



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

**ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
НДІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

**Дев’ята міжнародна
науково-технічна конференція
"ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ"
і**

**Сьома Міжнародна науково-технічна конференція
студентів та аспірантів «ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ»**

**Присвячено дню науки та 150-річниці створення
Міжнародного Союзу Електрозв’язку**

21–24 квітня 2015 року

Матеріали конференції

м. Київ



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE
“KYIV POLYTECHNIC INSTITUTE”**

**INSTITUTE OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS
RESEARCH INSTITUTE OF TELECOMMUNICATIONS**

**Ninth International Scientific Conference
"PROBLEMS OF TELECOMMUNICATIONS"**

and

**Seventh International Scientific Conference conference of
undergraduate and graduate students "PROSPECTS FOR DEVELOPMENT
OF INFORMATION-TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES AND
SYSTEMS"**

**Dedicated to the Science Day and the 150th anniversary
of the International Telecommunication Union**

April 21-24, 2015

Conference materials

Kyiv

IX Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" ПТ-2015: Збірник матеріалів конференції. К.: НТУУ "КПІ", 2015. – 475 с.

VII Міжнародна науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем» ПРІТС 2015: Збірник тез конференції. К.: НТУУ "КПІ", 2015.

Збірник містить матеріали пленарних і секційних доповідей, представлених на Дев'ятій міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми телекомунікацій" (ПТ 2015) та Сьомій Міжнародній науково-технічній конференції студентів та аспірантів «Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем» (ПРІТС 2015), які проводяться 21–24 квітня 2015 р. в м. Києві.

Робочими мовами конференцій є українська, російська та англійська.

У збірник включені матеріали конференції за такими напрямками:

1. Теоретичні аспекти передавання інформації в телекомунікаційних системах
2. Передавання інформації в телекомунікаційних системах нового покоління
3. Технології транспортних телекомунікаційних систем та мережні технології
4. Безпроводові телекомунікаційні технології
5. Технології мобільних телекомунікаційних радіомереж
6. Інформаційні технології в телекомунікаціях
7. Математичні моделі та методи підвищення ефективності безпроводових сенсорних мереж
8. Технології та методики прикладного застосування безпроводових сенсорних мереж
9. Засоби та пристрої телекомунікацій
10. Семінар: Modern information and telecommunication trends (спілкування виключно на англійській мові)

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 "Проблеми телекомунікацій":

БАРАНОВ О.А. – Член Консультативної ради з питань інформатизації при Верховній Раді України, к.т.н., професор.

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

Організатори конференції:

Національний технічний університет України «КПІ», ІТС, НДІТ;
Міжнародний науково-технічний журнал «TELECOMMUNICATION SCIENCES» ISSN: 2312-4121.

Спонсори конференції:

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

Координатор Програмного комітету:

КРАВЧУК С.О. - д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ,
e-mail: sakravchuk@ukr.net

Члени Програмного комітету "Проблеми телекомунікацій":

Богуш В. М. - к.т.н., доц., НАУ, м. Київ
Бунін С.Г. – д.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Глоба Л.С. – д.т.н., проф., зав. каф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Жук С.Я. – д.т.н., проф., РТФ НТУУ «КПІ», м. Київ
Зависяк І.В. – д.ф.м.н., проф., КНУ ім. Т. Шевченко, м. Київ
Капшик С.В. – к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», м. Київ
Каток В.Б. – к.т.н., проф., Укртелеком, м. Київ
Козелков С.В. – д.т.н., проф. ДУТ, м. Київ
Коломицев М.О. - к.т.н., доц., ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Лемешко О.В. – д.т.н., проф., ХНУР, м. Харків

Лисенко О.І. – д.т.н., проф., ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Ліпатов А.О. – к.т.н., проф., ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Максимов В.В. – к.т.н., доц., ІТС НТУУ «КПІ» м. Київ
Мошинська А.В. – к.т.н., доц., ІТС НТУУ «КПІ» м. Київ
Наритник Т.М. – к.т.н., проф., ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Назаренко О.І. – факультет лінгвістики НТУУ „КПІ”, м. Київ;
Поплавко Ю. М. – д.ф.м.н., проф., НТУУ «КПІ», м. Київ
Поповський В.В. – д.т.н., проф. ХНУРЕ, м. Харків
Прокопенко Є.А. – к.т.н., ст. викладач, ІТС НТУУ «КПІ» м. Київ
Романов О.І. – д.т.н., проф. ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Романюк В.А. – д.т.н., проф. ДУТ, м. Київ
Скулиш М.А. – к.т.н., доц., ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Стрижак О.Є. – к.т.н., НЦ «Мала АНУ», м. Київ
Терновой М.Ю. – к.т.н., доц., ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Толюпа С.В. – д.т.н., проф., ДУТ, м. Київ
Трубін О.О. – д.т.н., проф., ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Уривський Л.О. – д.т.н., проф., ІТС НТУУ «КПІ», м. Київ
Чечельницький В.Я. – д.т.н., проф., ОНПУ, м. Одеса
Чумаченко С.М. – д.т.н., с.н.с., УНДІЦЗ, м. Київ
Шелковніков Б.М. – к.т.н., доц., ІТС НТУУ «КПІ» м. Київ
Явіся В.С. – к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», м. Київ
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.

