria: Response Time and Performance.

For the comparison of algorithms by the Performance criterion experiments provided by [4] are used. The Performance has been evaluated based on the Recall and Precision measures. Based on these results it may be defined that integration of Logic-based and Non-logic-based methods leads to inclusion of the syntactically similar, but logically disjoint results to the result set. This leads to higher Performance of algorithms. Additionally, generally Logic-based matchmakers result in higher Recall and Precision compared to Non-Logic-based ones. Finally, in most cases, the Syntax-based matching only limits the searching domain [5] that makes no difference with the Logic-based matching in terms of the Performance.

For comparing the Response Time, the results of the evaluation experiments in [9] were mainly used. The Logic- & Non-Logic approach provides the highest Response Time. Better result has the Logic-based approach and the Non-Logic approach provides a significant improvement in speed. Combined Logic- & Syntax-based algorithms have the lowest Response Time, as it allows performing preliminary selection on syntactic description. However, existing algorithms that use such approach have the following disadvantages: - Inability to match the parameter PE (Preconditions and Effects), and, as a result, reduced Precision, which reduces Performance; - Lack of support of different semantic description standards.

Conclusion. The most promising of the considered algorithms is FuzMOD [10], since it's the only algorithm that supports incomplete information about the web service functionality and user preferences for service discovery due to the usage of fuzzy logic in algorithm. However, it does not support the syntactical (textual) description discovery, which makes it impossible to work with one of the most common publishing web services technology - UDDI. Thus, the significant task is to develop Logic- & Syntax-based algorithm supporting fuzzy logic.

References

1. Keyvan M., Suhaimi I., Mojtaba K., Kanmani M., Sayed G. H. T.i, A comparative evaluation of semantic web service discovery approaches, Proceedings of the iiWAS2010, November 08-10, 2010, Paris, France.
2. Curbera F., Duftler M., Khalaf R., Nagy W., Mukhi N., Weerawarana S.. "Unraveling the Web services web: an introduction to SOAP, WSDL, and UDDI," Internet Computing, IEEE, vol. 6, pp. 86-93, 2002.
3. Klusch, M., Semantic Web Service Coordination, in CASCOS: Intelligent Service Coordination in the Semantic Web. 2008. p. 59-104.
4. Klusch, M., B. Fries, and K. Sycara, OWLS-MX: A hybrid Semantic Web service matchmaker for OWL-S services. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 2009. 7(2): p. 121-133.
5. Kourtis, D. and I. Paraskakis, Combining SAWSDL, OWL DL and UDDI for Semantically Enhanced Web Service Discovery, in The Semantic Web: Research and Applications. 2008. p. 614-628.
6. Srinivasan, N., M. Paolucci, and K. Sycara. Semantic Web Service Discovery in the OWL-S IDE. in System Sciences. Proceedings of HICSS '06, 2006.
7. Klusch, M., P. Kapahnke, and I. Zinnikus, SAWSDL-MX2: A Machine-learning Approach for Integrating Semantic Web Service Matchmaking Variants, in IEEE International Conference on Web Services. 2009.
8. Li, H., X. Du, and X. Tian, A WSMO-Based Semantic Web Services Discovery Framework in Heterogeneous Ontologies iiWAS2010 Proceedings Web Services Environment. Lecture Notes In Computer Science, 2007. 4798: p. 617.
9. Klusch, M., P. Kapahnke, and I. Zinnikus, SAWSDL-MX2: A Machine-learning Approach for Integrating Semantic Web Service Matchmaking Variants, in IEEE International Conference on Web Services. 2009.
10. Duy Ngan Le ; Goh, A.E.S. FuzMOD: A Fuzzy Multi-ontology Web Service Discovery System. APSCC, The 2nd IEEE. 2007, pp. 197-203.

ANALYSIS OF THE OSPF PROTOCOL RELYING ON DIFFERENCES OF IPV4 AND IPV6

Dmytro Kravchenko

Institute of Telecommunication Systems, NTUU «KPI», Kyiv, Ukraine

E-mail: gmlkravhenkodima@gmail.com

АНАЛИЗ ПРОТОКОЛА МАРШРУТИЗАЦИИ OSPF С УЧЕТОМ РАЗЛИЧИЙ МЕЖДУ IPV4 И IPV6 СЕТЯМИ

Эта работа предлагает анализ протокола маршрутизации OSPF. Второй акцент делается на сопоставлении сетей IPv4 и IPv6 в контексте OSPF.

IPv4 addressing space has almost been exhausted; many organizations will soon be required to perform the changeover to IPv6.[1] Traditional IPv4 routing protocols must be replaced with new IPv6 compatible protocols to ensure systems continue to operate effectively; however, these protocols have undergone significant changes in order to support IPv6. Understanding these changes is important when selecting a routing protocol for a system, in order to facilitate this, a study and comparison of two types of networks, IPv4 and IPv6 have been undertaken. The major differences between the IPv4 and IPv6 editions have been identified and the OSPF internals have been discussed [2].

The purpose of this study is to provide correct knowledge about the Routing Protocol OSPF and its differentiation from IPv4 (OSPFv2) to IPv6 (OSPFv3).

Introduction. Internet Protocol version 4 (IPv4) was developed in 1981; it provides 32bit addressing space containing 4.3billion unique Internet Protocol (IP) addresses. Each Internet enabled device requires a unique IP address from this address space; however, the rapid growth of the Internet has resulted in these addresses being exhausted; with the last of the address space allocated in February 2012. Internet Protocol version 6 (IPv6) is designed to address the problem of limited address space by providing 128bits of addressing space, providing 2128 IP addresses; a practically limitless addressing space for new internet enabled devices to utilize. IPv6 brings a number of improvements over IPv4 in addition to increased addressing space; IPv4 contains no security mechanisms: IPv4 relies upon higher-level protocols to handle authentication and encryption of packets; this can lead to vulnerabilities when deploying IPv4 systems. This issue is addressed in IPv6 which increased security through the use of integrated Internet Protocol Security (IPsec) within the IPv6 protocol which provides authentication and encryption using cryptographic keys. IPv4 includes no quality of service mechanisms: IPv6 adds support for Quality of Service (QoS) mechanisms through the use of flow control bits; these will enable routers to prioritize packets based upon QoS considerations and economize storage by aggregating routing tables. IPv4 headers have limited extensibility due to only containing a single options field within the header: IPv6 uses a fixed length header of 40 octets, but utilizes a separate extension header after the main protocol header which will enable the protocol to be extended with future developments. Differences between IP version 4 and 6 packet layout mean that routing IPv6 traffic is not supported by existing IPv4 routing protocols. Given the importance placed upon reliability and scalability in many networks, development of IPv6 dynamic routing protocols are essential for their operation. [2]

Brief History of OSPF. The Open Shortest Path First (OSPF) is a link-state routing protocol and a popular interior gateway routing protocol. It is designed to be run internal to a single Autonomous System. Each OSPF router maintains an identical database describing the Autonomous System's topology. From this database, a routing table is calculated by constructing a shortest-path tree. [3] The Open Shortest Path First (OSPF) routing protocol was first conceived in the late 1980s. The OSPF was first documented as a standard by John Moy in RFC1131. Improvements were made in OSPF version 2, which was originally documented in RFC1247 but later updated by RFC2178 and then again in RFC2328.