Адреса для листування, телефони:

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

Адреса проведення конференції:

03056, г. Київ, провулок Індустріальний, 2, корпус № 30 НТУУ „КПІ”, 4 поверх..

ЗМІСТ

Пленарні доповіді

Доповідачі:

Баранов О.А. Напрями адаптації законодавства України в сфері телекомунікацій до директив Європейського Союзу.....	19
Кравчук С.О. Еволюційний розвиток концепцій та підходів до телекомунікаційних систем.	22
Ефременко А. Предоставление услуг WIFI как операторський вид бизнеса.....	27
Ільченко М.Ю., Наритник Т. М., Радзіховський В.М., Кузьмін С.Є., Лутчак О.В. Розробка передавального та приймального трактів радіорелейної системи терагерцового діапазону	30
Karunakaran P., Gerstacker W.H. Cognitive LTE-A Systems.....	33
Осипчук С.А., Урывский Л.А. Сценарии достижения максимальной производительности системы передачи в зоне обслуживания.....	38
Климаш М.М., Бешлей М.І., Масюк А.Р. Модель адаптивного управління радіоресурсами в безпроводних гетерогенних мережах.....	41
Романюк В.А. Функціональна модель системи управління безпроводною сенсорною мережею	44
Романов А.И., Дидух Я.С. Принцип построения системы облачных сервисов.....	47
Лисенко О.І., Чумаченко С.М., Валуйський С.В., Великий О.О. Технологія моніторингу водних екосистем із використанням безпроводових сенсорних мереж.....	50
Трубин А.А. Параметры оптических фильтров на диэлектрических микрорезонаторах с колебаниями шепчущей галереи	54
Stankevich S.A., Titarenko O.V. Linear infrastructure monitoring using distributed remote imaging	57

Секція 1. Теоретичні аспекти передавання інформації в телекомунікаційних системах

Співголови: д.т.н., проф. Уривський Л.О., к.т.н., доц. Мошинська А.В. к.т.н.

Доповідачі:

Жогов Р.Ю.

Перспективы использования дискретного преобразования Хартли в технике связи 60

Жураківський Б.Ю., Срочинська Г.С., Довженко Н.М., Бондарчук А.П. Використання принципів завадостійкого кодування при передаванні інформації..... 63

Уривський Л.О., Пешкін А. М. Відображення параметрів неперервних кодів в просторі відображення блокових кодів..... 66

Мошинская А.В., Урывский Л.А. Методика оценки качества цифрового сигнала 69

Урывский Л.А., Прокопенко Е.А. Управление ресурсами канала в границах энергетического выигрыша кодирования 72

Урывский Л.А., Вергун С. Н. Аппроксимация экстремумов производительности в дискретных каналах с кодированием..... 74

Уривський Л.О., Гахова Г.С. Узагальнення системи масового обслуговування з пріоритетами 78

Гамза Д.Є., Созонник Г.Д. Аналіз методів вирішення проблем щодо впровадження протоколу IPv6 81

Секція 2. Передавання інформації в телекомунікаційних системах нового покоління

Співголови: доц. Максимов В.В., к.т.н., ст. викладач Прокопенко Є.А.

Доповідачі:

Правило В.В., Фомін М.М. Огляд основних факторів, що впливають на надійність мультисервісних мереж зв'язку 84

Казанішен А.В., Новіков В.І. MPLS-TP як основна технологія передачі ядра транспортної мережі..... 87

Гаттуров В.К., Ципанов В.А. Вибір методу управління трафіком в пакетних мережах..... 90

Мухтаров Р.Е. Оптимізація періоду обробки пакетів у мережі з різномірною структурою..... 93