OSPF was then extensively modified to support IPv6. The IETF developed a new version OSPF that was specifically developed for IPv6 and introduced in RFC2740. Many network equipment vendors implemented OSPF for IPv6 as they developed their IPv6 products. [4]

The Open Shortest Path First internals. The OSPF performs routing calculations based upon data stored within a Link State Database (LSDB); this database is a logical tree structure of the network topology. The Dijkstra's algorithm is used to determine the shortest path from the source to the destination within the LSDB using the accumulating cost of links in the path. The cost of a link is calculated based upon the bandwidth of the link; with higher bandwidths being allocated at a lower cost, this can be manually changed by a network administrator. The LSDB is maintained by routers which regularly send hello packets out their interfaces to neighbor routers and wait for a reply. If a reply has not been received within the time limit, the link state will change to down and the LSDB will be updated. OSPF routers inform the network of changes to the LSDB using Link State Advertisements (LSA), these are flooded to routers in the same area periodically or whenever there is a change in a network link.[5]

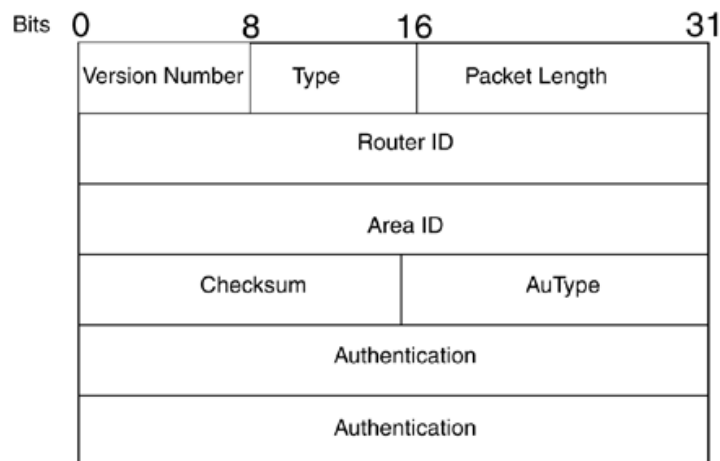


Fig. 1. The fields on the OSPF header

The OSPF protocol uses a hierarchical structure which is split into areas to ensure that the LSDB of an area does not grow too large; using excessive bandwidth, memory and processing power to remain accurate. Each area in OPSF is labelled with a unique 32-bit area ID, which is a dotted decimal format and not compatible with IPv4 addresses, Area 0 is the backbone area of an OSPF domain, all OSPF areas need to connect to this backbone area; which manages all inter-area routing. OSPF has a number of advantages which make it a very popular routing protocol; it features rapid convergence when a topology changes and will support several routes to a destination with different costing

associated with each route, this means that backup routes will be available if a route goes down. Another advantage is the hierarchical nature of the protocol; this allows OSPF networks to scale very well with negligible impact upon routing overhead. However, the memory requirements on routers to maintain the LSDB can become an issue especially in larger OSPF areas where large numbers of nodes need to be stored in the LSDB tree and shared using LSA which adds to routing overhead. Another problem with the OSPF protocol is the difficulty in configuring and managing areas which can be configured in a number of ways such as stubby or transit areas, this adds to the complexity of deploying the protocol [1].

The main differences of the OSPF in IPv4 and IPv6. The core operation mechanisms of both OSPFv2 (for IPv4) and OSPFv3 (specifically designed to support IPv6) are very similar, with few major modifications. OSPFv3 maintains the same packet types as used in OSPFv2 namely; Hello, Link State Request, Link State Update, Link State Acknowledgement and Database Description, however changes were made to some of the fields preventing backwards compatibility between the versions. OSPFv3 retains the domain and flooding scope areas from OSPFv2; it also adds a link local flooding scope; which is a requirement to support IPv6; routing both IPv4 and IPv6 traffic on the same network requires both versions of OSPF to be running simultaneously using dual-stack backbones [5]. OSPFv3 drops packets whose instances IDs does not match by assigning an interface ID to the OSPF packets to differentiate between instances. OSPFv3 utilizes IPv6 IPsec extension Headers to provide authentication and encryption [1].

Many aspects of the OSPF routing protocol remain the same between OSPFv2 and OSPFv3; such as the LSA flooding rules, the LSA aging mechanisms, and the interface types (broadcast, point-to-point, point-to-multipoint, among others). OSPFv3 Packet and LSA formats differ from OSPFv2. Specifically, OSPFv3 adds two new LSA types for Link (0x0008, tells neighbors about link-local addresses and IPv6 prefixes on link) and Intra-Area-Prefix (0x2009, IPv6 prefixes connected to a router). OSPFv2 has two flooding scope, AS wide and area wide but now OSPFv3 has three flooding scopes (noted with the S1 and S2 bits). [4]

Conclusion. This paper has compared the IPv4 and IPv6 versions of the popular routing protocol OSPF and identified the changes made to this protocol to incorporate IPv6 Support. The brief description of how the OSPF works has been presented and the new features and changes of this protocol have been highlighted and discussed. The OSPF protocol is one of the most popular available. The OSPF has advantages in large networks where its hierarchical nature increases scalability.

References

5. Huston G. IPv4 Address Report, daily generated. – Retrieved 09 March 2014.
6. Hinds A., Atojoko A., Shao Ying Zhu. Evaluation of OSPF and EIGRP Routing Protocols for IPv6 // International Journal of Future Computer and Communication. – August 2013. – Vol.2, N.4. – P. 287-291.
7. Moy J. RFC 2328. – Ascend Communications, Inc. – 1998.
8. Hogg S. Core Networking and Security, OSPFv3 for IPv4 and IPv6. – November 2013.
9. Cooper M. Yen D. C. IPv6: business applications and implementation concerns Computer Standards and Interfaces. – July 2005. – Vol.28. – P. 27-41.

THE NEW PERSPECTIVE ON CDMA PROBLEMS**Oleksandr Mazurenko***Institute of Telecommunication Systems**National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"**E-mail: mazurenko.alexander@gmail.com***НОВИЙ ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМИ CDMA**

В роботі розглянуті новий погляд на проблеми багатоканальної передачі сигналів в системах CDMA, деякі помилкові думки щодо її переваг, а також шляхи їх вирішення. Обговорюються проблеми передачі сигналу по каналу та багатоканальної передачі, що є недоліками технологій DS-CDMA та MBOC.

The new perspective on multichannel signal transmission problems in CDMA, some delusions about CDMA benefits and methods of their solution are presented in this paper. DS-CDMA and MBOC techniques vulnerabilities that revealed as signal transmission and multiple access problems are discussed.

Introduction. The code division multiple access (CDMA) technology holds a strong position in state-of-the-art multichannel wireless communication systems which based on direct sequence spread spectrum (DSSS) or DS-CDMA technique, such as cdma2000, WCDMA, UMTS [1] and still developing by means of new orthogonal sequence sets (OSS) implementation [2]. But CDMA is 3G technique. Review of 4G wireless communications is revealing that CDMA is suppressed by OFDM that naturally is the FDMA technique which is ordinary for 1-2G communications. The cause of this substitution identification is the main issue of this paper.

Briefly, OFDM is the technique with good capability to combat multipath interference (MI), frequency-selective interference (FSI) and other types of fading. Also this is the multiple access technique that is revealed as OFDMA and has perfect capability to combat multiple access interference (MAI) [1]. But earlier CDMA is also considered as technique with perfect capabilities to combat MI, FSI and MAI. In practice, OFDM is better than traditional CDMA as it is revealed [1]. So requirement in disclosing of root causes of CDMA deficiencies and their solutions is the main task for CDMA returning to 5G wireless communications. These issues are also disclosed in this paper.

CDMA framework. The main features of cdma2000 and WCDMA are the framework for this discussion. Also correlation functions of orthogonal sequences set (OSS) which is used for DSSS in these systems are the subjects of the discussion. Briefly Hadamard, OVSF, Gold, Kasami OSS are used in these systems. And their correlation properties are defining CDMA systems capabilities to combat all types of interference and to establish the clear multichannel communication. Channel coding by OSS that realized as fast Walsh transform (FWT) and DSSS modulations are fully define the spectrum and power

efficiencies, spread spectrum gain, and interference immunity. In this framework BPSK and QPSK are considered.

Problems and solutions. First of all, let's consider some DS-CDMA benefits which are revealed as delusions. The nature of DSSS has shown that it is directly not the spread spectrum technique, but the multiple narrowband spectrums with different phase copying process. And different orthogonal sequences (OS) from some OSS are simply defining its phase spectrum of copied narrowband for further multiple access providing. Thus DS-CDMA is not so secured if you have good power amplifier and enough knowledge about narrowband spectrum copies allocation. Also DSSS signal is not so good to combat jamming or others interferences if they spectrum bandwidth are similar to desired signal and jamming signal is well correlated with him. Remind that MI and MAI have spectrum of equal bandwidth and good correlation with desired signal. Thus, for solving these problems it is needed (necessary) to establish two stage spreading process by OSS which has a bad correlation with interference. LAS/ZCZ [2] in conjunctions with M-codes may be used for this purpose.