Максимов В.В., Кравченко Д.О. Аналіз часу збіжності протоколів маршрутизації OSPFV2 і OSPFV3	96
Максимов В.В., Чмихун С.О. Дослідження алгоритму TCP VENO	99
Новиков В.И., Шаповалов Р.С. Проблемы внедрения Ethernet в сетях операторского класса и способы их решения.....	102
Лесяк А.В., Новиков В.И. Сравнительная характеристика динамического распределения пропускной способности в сетях EPON и GPON.	105
Галенко Е.В., Гаттуров В.К. Анализ вариантов построения сети LTE	108
Максимов В.В., Панасюк М.С. Дослідження кількості службової інформації в протоколі OLSR	111
Максимов В.В., Литвин О.О. Дослідження залежності пропускної здатності мережі від роботи протоколу маршрутизації OLSR.....	114

Секція 3. Технології транспортних телекомунікаційних систем та мережні технології

Співголови:

д.т.н., проф. Романов О.І., к.т.н., проф. Каток В.Б.,
д.т.н., проф. Лемешко О.В., д.т.н., проф. Чечельницький В.Я.

Доповідачі:

Агеев Д.В., Моат Талат. Синтез наложенных телекоммуникационных сетей с использованием моделей, представленных в виде многослойного графа	117
Бешлей М.І., Селюченко М.О., Колодій Р.С. Розробка та впровадження нового алгоритму планування черг у мережах з диференціацією сервісів	120
Бирюков Н.Л., Касим А.М., Триска Н.Р. Метрики оценки статистик стабильности сетей тактовой синхронизации с пакетной передачей сообщений Особенности плезиохронной передачи в сетях NGN и FN	123
Бирюков Н.Л., Триска Н.Р. Особенности плезиохронной передачи в сетях NGN и FN	126
Верес Л.А., Семендяк Е.С. Виды интерфейсов и их функции в архитектуре IMS	129
Гордашник Є.С., Маньківський В.Б. Принцип побудови мережі IP-телефонії на базі Softswitch class V	132
Денисюк С.В., Ермаков А.В. Підвищення продуктивності обміну даними в мережі інтернет на базі протоколу HTTP/2	135

Дяченко А.П., Бірюков М.Л. Перспективи використання технології PON для передавання сигналів точної частоти.....	138
Евсеева О.Ю., Ильяшенко Е.Н. Модель управления ресурсами в оптических MLR сетях	141
Латуха А.В., Штепа В.О. Побудова програмно-визначених мереж з використанням протоколу OpenFlow	144
Лемешко А.В., АрусК.М., Еременко А.С. Обеспечение отказоустойчивости решений по многоадресной маршрутизации в телекоммуникационной сети в условиях передачи мультимедийного трафика	147
Москвитіна А.А., Романов А.О. Управління перевантаженнями у мережах передачі даних за допомогою організації черг.....	150
Нестеренко М.М., Доманчук В.С. Методи захисту мережевих служб від TCP SYN-FLOOD атак.....	153
Омельченко Р.Ю., Солопихін П.С. Побудова системи моніторингу на базі програмного продукту ZABBIX.....	156
Пасько С.П., Пасько В.П. Знаходження коефіцієнту втрати пакетів внаслідок завантаженості мережного обладнання	159
Пилипенко Б.В., Голь В.Д. Аналіз варіантів сполучення корпоративних мереж IPv6 з глобальною мережею IPv4	162
Щасливий С.П., Глоба Л.С. Сценарій інтерактивного подання запиту до графової бази даних	165

Секція 4. Безпроводові телекомунікаційні технології

Співголови: д.т.н., проф. Наритник Т.М., д.т.н., проф. Кравчук С.О.

Доповідачі:

Бугаенко Ю.М., Похиліський С.А., Курдеча В.В. Использование микроконтроллеров как модульного оборудования для построения телекоммуникационных систем	168
Роскошний Д.В., Кайдено М.М., Криlach О.Ф. Особливості реалізації на FPGA окремих блоків в системах з адаптивною модуляцією та кодуванням.....	171
Авдеєнко Г.Л., Адамович О.М. Обґрунтування можливості передачі сигналів цифрового телебачення стандарту DVB-T2 по радіорелейній лінії з частотною модуляцією	174

Авдеенко Г.Л., Чижевська А.В., Якорнов Є.А. Теоретичне дослідження просторової обробки сигналів на лініях цифрового радіорелейного зв'язку	177
Безгин А.А., Савочкин А.А. Антенна для дрейфтерных буев системы Argos-3	180
Бранчук В.М., Якорнов Є.А., Авдеенко Г.Л. Дослідження просторової селекції сигналів з модуляцією qam-n на фоні радіозавад при зміні різниці кутових координат та зміні величини бази антенної системи	183
Василенко С.В., Рома О.М. Завадозахищеність радіоліній з широкосмуговими OFDM сигналами.....	186
Волков С.Э., Пызюк Д.Л., Липатов А.А. Измерение дальности геостационарных космических аппаратов командно-измерительной системой	189
Залозний О.О., Авдеенко Г.Л. Порівняльна характеристика передачі радіосигналів ЦТМ стандартів DVB-C та DVB-S через радіоствол РРЛЗ на базі РРС «Комплекс МГ».....	191
Кайдено Н.Н. Оценка вероятностных параметров состояния канала по принятому решению в системах с канальной адаптацией	194
Ковальчук К.П., Мазуренко О.В. Особливості радіоінтерфейсів на основі просторово-часової кореляційної обробки сигналів.....	197
Коломыцев М.А., Корсак В.В. Математическая постановка задачи для решения проблемы частотного присвоения с фиксированным диапазоном частот	200
Наритник Т. М., Кравчук С.О. Аналітичний огляд телекомунікаційних систем субтерагерцового та терагерцового діапазонів	203
Наритник Т.М., Войтенко О.Г., Лутчак О.В. Апаратно-програмні рішення побудови гігабітного модему для радіорелейних ліній в терагерцовому діапазоні	206
Савочкін Д.О. Моделювання вимірювальної інформації виду received signal strength пасивних RFID-міток.....	212
Савочкін Д.О. Евристична оптимізація розміщення антен у системі двовимірної просторової локалізації	215
Бендасюк Н.М. Особливості побудови наземного сегмента системи керування низькоорбітальними космічними апаратами	218
Коломицев М.А., Липатов А.А. Технические характеристики мобильной станции спутниковой связи	221

Секція 5. Технології мобільних телекомунікаційних радіомереж

Співголови:

д.т.н., проф. Кравчук С.О., д.т.н., проф. Поповський В.В.

Доповідачі:

- Дундяк Р.Р., Глоба Л.С., Курдеча В.В.** Перерозподіл мобільного трафіку за допомогою методу Wi-Fi offloading, переваги над альтернативним методом..... 223
- Ageyev D.V., Ali Al-Anssari** Operator profit maximization of services and LTE ran multi-period planning 226
- Al-Azzawi Essa Mohammed, Yevsyeyeva O.** Performance analysis of routing in wireless MESH-networks based on model in space of states 229
- Гаркуша С.В., Гаркуша Е.В.** Решение задач структурной и функциональной самоорганизации в MESH-сетях стандарта IEEE 802.11 . 232
- Домрачева К.О., Семенко А.І.** Типові схеми MIMO телекомунікаційних систем..... 235
- Жогов Р.Ю., Миночкин Д. А.** Макет GSM–сети на основе программного продукта OPENBSC и фемтосоты для учебного процесса .. 238
- Згурский А.С.** Децентрализованный протокол формирования иерархических сетей MANET 240
- Камінський Р.В., Кравчук С.О.** Зменшення тривалості фази передачі обслуговування в протоколі mobile IPV6 243
- Короненко А.М.** Аналіз черг хендовер викликів в кластерах мультисервісної мобільної мережі 246
- Кравчук С.О.** Ймовірність переривання зв'язку в MIMO-системі з обмеженим відношенням сигнал-шум..... 249
- Кравчук С.О.** Застосування критерію рівня якості сигналу для оцінки методів передачі обслуговування 252
- Кравчук С.О.** Принципи створення портативних тропосферних радіорелейних станцій 255
- Мазуренко О.В., Оришук М.В.** Багатостанційний доступ на основі M-арної ортогональної маніпуляції в безпроводовому зв'язку спеціального призначення 258
- Наритник Т.М.** Оцінка тропосферних радіорелейних станцій за критерієм електромагнітної безпеки 261
- Нарытник Т.Н., Корытова О.А., Казимиренко В.Я., Сайко В.Г.** Способ расширения зоны обслуживания для обеспечения абонентского доступа к гетерогенной информационной сети 264

Нарытник Т.Н., Набока Б.Ю., Ляшенко А.В. Особенности использования терагерцового диапазона при построении сверхвысокоскоростных распределительных транспортных сетей мобильной связи	267
Кравчук С.А., Познякова А.О. Алгоритм быстрой эстафетной передачи обслуживания с опережающей выборкой в фемтосотовой сети широкополосного радиодоступа.....	270
Рак Р.І., Кравчук С.О. Застосування методів інтерференційної координації в гетерогенних мережах стандарту LTE	273
Рижко А.В., Кравчук С.О. Дослідження процесу прискорення передачі обслуговування для мереж багатопрольотної ретрансляції стандарту IEEE 802.16j	276
Сова О.Я., Міночкін Д.А., Ошурко В.М., Уманець Я.Л. Ієрархічна модель взаємодії інтелектуальних агентів у системах управління мобільними радіомережами класу MANET	279

Секція 6. Інформаційні технології в телекомунікаціях

Співголови:

д.т.н., проф. Глоба Л.С., к.т.н. Стрижак О.Є.,
к.т.н., доц. Терновой М.Ю., к.т.н., доц. Скулиш М.А.