Now, let's consider other signal transmission problems. As well known, spectrum efficiency (SE) of one CDMA channel and data rate is decreased by value that is equal to spreading factor (SF) [1]. But interference immunity is increased on such value if only one DSSS channel is active. In another case, the interference immunity gain is decreased by value that equals to number of active DSSS channels. Such rates are achieved because one information symbol is represented by one sequence from OSS, so that DSSS is occurred. And several sequences from one OSS can be transmitted for multichannel communication establishing. Multichannel m-ary bi-orthogonal keying [3] (MMBOK) can be used for solving low overall SE problem, because one OS represents a set of bits instead of one in DS-CDMA. But MMBOK uses APSK-3/APSK-9 instead of BPSK/QPSK, because zero point in modulation constellation indicates information that wrong OS or respective bit set were not transmitted. And this is equitable for DS-CDMA when full channel set is not used and zero constellation point indicates that inactive channels are really not transmitting the data. This fact reveals that the power efficiency is lowered by half. And BER is decreased as a consequence. The overall SE of MMBOK and DS-CDMA for different number of active channel are shown in Fig.1 and BER in case of one of the 64 active channels for these techniques are shown in Fig.2. APSK-3/9 constellations are shown in Fig.3.

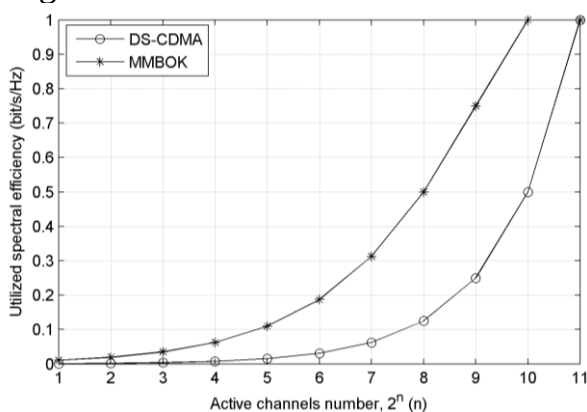


Figure 1. Spectrum efficiencies

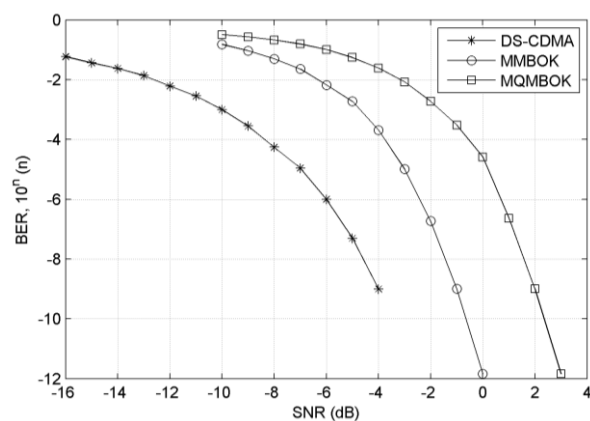


Figure 2. Bit error rate

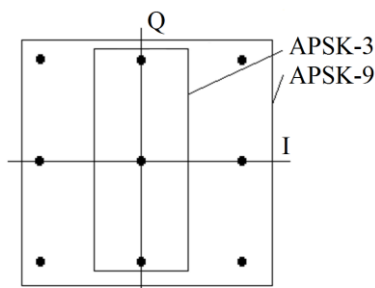


Figure 3. APSK-3/9 constellations

LAS [2] codes are very suitable for APSK-3/9, because they have zero level themselves and have better correlation properties than mentioned before.

OVSF as well as MMBOK solves low SE problem, but it induces the problems of decreasing multipath signal propagation immunity while SF is reduced and necessity of equalizer and RAKE receiver resetting if SF is changed. So MMBOK is better than OVSF and DS-CDMA in general case.

Finally, consider multiple access problems. Generally, all multiple access problems occurred as near-far problem and due to imperfection of OSS correlation properties. Near-far problem is solved by power controlling of mobile station transmitters and it's really helpful. But essentially this problem is not solved. The essence of near-far problem is the asynchronous mode of signal transmission from mobile to base station. So more efficiently this problem can be solved by establishing synchronous mode in both directions between mobile and base stations. This principle is described in [4].

MAI problem has already been solved theoretically by developing and implementing new OSS as LAS/ZCZ and other types of complementary codes to prospect CDMA system models. This solution is radically enhancing the spreading OSS correlation properties, so MAI and MI is almost always suppressed. Perfect correlation properties of these OSS allow adding the feature of multiplexor for RAKE receiver, so channel capacity can be increased, as is described in [4].

The **conclusions** that may be drawn from these investigations are that traditional CDMA is an ordinary multiple access technique as TDMA or FDMA without any great benefits or deficiencies, but has a great prospect as the new orthogonal sequence sets being developed and implemented. CDMA has a good prospect to suppress OFDM and be returned to wireless communications as 5G technology if LAS/ZCZ codes, APSK modulations, multichannel MBOK techniques and synchronous signal transmission in both uplink and downlink channels principles are implemented.

References

1. Vijay K. Garg. Wireless communications and networking. 1st ed.: Elsevier, 2007. 931p.
2. Hsiao-Hwa Chen. The Next generation CDMA technologies.: John Wiley & Sons Ltd, 2007. 478p.
3. D.J. Richard van Nee. Patent No.: US 7,583,582 B2. M-ary orthogonal keying system. Date of Patent : Jul. 10, 2006.
4. Mazurenko O.V., Yakornov Y.A. Principles of three dimensional spatial multiplexing in wireless communications. Telecommunication Sciences, 2013, Volume 4, Number 2. - P.47-52.

COMPARISON OF LDPC CODE RATE AND TRADITIONAL ANTINOISE CODES

Osypchuk S.

Research Institute of Telecommunications, NTU «KPI»

E-mail: serg.osypchuk@gmail.com

СРАВНЕНИЕ СКОРОСТИ КОДИРОВАНИЯ КОДОВ LDPC И ТРАДИЦИОННЫХ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ КОДОВ

В работе исследованы зависимости скорости кодирования блочных кодов LDPC и широко используемых традиционных (БЧХ) кодов от длины кодового слова при фиксированном кодовом расстоянии.

The code rate dependencies for LDPC and traditional error correcting codes (BCH) as a function of code length and code distance are studied.

Introduction. Up-to-date telecommunications are very useful in the scope of technical sciences from the perspectives of managed functions and usefulness for all the world society. As known, the main telecommunication task is information transmission from a sender to a receiver with expected reliability and timeliness. One of the methods for information reliability enhancement is an antinoise coding. This paper is dedicated for research of the parameters of LDPC (Low Density Parity Check) codes and other good antinoise codes. One of the traditional good antinoise codes is BCH (Bose-Choudhury-Hocquenguem).

Many research works are devoted to BCH codes, their parameters and coding/decoding methods. BCH codes are widely used in contemporary telecommunication technologies. As opposed to this, LDPC just are coming as popular in modern telecommunications though these were invented in remote past 1960 by R. Gallager [1]. LDPC codes are used in many high-end telecommunications technologies, e.g. DVB-S2, IEEE 802.16 et al. [2]. Together with that, BCH codes are still used in many modern telecommunication systems and have good error-correcting properties [3].

Task statement. Data input for this research are parameters of LDPC and BCH codes:

- code length n ,
- code distance d ,
- code rate R .

It means the above parameters are known because they are calculated analytically as in the case of BCH codes or studied experimentally as in the case with LDPC codes. It is known that LDPC codes are not analytical codes and error-correcting parameters cannot be just simply calculated, and many statistical experiments are required for researching these parameters.

Output data are dependencies of code rate R from the code length n and code distance d , where d is a constant:

$$R = f(n, d) \Big|_{d=\text{const}} \quad (1)$$

The goal of such LDPC and BCH collation is an identification of the code that has better code rate R when other antinoise code parameters are equal: $n_{LDPC} = n_{BCH}$, $d_{LDPC} = d_{BCH} = \text{const}$.