Доповідачі:

Алексеев Н.А., Мазанка Р.М., Омельченко А.И., Штогрин Е.С. Гибридная архитектура информационных ресурсов учебных заведений на основе технологий SharePoint и Office365	282
Алексеев М.О., Котяш Г.Г., Таран Н.В. Показники надійності розподілених інформаційних систем	285
Баскенова К.С., Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л. Серед оцінювання досвіду роботи з адаптивними системами кінцевого користувача	287
Безлюднов Д.Є., Чубатюк А.А., Алексеев М.О. Проблеми та перспективи розвитку інтернету речей в Україні	290
Борис Т.В., Алексеев М.О. Методи управління ресурсами великих даних в розподілених обчислювальних системах.....	293
Васильев М.В., Новогрудська Р.Л. Алгоритм і процес вирішення розрахункової задачі за допомогою сервіс-орієнтовної структури у середовищі порталів знань	296
Гетьманенко О. В. Проблеми сучасних мереж	299
Дерманская Н.В., Новогрудська Р.Л. Сравнительный анализ моделей порталов знаний.....	302

Зайченко Ю. П., Васильев В.И., Вишталь Д.М., Любашенко Н.Д. Некоторые вопросы автоматизации решения задач надежности коммуникационных сетей	305
Ізай Д.Ю., Алексеев М.О. Порівняльний аналіз протоколів доступу для мережесхемних сховищ	308
Кривенко А.С., Штогрин Е.С. Визуализация иерархических метаграфов	311
Мурадханов А.С. Аналіз засобів представлення онтологічних моделей ...	314
Палій А.В., Новогрудська Р. Л. Характерні особливості розрахунків в інженерних порталах знань	317
Скулиш М.А., Суліма С.В. Організація управління в багатоступінчастих системах масового обслуговування	320
Стрихалюк Б.М., Шпур О.М., Селюченко М.О. Метод балансування навантаження на основі інтегрованої архітектури управління з використанням функції NVF	323
Терновой М.Ю., Штогрин О.С. Візуальний аналіз аномалій баз нечітких знань представлених метаграфом.....	327
Ткаченко О.Н., Гринкевич А.А., Перепелица Н.Л. Идентификация параметров модели.....	330
Юсина О.М. Аналіз платформ для розробки інженерних порталів знань..	333

Секція 7. Математичні моделі та методи підвищення ефективності безпроводових сенсорних мереж

Співголови:

д.т.н., проф. Лисенко О.І., д.т.н., проф. Романюк В.А.

Доповідачі:

Альперт С.І. Методи відбору найбільш інформативних спектральних каналів	336
Балабан А.В., Алексеева І.В. Методи оцінки ефективності роботи бездротової сенсорної мережі	339
Великий О.О., Кутельова О.С. Метод підвищення ефективності безпроводових сенсорних мереж побудованих на радіогідроакустичних буях	342
Воротніков В.В., Бойченко О.С., Кулаков Ю.О. Критерії оцінювання ефективності ділення мережі на кластери	345
Коваленко И.Г., Диянчук И.Н. Методы увеличения времени жизни беспроводных сенсорных сетей с избыточным количеством узлов	348

Мешков С.І., Хамула С.В., Пилипчук В.В. Визначення моделі сенсорної мережі методом структурної самоідентифікації	352
Новіков В.І., Лисенко О.І. Розвиток методу підвищення часу функціонування безпроводових сенсорних мереж	355
Уланов П.С., Алексеева І.В. Метод побудови протоколу маршрутизації оптимального за критерієм максимізації часу життя БСС	358
Ханина Т.О., Петрова В.Н. Летящие сенсорные сети.....	361
Цветков І.О. Модифікований алгоритм GABRIEL GRAPH - планаризації для географічної маршрутизації в MANET мережах.....	364
Воловик В.А., Афанасьєва Л.О. Алгоритми доставки даних, обмеженого очікування і агрегування.....	367
Зайцев О.В. Математичне забезпечення інтеграції даних сенсорної мережі на основі теорії свідчень	370
Кашуба С.В., Лисенко А.И. Accuracy improvement of location-based decisions for detection of closely moving objects	373
Мишко М.С., Валуйський С.В. Методи позиціонування в беспровідних сенсорних мережах	376
Прищепа Т.О., Лисенко О.І. Безпроводові сенсорні мережі із мобільними сенсорами.....	379
Романюк А.В., Валуйський С.В., Лисенко О.І. Класифікація задач системи управління епізодичної радіомережі на основі телекомунікаційних аероплатформ	382

Секція 8. Технології та методики прикладного застосування безпроводових сенсорних мереж

Співголови:

д.т.н., проф. Жук С.Я., д.т.н., проф. Козелков С.В.