LDPC and BCH codes. LDPC codes are uniform linear divisible antinoise codes. The forming of regular LDPC codes with code length n is performed based on a check matrix H that has invariable ones number W_r in every row and constant ones number W_c in every column of matrix H [4]. As shown in [5], the code rate of regular LDPC code can be calculated based on such LDPC code parameters as code length and code distance (2):

$$R = (1,5354 - 0,085 \ln n) e^{\frac{d(0,0004n-8,2657)}{2n}} \quad (2)$$

The code rate for BCH code can be found as shown below (3):

$$R = 1 - \frac{m(d-1)}{2n} \quad (3)$$

where m is a positive-going number. It is significant to note, that with values $m > 10$ the BCH code length becomes bigger than 1023 bits and the complexity of BCH coding/decoding is very difficult in this case and this could be a main concern for using BCH code with so big code word length. In opposite to this, LDPC codes have relatively simple methods of coding/decoding that allows using code length with thousands or tens of thousands bits per code word. As per one of Shannon theorems, if code length tends to infinity, then antinoise code is able to correct errors with the indefinitely small information probability (certainly, the information transmission velocity should be less than channel throughput).

The characteristics $R = f(n, d) \Big|_{d=\text{const}}$ for LDPC and BCH codes with permanent parameter $d=50$ and different code lengths are shown on fig. 1 below. The logarithmic approximation is performed for both LDPC and BCH on the fig. 1.

Let's take a look at the lines for LDPC and BCH codes on fig. 1 when $d=50$. If we lock the code length value n , e.g. $n=400$, then we can see code rate R of LDPC code is higher than code rate of BCH code:

$$R_{LDPC} > R_{BCH} \Big|_{d=\text{const}, n=\text{const}} \quad (4)$$

If analyze characteristics $R = f(n, d) \Big|_{d=\text{const}}$ for other values $d=\text{const}$ of LDPC and BCH codes, then it's possible to say that the tendency when LDPC code rate is higher than BCH code rate $R_{LDPC} > R_{BCH}$ keeps for other values of code distance d , except only very high code rate values $R > 0.85$. It means LDPC codes

are more preferable than BCH codes by criterion of maximal code rate R and equal other parameters: code length n and code distance d . Together with this, one more advantage of LDPC codes is smaller coding/decoding complexity.

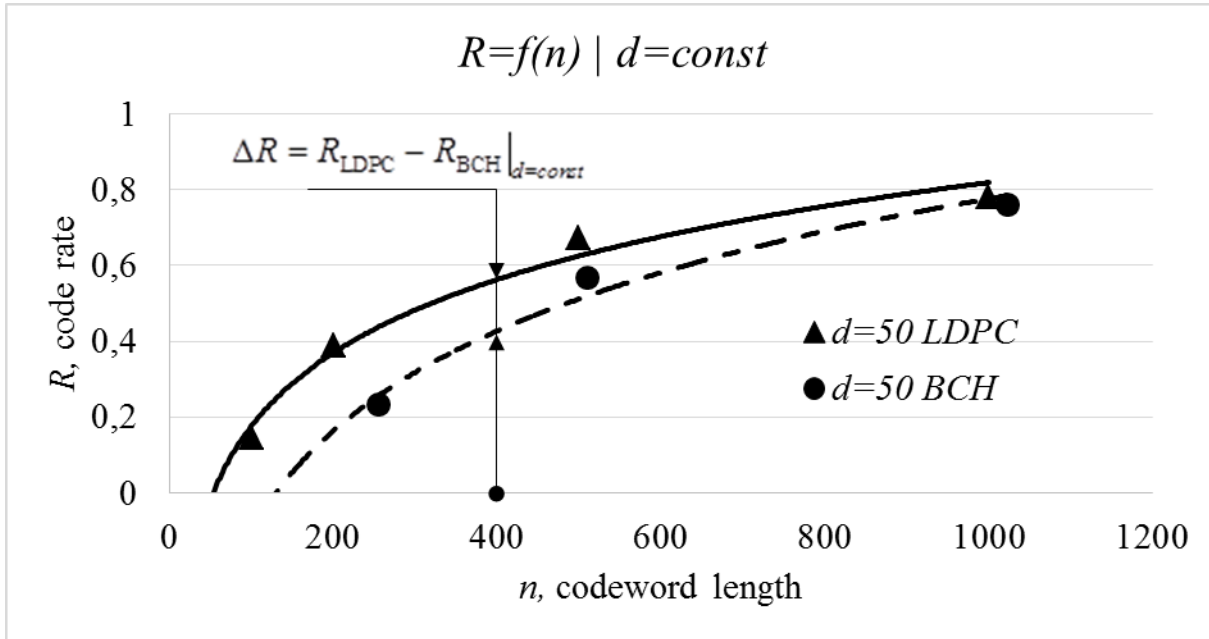


Fig. 1. The characteristics of LDPC and BCH codes $R = f(n, d)|_{d=const}$ with fixed value of code distance $d=50$ as a function of code word length n

Conclusion. LDPC and BCH codes are compared in this paper with the criteria of bigger code rate R when other parameters are equal: $n_{LDPC} = n_{BCH}$, $d_{LDPC} = d_{BCH} = const$. The research has shown that LDPC code is more preferable than BCH code so far as LDPC code rate is bigger than BCH code rate that means LDPC code will correct more errors per a code word than BCH code. Together with this, the additional advantage of LDPC codes is a possibility to increase the code word length up to tens of thousand bits and more simple procedures of coding and decoding.

References

1. R. Gallager, Low-Density Parity-Check Codes. MIT Press, 1963.
2. T. Ohtsuki, "LDPC codes in communications and broadcasting," IEIC Trans. Commun., vol. 90-B, no. 3, pp. 440–453, March 2007.
3. L. Uryvsky, K. Prokopenko, A. Pieshkin, "Noise combating codes with maximal approximation to the Shannon limit," Telecommunication Sciences, vol. 2, no. 1, pp. 41–46, January-June 2011.
4. L. Uryvskiy, S. Osypchuk, "Analysis of corrective properties of ultra-long LDPC codes," Telecommunication Sciences, vol. 4, no. 1, pp. 21-26, January-June 2013.
5. S. Osypchuk, "The analytical description of regular LDPC codes error-correcting ability," the 12th International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science", February, 25 – March 1, 2014, Lviv-Slavske, Ukraine. Accepted for publication.

DUAL-BAND RECTANGULAR DIELECTRIC RESONATOR FILTER**Pidgurska T.V., Trubin O.O., Shelkovnikov B.N.***Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"**E-mail: lileya15@gmail.com***ДВУХПОЛОСНЫЙ ФИЛЬТР НА
ПРЯМОУГОЛЬНЫХ РЕЗОНАТОРАХ**

В работе впервые исследуется возможность построения двухполосного фильтра на прямоугольных диэлектрических резонаторах в металлической полости. Резонаторы возбуждаются на двух магнитных типах колебаний TE_{11b}, TE_{21b}. Центральные частоты фильтра 5,61 и 6,1 ГГц. Ширина первой полосы пропускания (TE_{11b} тип) составляет 0,9%, а второй 0,5% соответственно (TE_{21b} тип). Внеполосное ослабление составляет 35 дБ между полосами.

Design of novel dual-band rectangular dielectric resonator in metal cavity is discussed. Resonators are excited in two magnetic oscillations: TE_{11b}, TE_{21b}. The filter operates at 5.61 and 6.1 GHz. The fractional bandwidth of the first passband (TE_{11b} mode) is 0.9% and 0.5% for the second (TE_{21b} mode) respectively. Out-of-band rejection between passbands is about 35 dB. Emerging demand for dual-band filters has been growing with the rapid development and usage of multiple wireless technologies, such as: WLAN and GPS; GPS and GSM; WLAN and GSM etc. [1].

Single structure dual-band filters with adequate out-of-band rejection have been widely used in wireless systems due to their advantages such as small size and low loss. The vast majority of two-band filters are planar such as microstrip filters (in the form of a circular ring, square loop or patch) or multi-layer technology filters.

Filters on dielectric resonators (DR) offer high electrical and improved both weight and size characteristics. However, dual-band filters on DRs have little been studied. Among existing solutions, there are two main designs: the so-called "mushroom" [2-3] and the "eight"-shaped configurations [4]. The first design consists of half-cut cylindrical DRs that are planar mounted on a support inside the metal cavity with cruciate irises, which enable coupling between orthogonal modes. The second is the union of two rectangular resonators attached together. The resonators have rectangular holes in order to provide the spurious products suppression, thus resembling number "eight".

In this paper, the novel design of two-band filter is proposed, that is based on two rectangular DRs in the evanescent cavity. To the authors' best knowledge such dual-band rectangular DR filter is the first of its kind.