Доповідачі:

Валуйський С.В., Давидюк В.О. Енергоефективний протокол MAC для сенсорних мереж.....	385
Давидюк В.О., Дакаєв О.В., Димид М.Д. Інтелектуальні системи навігації для сучасних парковок	388
Заруцька А.О., Петрова В.Н. Синхронізація бездротових сенсорних мереж: методом багатоланкової трансляції часових шкал	391
Карлов Д.В., Пєвцов Г.В., Яцуценко А.Я., Пічугін М.Ф., Трофименко Ю.В., Борцова М.В. Спосіб послідовного енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості	394

Куриленко А.В., Петрова В.Н. Интернет вещей	398
Лисенко О.І., Трач Б.В. Розподілена локалізація вузлів у безпроводових сенсорних мережах	401
Лубський М.С. Шляхи підвищення інформативності супутникових зображень теплового інфрачервоного діапазону	404
Попов М.О., Топольницький М.В. Підхід до злиття корельованих свідчень, що одержуються в багатоканальних сенсорних системах.....	407
Семібаламут К.М. Дослідження робочих характеристик цифрових адаптивних фільтрів з паралельно-послідовним ваговим підсумовуванням сигналів.....	410
Стемпковська Я.А., Сова О.Я., Симоненко О.А. Алгоритм пошуку топології в неоднорідній безпроводовій сенсорній мережі	413
Явіся В.С. Аналіз особливостей побудови безпроводових мереж стандарту IEEE 802.11	416
Валуйський С.В., Дакаєв О.В. Застосування безпроводових сенсорних мереж для побудови системи інтелектуальної парковки.....	419
Томашевська Т.В. Хмарні технології в системах екологічного моніторингу	422
Явіся В.С. Особливості впровадження технології LTE при організації високошвидкісного абонентського доступу	425

Секція 9. Засоби та пристрої телекомунікацій

Співголови:

д.т.н., проф. Трубін О.О., к.т.н., доц. Шелковніков Б.М., д.ф.м.н., проф.
Поплавко Ю. М., д.ф.м.н., проф. Зависяк І.В.

Доповідачі:

Карнаух В.Я. Метод вычисления интермодуляционных искажений для перестраиваемых микроволновых фильтров	428
Коваленко О.І., Бодяк С., Бубнов Н., Сундучков К.С. Аналіз технологій передачі даних для організації безпроводного зв'язку між базовою станцією та приймачами залізничного експреса типу «HYUNDAI»	432
Ліпчевська І. Л., Якорнов Є.А. Побудова систем контролю за рухом наземних транспортних засобів спеціального призначення на основі використання сигналів супутникових систем радіонавігації	435
Филинюк Н. А., Чехместрук Р.Ю., Стахов В.П. Классификация, основные понятие и параметры ограничителей иммитанса	438

Konovalchuk Y., Bespalova O., Shelkovnikov B. Modeling of terahertz wireless system	441
Беспалова О.Г., Коновальчук Ю.С., Шелковніков Б.М. Розробка підсилювача міліметрового діапазону	444
Волков В.С., Шелковников Б.Н. Разработка умножителей миллиметровых волн.....	447
Герлянд А. М., Созонник Г.Д. Методика розрахунку бюджету втрат оптичної мережі доступу	450

Секція 10. Modern information and telecommunication trends

Співголови:

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

Доповідачі:

Kostolny J. Educational Portal for pupils of primary school with Data Mining support	453
Globa L.S., Chirchenkova M.A., Kurdecha V.V. Interaction between the MS and BS by using new architecture of MULTI-standard base stations.....	456
Hanna Gakhova. Prospects for the USAGE of ATM technology in modern communication networks	459
Larisa S. Globa, Daria Ananina, Vasyl Kurdecha Quality server in the architecture of WI-FI offload technology	462
Osypchuk S. Maximal productivity of wireless system with multiposition KEYING and LDPC coding.....	465
Pidhurska T. V., Trubin A. A. Three-section dual-band filter on rectangular dielectric resonators.....	468
Voronin Roman. FTTX as a solution for subscriber's ACCESS networks	471

**Сьома Міжнародна науково-технічна конференція студентів
та аспірантів «ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ»**

Співголови:

- ЯКОРНОВ Є.А.** – заступник директора інституту телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», к.т.н., професор;
ТИМЧЕНКО С.А. – голова студентської ради інституту телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ».