Main part. For dual-band filter research the evanescent metal cavity with the size of 48 * 26 * 10.6 mm was chosen (Fig.1) with the cutoff frequency of 10.5 GHz.

The perfect electric conductor (PEC) contains the oppositely directed coaxial feedings for the rectangular DRs. Coaxial dielectrics around the metal feeding have the dielectric permittivity of 2.4. There is slight difference in size in two DRs in order to provide effective spurious products' suppression. The dielectric permittivity of DRs is 36 and tangent delta makes up $1.5 \cdot 10^{-4}$ [5].

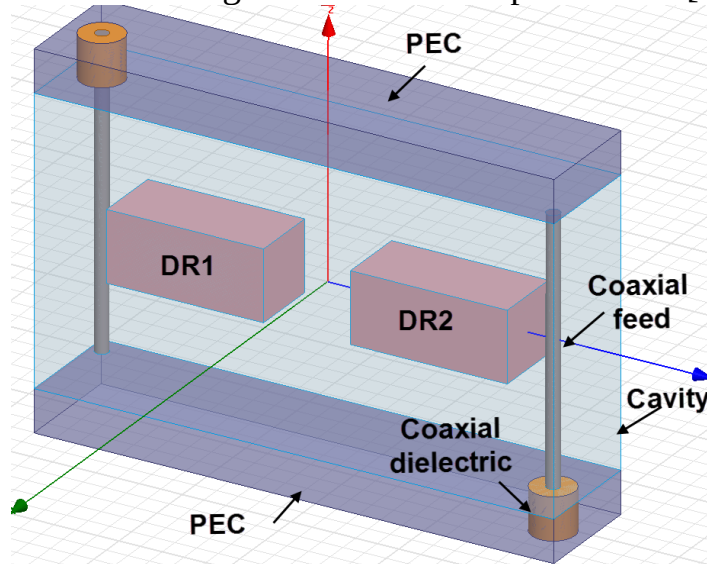


Fig. 1. Dual-band rectangular DR filter configuration

The filter operates on two magnetic oscillations, namely: TE_{11b} and TE_{21b}. The electromagnetic field's (EMF's) distribution of TE_{21b} or “quadruple” mode at fig.2 resembles two antiphase magnetic dipoles that compensate each other [6]. Such distribution of EMF is characterized by greater energy concentration within the DR and lower losses in the metal walls of the filter design.

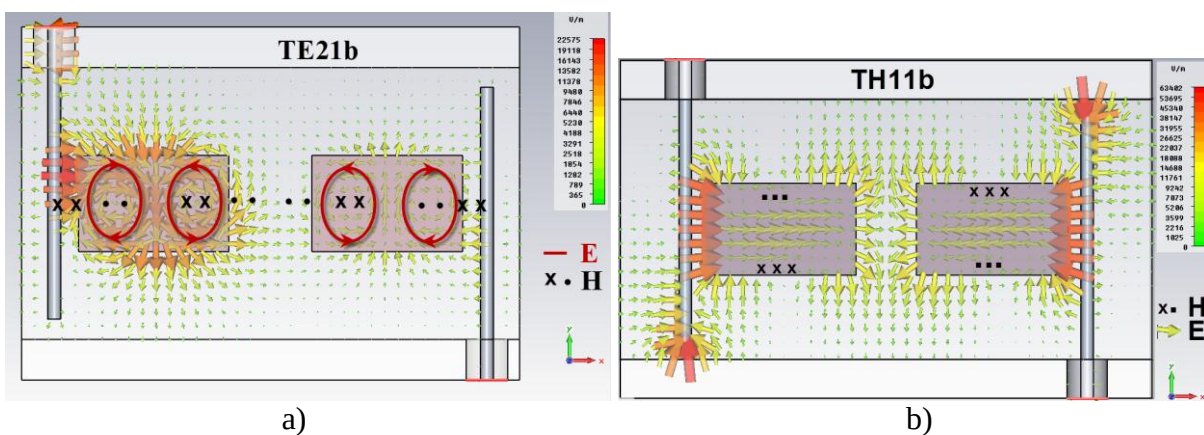


Fig.2 EMF distribution of TE_{21b} mode (a); spurious TH_{11b} mode (b)

The dimensions of DRs and the distance between them have been optimized on the criteria of maximum attenuation and frequency separation of spurious high-frequency products (Fig. 3), while maintaining acceptable response in working bands. The left DR is shifted down relating to the right DR, thus providing further spurious

products suppression. Particularly, the parasitic oscillation TH11b (fig.2) at a frequency of 6.45 GHz has the attenuation of about 20 dB.

Figure 3 illustrates the wideband amplitude frequency response (AFR) of the filter in the range 5...7 GHz.

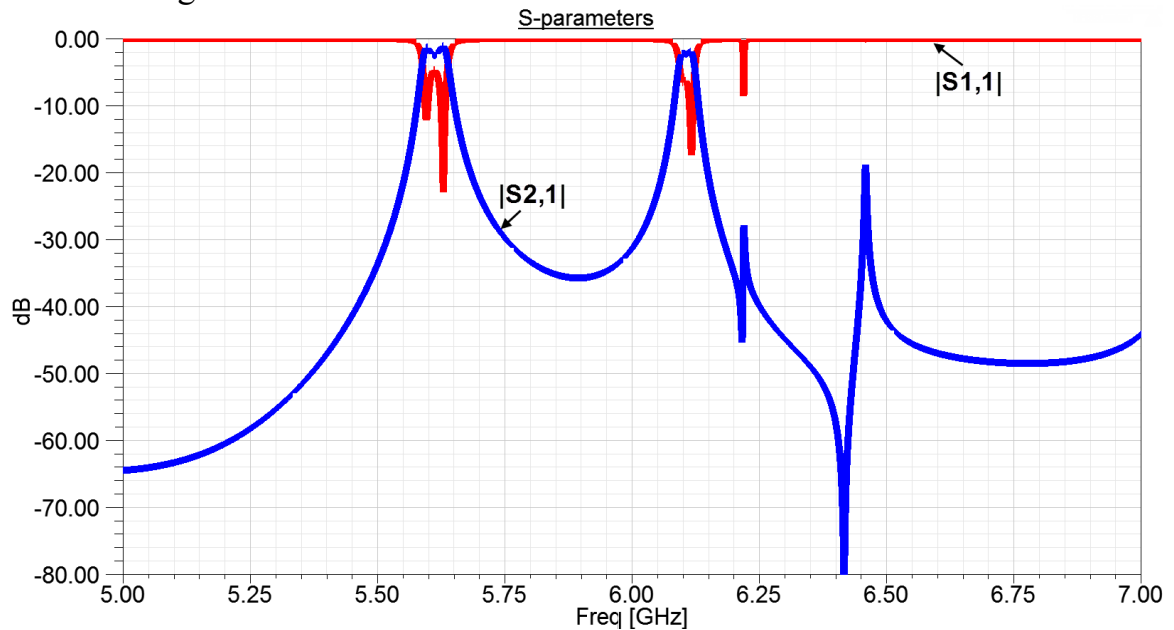


Fig. 3. Wideband frequency response of the dual-band rectangular dielectric-resonator filter

From fig. 3 the -3dB level fractional bandwidth of the first passband (TE11b mode) is 0.9% at the center frequency of 5.61 GHz with the insertion loss of 1.27 dB, while the -3dB level fractional band-width of the second passband (TE21b mode) is 0.5% at the center frequency of 6.1 GHz with the insertion loss of 2.3dB in the band. Out-of-band rejection between passbands is about 35 dB. The spurious product at 6.45GHz has the attenuation of about 20 dB.

Conclusions. For the first time the dual-band filter on rectangular dielectric resonators has been investigated, characterized by better electrical characteristics compared to planar ones.

As a result, optimization of the fractional bandwidths of 0.9% at a center frequency of 5.61 GHz and 0.5% at 6.1GHz attenuation with 35 dB of out-of-band rejection between passbands have been obtained. The spurious product at 6.45 GHz has the attenuation of 20 dB while maintaining the acceptable performance of AFR.

References

1. Holme S., Multiple passband filters for satellite applications, Proc. 20th ALAA Int. Commun. Satellite Syst. Conf Exhibit, 2002, paper AIAA-2002-1993, 2002, 4 p.
2. Memarian M. Novel quadruple-mode, dual-mode and dual-band dielectric resonator filters and multiplexers: Master's Degree thesis. Waterloo, Canada, 2009, 100 p.
3. Mansour R. R., Memarian M. Patent No. : US 8,111,115. Method of operation and construction of dual-mode filters, dual band filters, and diplexer/multiplexer devices using half cut dielectric resonators. Date of Patent : 7 Febr., 2012.
4. Zhang R., Mansour R. Dual-band dielectric resonator filters. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2009, vol. 57, No. 7, pp. 1760-1766.
5. Application note. Introduction and Applications for Temperature-Stable Dielectric Resonators. Available at: http://www.trans-techinc.com/documents/Intro_Apps_Temp_Stable_Resonators_202802A.pdf (accessed 19 February 2014).
6. Pidgurska T., Trubin O., Shelkovnikov B. «Quadrupole» mode DR filter for C-band applications. Telecommunication Sciences, 2013, No. 1, pp. 51-57.

**ROBUST HEADER COMPRESSION (ROCH) METHOD
AS ONE OF THE EFFECTIVE WAY OF INCREASING
EFFICIENCY OF TRANSMITTING IP TRAFFIC**

O.M. Podobrii

Institute of Telecommunication Systems, NTUU “KPI”

E-mail: a.podobriy@gmail.com

**МЕТОД НАДІЙНОГО СТИСНЕННЯ ЗАГОЛОВКІВ ЯК ОДИН ІЗ
ЕФЕКТИВНИХ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ПЕРЕДАЧІ ІР РАФІКУ**

Метод ROCH пропонує стиснення IP заголовку високої ефективності і стійке до втрат в каналі. У цій статті будуть розглянуті основні режими компресора/ декомпресора і характер їх взаємодії один з одним.

ROCH compression method offers a strong resilience against channel losses and high compression efficiency. In this paper the main compressor/decompressor modes and their interaction with each other will be considered.

IP networking has replaced many existing networks. However, IP introduces packet overhead, and this raises the question of efficiency (defined as the ratio between the total number of information bytes and the total number of received bytes). Efficiency is important where the “cost” of transmission is high. Furthermore, IP version 6 (IPv6) is being deployed in many next generation networks, and especially in broadband wireless networks. This increases the size of an IP address from 32 bits in IPv4 to 128 bits, resulting in a doubling the minimum IP header to 40 bytes in IPv6. [1]

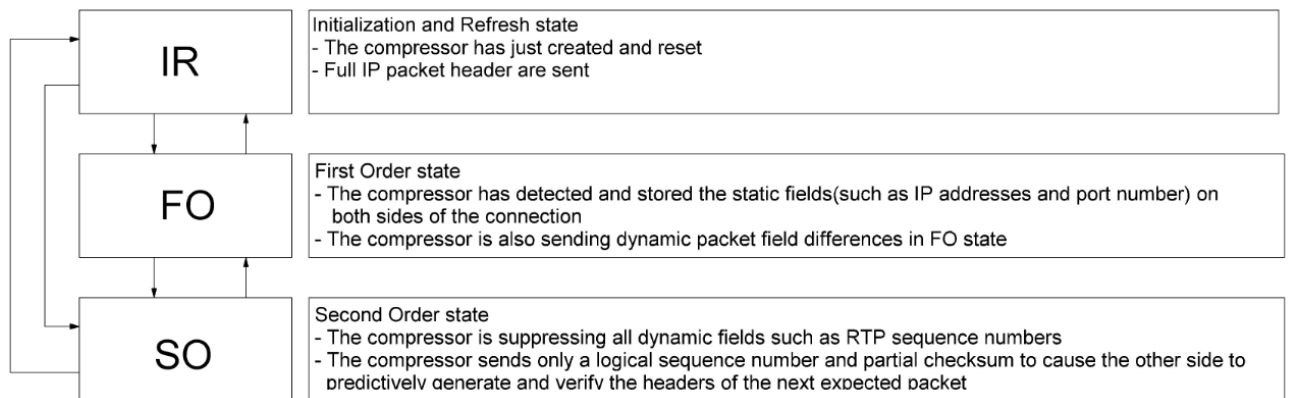
A key feature is that the ROHC framework is extensible. It means that new protocols can be added without the need to design a completely new compression protocol. The penalty for flexibility is that ROHC is a complicated technique, absorbing all the existing compression techniques, and adding a more sophisticated mechanism to achieve robustness and reliability.

The ROHC compressor operates in 3 states: Initialization and Refresh (IR), First Order (FO) and Second Order (SO) (Pic.1).

The states describe the increasing level of confidence about the correctness of the context at the decompressor side. In case of error conditions, as indicated by the decompressor using feedback packets, the compressor can move to a lower state to send packets that carry enough information to fix the error in the context of the decompressor. In some cases, the compressor periodically moves to a lower state of operation to ensure the context validity at the decompressor.

The ROHC decompressor operates in 3 states: No Context, Static Context and Full Context. The decompressor starts in the No Context state, as it has no context information available in the beginning of the packet flow. The successful decompression of an Initialization and Refresh packet (containing both static and

dynamic information) from the compressor will create the context information at the decompressor side.



Pic.1. Three main compressor states

At this point, the decompressor can move to the Full Context state as it has received both static and dynamic information. Once in the Full Context state, the decompressor moves to lower states only in error conditions. When moving to a lower state, it moves to the Static Context state and then hopefully can move back to the Full Context state by restoring the context by successfully decompressing FO state packets. If it still fails to decompress, it moves to the No Context state. In this case, the compressor needs to send IR packets to restore the context at the decompressor.

The ROHC framework defines 3 modes of operations (Pic.2). The selection of mode is based on parameters such as availability of feedback channel, error probabilities and header size variations. The operators of the network can choose not to use a channel to carry feedback packets for various reasons and thus limit the mode of operation of ROHC. The following three modes have been defined:

- **Unidirectional mode (U-mode)**

In this mode, packets are sent in one direction, from the compressor to the decompressor. In cases where the return path or the reverse channels are not available, ROHC can still be used. The compressor uses the optimistic approach, sending enough information to reconstruct the context, to maintain the integrity of the decompressor context. The context updating information is sent periodically to ensure context synchronization. A time-out mechanism (periodic) is used to transit to lower states and send FO and IR state packets. The compressor always starts in U-mode. It can move to other modes of operation if it receives a feedback (request) packet from the decompressor.

- **Bi-directional Optimistic mode (O-mode)**

In this mode, the decompressor can send feedback in the form of requests for error recovery (negative acknowledgements, NACKs) and indication of successful context update (acknowledgements, ACKs).

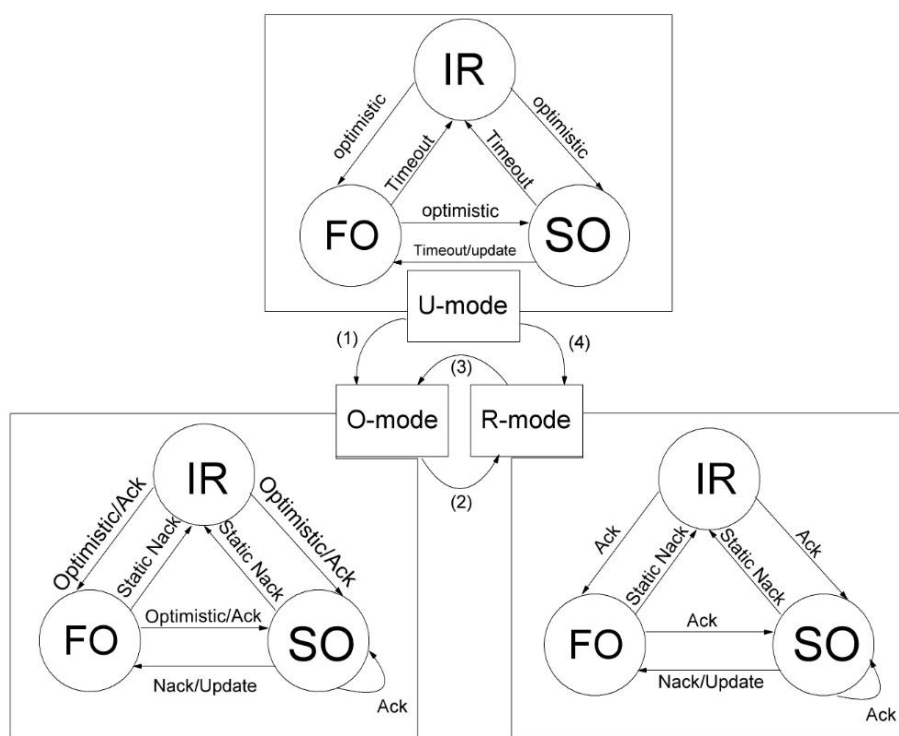
This mode yields higher compression gains while making sparse use of the feedback channel and it reduces the packet loss due to the context invalidation.