Засідання 1.

Доповідачі:

- Мажаренко Е.В.** Обробка викликів та детальні звіти в програмному комутаторі FREESWITCH.....476
- Побута О.В.** Система захисту серверу IP-ATC ASTERISK.....476
- Георгін Д.А.** Порівняння завадостійкості згорткових кодів з м'яким та жорстким рішенням 477
- Клименко В.А.** Граф когнитивной гетерогенной сети 477
- Кукуяшный Я.А.** Вертикальный хендовер в гетерогенных сетях на основе стандарта 802.21 478
- Кушниренко И.А.** Анализ применения персонализированного алгоритма передачи обслуживания 479
- Макарук Б.М.** Анализ помехоустойчивости кодов РИДА-СОЛОМОНА в технологии WIMAX.....480
- Ніколаєнко Є. В.** Алгоритми вертикального хендовера 481
- Тимченко С. А.** Алгоритм хендовера в LTE 482
- Домарацький А.С.** Вирішення проблеми декартового добутку в SPARQL запитах 482

Засідання 2.

Доповідачі:

Великий А.А., Кутелева О.С. Можливості застосування безпроводових сенсорних мереж для моніторингу нафтових забруднень	483
Лукашук В.В. Сенсорна мережа для моніторингу електромагнітного випромінювання в мегаполісах	484
Осипчук Т.М. Алгоритм оптимізації збору даних в БСМ на основі розробленої математичної моделі	484
Полиник С.А. Оцінка якості протоколів маршрутизації для сенсорних мереж	485
Тарасюк В.О. Математичні моделі для оцінки надійності безпроводних сенсорних мереж	486
Ярмолюк С.І. Спосіб підвищення рівня захищеності мобільних сенсорних мереж	486
Кулик О.В. Алгоритм виявлення активності голосу для систем розпізнавання мови	487
Лутчак О.В., Ляшенко О. В. Дослідження гігабітного модему для радіорелейних ліній в терагерцовому діапазоні	488
Набока Б.Ю. Особенности использования терагерцового диапазона при построении распределительных транспортных сетей мобильной связи с гигабитной пропускной способностью	489

Пленарні доповіді

УДК 621.391

НАПРЯМИ АДАПТАЦІЇ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ В СФЕРІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ДО ДИРЕКТИВ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

Баранов О.А.

*Консультативна рада з питань інформатизації
при Верховній Раді України
E-mail: mail@stc.gov.ua*

DIRECTIONS ADAPTATION OF UKRAINIAN LEGISLATION IN THE FIELD OF TELECOMMUNICATIONS TO THE DIRECTIVES OF THE EUROPEAN UNION

Showing the nature and content of work on adaptation of Ukrainian legislation to EU legislation in the field of electronic communications. Are the main directions of adaptation of the legislation. A brief description of the legal problems of adaptation.

Верховною Радою України ратифіковано «Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони» (далі - Угода) [1]. Сторони Угоди зобов'язуються забезпечувати поступову адаптацію законодавства України до *acquis* ЄС відповідно до напрямів, визначених у цій Угоді, і забезпечувати ефективне її виконання.

Одним з пріоритетних напрямів адаптації є законодавство про телекомунікації, або в термінах права Євросоюзу – законодавства про електронні комунікації. Законодавство Євросоюзу у сфері електронних комунікацій складається із наступних директив [2-5]:

Про загальні правові рамки для електронних комунікаційних мереж та послуг;

Про дозвіл електронних комунікаційних мереж та послуг;

Про доступ до з'єднання електронних комунікаційних мереж та пов'язаного обладнання;

Про універсальні послуги та права користувачів, які стосуються електронних комунікаційних мереж та послуг;

В 2009 році в ці директиви були внесені поправки відповідно до змін, що відбулися на ринку електронних комунікацій, та вимог суспільного життя в країнах Євросоюзу. В цілому, зазначені зміни були спрямовані на посилення лібералізації та конкуренції ринку електронних комунікацій, зміцнення правових механізмів захисту прав споживачів послуг електронних комунікацій, розширення номенклатури та якості послуг електронних комунікацій.

Євросоюз вбачає в ринку електронних комунікацій могутній потенціал для розвитку цифрової економіки, що знайшло відображення в стратегії розвитку цього регіону «Європа -2020». Значення ринку електронних комунікацій та інформаційних комп'ютерних технологій підкреслюється тим, що в зазначеній стратегії із семи основних напрямів один має назву «Цифровий порядок денний».