- **Bi-directional Reliable mode (R-mode)**

In this mode, the feedback channel is used quite often to avoid packet loss due to context invalidation.

R-mode uses the secure reference principle rather than the optimistic approach as in other modes. In secure reference principle, confidence of the compressor depends on acknowledgements from the decompressor for every context updating packet. However, not every packet in R-mode updates the context.

The periodic context updating packets reduce compression efficiency compared to O-mode. R-mode tries to improve the robustness in case of packet loss and bit errors. It has very low probability of the context invalidation but if it occurs, it can result in large number of damaged packets being delivered to upper layers.



Pic.2. Component (State) of ROHC Statemachine - Combined

The ROHC compressor always starts in the U-mode and the IR state. Depending on the operational environment like the availability of the feedback channel, bit error conditions on the link and change patterns in packet header fields, the decompressor can request for mode change. All kinds of mode changes are possible as from U-mode to O-mode/R-mode, from O-mode to U-mode/R-mode and from R-mode to U-mode/O-mode. The operator can set the preferred mode of operation and change it at any time.[2]

In this paper the general ROHC approach to IP header compression with main principles have been introduced that make this method a strong mechanism of increasing efficiency of transmitting IP traffic via network.

References

1. S. Deering and R. Hinden, RFC 1883 "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification", 1995.
2. Recommendation RFC 3095 "Robust Header Compression(ROHC)", 2001.

DETERMINATION OF BLOCK CODES CORRECTING PROPERTIES LIMITS IN THE SPACE OF SHANNON AXIOMS

Uryvsky L.O., Prokopenko K.A.

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

E-mail: leonid_uic@ukr.net, k.prokopenko@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦЬ КОРИГУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЛОКОВИХ КОДІВ У ПРОСТОРИ АКСІОМАТИКИ ШЕННОНА

У статті наводиться опис методики побудови меж коригувальних властивостей блокових кодів в просторі аксіоматики Шеннона. Встановлено межі коригувальних властивостей завадостійких кодів на підставі їх граничних можливостей, обумовлених кордоном Плоткина.

This article describes techniques for determination of block codes correcting properties limits in space of Shannon axioms. The block codes correcting properties limits are determined on the basis of their limiting capabilities which are defined by Plotkin bound.

It has been 60 years since the publication of information theory that was formulated by Claude Shannon with postulates and fundamental theorems. It opened the era of bright achievements in area of increasing communication reliability on the basis of channel coding.

According to Shannon theorem, if the source rate does not exceed a value called channel capacity, it is possible to transfer those messages nearly error-free in the noisy channel by selecting method of encoding and decoding [1]. Thus, for the first time it was determined that small error rate can be achieved at the receiving end of noisy channel, if the source rate is limited.

The constructive result of Shannon's theory is Shannon's theoretical limit – curve that describes maximum informational transfer rate at which it is possible to correct errors in a channel with set signal/noise ratio by error-correcting coding.

For a discrete noisy channel in the case of binary digits transfer the value of channel capacity C is determined by following formula:

$$C = V \cdot \{1 + P_{er} \cdot \log P_{er} + (1 - P_{er}) \cdot \log(1 - P_{er})\}, \quad (1)$$

where V , bit/s – channel rate;

P_{er} – error rate for a single character in the channel.

Numerically the multiplier in the brace of formula (1) is the same as the index of relative entropy E_1 of the single passed character from the source; it means information content $E_1 \leq 1$ bit that was saved after the transmission of 1 bit from the binary source via channel as a result of hindrances action.

Thus, the source rate v , bits/s can not exceed the value of channel capacity: $v \leq C \leq V$. Redundancy channel coding is designed to ensure the reliability of receiving source symbols with probability $P_b \ll P_{er}$.

Within Shannon theorem the enormous amount of various codes that can correct a generous amount of errors in channels of different quality has been synthesized.

However, code's parameters that help to get such results are not indicated. Thus, there is general opinion about non-constructivity of Shannon's theorem for error-correcting codes synthesis.

The purpose of this article is to define the correcting properties limits for channel codes with a given block length using their limiting capabilities by Plotkin bound, and to make the decision about their measure of approaching Shannon's limit.

Purpose realization should give Shannon's axioms constructive start.

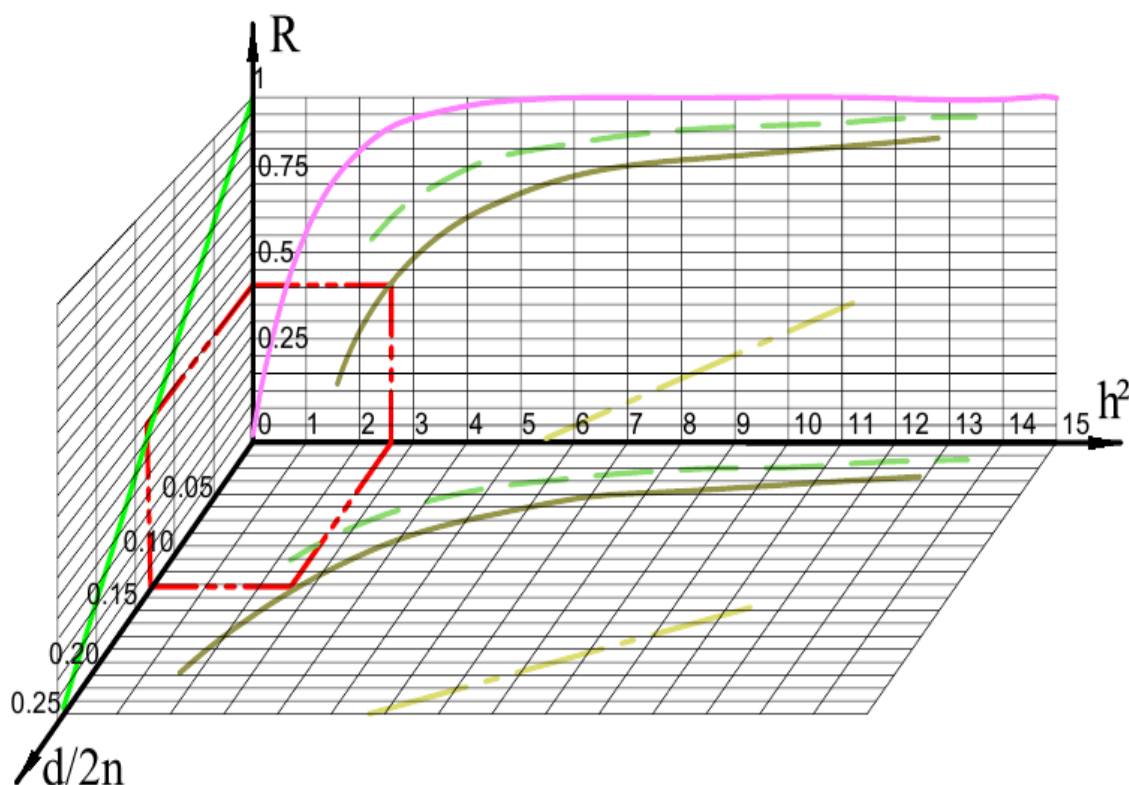


Fig. 1. Findings of correcting properties limits for channel codes

We propose the following sequence of actions in three dimensions to form the correcting properties limits for channel codes:

1. For code with the chosen value of length n and required symbols reliability P_b , based on the method of forming and processing of symbols in a channel with given energy parameter h^2 , value is determined by the probability $P_n(t, h^2) = P_b$ from (4) and (5). Further, the parameter t is converted into parameter $d/2n$.

For any given values of h_2 and fixed value n the curves $d/2n \{h_2; n\}$ are represented on the horizontal plane of Fig 1. Dot-dash line corresponds to $n = 10$, a solid - $n = 50$, dashed to $n = 100$.

2. Using the projection of values $d/2n$ on the Plotkin bound line (left vertical plane in Figure 7) the maximum value R – code rate is defined.

3. At the cross of R and h_2 axes projections on the frontal plane in Figure 1 the value of entropy $E1 \{h_2; n\} = R$ is determined, which corresponds to maximum possible ratio between channel capacity C (pink solid line) and transmission source rate v .

For variable h_2 values and fixed n (10, 50 and 100) curves $E1 \{h_2; n\} = R$ are shown in the frontal plane of Figure 1.

Trajectory for getting single point of required dependence is shown in red.

From these relationships the main conclusion is that the real codes with length $n < \infty$ does not allow reaching the Shannon limit. At the same time, for block codes with length n , related to the Plotkin bound, it is always possible to determine h_2 value in a specified channel, where they provide the specified accuracy over the value of P_b . Larger n causes smaller h_2 for fixed P_b .

However, these results demonstrate that increasing code length n makes closer correcting properties limit for block codes to Shannon limit.

Conclusion. The corrective properties limits for error-correcting codes are based on their limiting capabilities defined by Plotkin boundary. Obtained limits make Shannon theorem, where the existence of code, that can be used to transmit information nearly error-free over a noisy channel, is asserted, constructive. However, the real codes with length $n < \infty$ does not allow reaching Shannon limit.

Proposed method involves indication of the new border in relations between the source rate and channel capacity for given channel parameters and known block code length.

References

1. W.E. Ryan and Shu Lin, Channel Codes Classical and Modern. New York, NY: Cambridge University Press, 2009.
2. G. E. Andrews, R. Askey, R. Roy, Special Functions. Cambridge University Press, 2001.
3. J. G. Proakis, Digital Communication, 4th ed. Boston, MA: McGraw-Hill, 2000.

**DEVELOPMENTAL APPROACH TO NATIONAL
ANTARCTIC SCIENTIFIC PORTAL OF UKRAINE**

Pryvar O.O., Novogradskaya R.L.

Institute of Telecommunication Systems

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

E-mail: kceno4ka@ukr.net

This article presents main stages of the National Antarctic Scientific Portal development. Also describes approach, which was chosen, portals structure, architecture problems and their solutions, main stages of analysis.

Nowadays, in the time of Global warming, and others disasters, it is very important to give all information about modern researches and possibilities. Continent Antarctica contains a lot of different useful biological resources. Ukraine has its own station in Antarctica, called Academic Vernadsky Station, there Ukrainian scientists are exploring the characteristics of Antarctica. The Ukrainian Antarctic Center continues programs of meteorology, upper atmospheric physics, geomagnetism, ozone, seismology, glaciology, ecology, biology and physiology research. To optimize and facilitate the exchange of data, it was decided to establish Ukrainian Antarctic Data Portal.

Logically Antarctic portal should consist of two parts; the first with data for scientists and visitors, the second part contains materials at the disposal of the international community. Accordingly, the database with the data can be divided into two logical parts.

A crucial stage in the development of the Antarctic portal is its structure. Analyzing Antarctic portals of different countries, it was noted that their structure in most cases coincides with the structure of the portal NASA [1] that is why we decided to use the same classification of such branches of study in the Ukrainian portal. Data sets topics are the following: Agriculture, Atmosphere, Biological Classification, Biosphere, Cryosphere, Human Dimensions, Land Surface, Oceans, Paleoclimate, Solid Earth and few others.

Portal for registered users would include the following features: download articles, download raw data and the results of the processing of the data, except that some analysis tools would be available.

With the help of the developed web-service, completed research reports would be transmitted to the NASA portal [1], where many people from all around the world will be able to see the results of Ukrainian scientists. The next item of the portal developing the structure of the report is submitted to the site and its design. In this regard a few things are important: opinion of the scientists; and the

compliance of this report with certain international standards (listed in the documentation SCAR). Information conveyed in the report affects the structure of the portal database.

On the Antarctic portal article will be available as a Directory Interchange Format -page (DIF) and as Extensible Markup Language –page (XML), for details, see figure 1. The DIF is used to create directory entries which describe a group of data. A DIF consists of a collection of fields which detail specific information about the data. Eight fields are required in the DIF; the others expand upon and clarify the information. Some of the fields are text fields; others require the use of controlled keywords (sometimes known as "valids").

<u>Platform / Платформа</u>	-<Temporal_Coverage>
TERRA > Earth Observing System, TERRA (AM-1) ♦	<Start_Date>2007-03-03</Start_Date>
AQUA > Earth Observing System, AQUA	<Stop_Date>2007-06-04</Stop_Date>
<u>Instrument / Інструменти</u>	</Temporal_Coverage>
MODIS > Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer	-<Temporal_Coverage>
<u>Metadata Version</u>	<Start_Date>2007-11-06</Start_Date>
Version 1.0	<Stop_Date>2007-12-31</Stop_Date>
<u>Project / Проект</u>	</Temporal_Coverage>
7 th Expedition	-<Spatial_Coverage>
<u>Access Constraints / Особливості доступу</u>	<Southernmost_Latitude>-62.21666667</Southernmost_Latitude>
XXXXXXXX	<Westernmost_Longitude>-58.78333333</Westernmost_Longitude>
<u>Use Constraints / Особливості використання</u>	</Spatial_Coverage>
Publications of research results utilizing these data must acknowledge the UNASC	-<Location>
	<Location_category>Continent</Location_category>
	<Location_Type>Antarctica</Location_Type>

Figure 1. DIF and XML articles view

Next step is development of the flexible portal hierarchy. It is proposed to solve this problem by constructing a data structure of Antarctic research libraries as sets of links, each of which refers to the next library, or directly to the library data. For convenient access to data hierarchy is in Service Entry Resource Format (SERF). Seven fields are required in the SERF; the others expand upon and clarify the information. Some of the fields are free text or unrestricted fields; others require the use of validation. The SERF allows users of data to find tools and services to manipulate data. The SERF contains those fields that are necessary for users to decide whether a particular service would be useful for their needs.

After analyzing the requirements to portal, we build architecture of the portal similar to an already existing, with the addition of a child portal, which will deal with issues of interactive processing and structuring information. This is achieved by deeper scientific data encapsulation that allows providing a higher level of security.

Ultimately the main problem in creating a portal for Antarctic research center (as for dear portal, which aims to collect and structuring information) is to create a

scalable structure, whereas it is necessary to provide a flexible framework for dynamic deployment.

It is proposed to solve this problem by constructing a data structure of Antarctic research libraries as sets of links, each of which refers to the next or the library (below the knee hierarchy), or directly to the library data.

Second problem was to build a powerful tool for high-flexible data performance and reporting. Unfortunately there is no way to solve this issue by administrative tools of Share Point. The specific module was designed using C#. This solution has 2 parts:

- 1) “Query Designer Module” – module which gives user opportunity to build specific query (for data selection) using GUI of the portal (HTML page) ;
- 2) “Custom Query Manager” – module which store created custom queries in portal data base and binds the instance of this query to the selection combo-box.

Because of huge amount of reports such tool could became a major administrative tool in case of deploying data-manipulating tools which would use “Query Designer Module” and “Custom Query Manager” as a data source vendor.

According to suggestions outlined above it was decided to encapsulate business intelligent into four modules: data source module (could be the source vendor for search engine or data sending services); “Bridge” module (will provide correct access to the data for different extensions); Data Manipulating module (simplify some operations with data); Representative module (provide user –friendly graphic interface to make administrative control).

Set of these 4 modules create powerful administrative tool to provide simple but secure data access. The portal is available at: uac.gov.ua. The resulting analysis of the information has helped to make site become the most convenient for scientists and for ordinary users. The transmission of information resources increases the international fame development of Ukrainian scientists and can be beneficial to the country’s image. The portal was created with the software Microsoft SharePoint Products and scheduled for launching in the real environment in 2013.

References

1. Antarctic master directory NASA: [electronic resource]. URL: http://gcmd.nasa.gov/KeywordSearch/amd/nadc_portals.html [request data - 10.02.2014].
2. Korea Polar Data Center: [electronic resource]. URL: <http://scimec.kopri.re.kr/> [request data - 11.02.2014].
3. WEB services: [electronic resource]. URL: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms950421.aspx> [request data - 26.02.2014].