Адаптація українського законодавства повинна відбуватись за наступними основними тематичними напрямками.

Зміцнення інституціональної спроможності регуляторного органу. Мова йде про встановлення законодавчих та фінансових гарантій повної незалежності регулятора не тільки від ринку, але і від виконавчої влади. Посилення його можливостей до регуляторного впливу на суб'єктів ринку електронних комунікацій.

Лібералізація доступу на ринок електронних комунікацій. Українській економіці та суспільству конче необхідно суттєво зменшити бар'єри входження на ринок телекомунікацій, що бути мати наслідком значне збільшення суб'єктів надання послуг електронних комунікацій, що благотворно вплине на рівень конкуренції.

Універсальної послуги. Одним з головних завдань ринку телекомунікацій є забезпечення можливості для кожної особи по всій території держави за доступними цінами отримати гарантований набір послуг електронних комунікацій за встановленим рівнем якості. Такі послуги отримали назву універсальних. Законодавство повинно створити умови для забезпечення гарантій отримання універсальної послуги.

Доступ та взаємоз'єднання. Телекомунікації за визначенням функціонують в умовах з'єднання одних мереж з іншими. Тому правові умови повинні забезпечити різке зниження бар'єрів щодо взаємоз'єднання мереж електронних комунікацій, а також спільного використання їх ресурсів.

Розвиток конкуренції. В Євросоюзі, як і у всьому світі, конкуренцію вважають могутнім стимулятором розвитку будь-яких ринків. Для розвитку конкуренції на ринку електронних комунікацій повинні бути внесені зміни до національного законодавства щодо встановлення процедур визначення оптових та роздрібних послуг електронних комунікацій, визначення суб'єктів ринку із суттєвою ринковою перевагою. Встановлені відповідні повноваження регулятора щодо накладання певних обтяжень на діяльність таких суб'єктів.

Використання обмеженого радіочастотного ресурсу. Дуже гостро для національного ринку електронних комунікацій стоїть питання встановлення правових механізмів щодо підвищення ефективності використання радіочастотного ресурсу. Мова насамперед йде про запровадження механізмів рефармінгу, тобто введення вторинного ринку радіочастот. Крім

того, необхідно забезпечити законодавчі умови впровадження технологічної нейтральності для радіо технологій.

Висновки. Роботи з адаптації національного законодавства до європейського законодавства у сфері електронних комунікацій мають стратегічне значення для всіх секторів економіки держави для яких телекомунікації мають дуже важливе інфраструктурне значення і тому ми повинні провести їх на високому фаховому та організаційному рівні.

Література

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.kmu.gov.ua/kmu/docs/EA/00_Ukraine-EU_Association_Agreement_\(body\).pdf](http://www.kmu.gov.ua/kmu/docs/EA/00_Ukraine-EU_Association_Agreement_(body).pdf)
2. Directive 2002/22/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on universal service and users' rights relating to electronic communications networks and services (Universal Service Directive) [Электронный ресурс] / Европейский парламент и Совет. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0022:EN:HTML>
3. Directive 2002/19/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on access to, and interconnection of, electronic communications networks and associated facilities (Access Directive) [Электронный ресурс] / Европейский парламент и Совет. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0019:EN:HTML>
4. Directive 2002/20/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on the authorisation of electronic communications networks and services (Authorization Directive) [Электронный ресурс] // Official Journal L 108 , 24/04/2002 P. 0021 – 0032. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0020:EN:HTML>
5. Directive 2002/21/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on a common regulatory framework for electronic communications networks and services [Электронный ресурс] (Framework Directive) / Европейский парламент и Совет. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:108:0033:0033: EN:PDF>
6. Directive 2009/136/EC of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 amending Directive 2002/22/EC on universal service and users' rights relating to electronic communications networks and services, Directive 2002/58/EC concerning the processing of personal data and the protection of privacy in the electronic communications sector and Regulation (EC) No 2006/2004 on cooperation between national authorities responsible for the enforcement of consumer protection laws [Электронный ресурс] / Европейский Парламент и Совет // Official Journal L 337 , 18/12/2009 P. 0011 – 0036. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:337:0011:0036:En:PDF>
7. Directive 2009/140/EC of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 amending Directives 2002/21/EC on a common regulatory framework for electronic communications networks and services, 2002/19/EC on access to, and interconnection of, electronic communications networks and associated facilities, and 2002/20/EC on the authorization of electronic communications networks and services Text with EEA relevance [Электронный ресурс] // Official Journal L 337 , 18/12/2009 P. 0037 – 0069. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:337:0037:0069: EN: PDF>

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ РОЗВИТОК КОНЦЕПЦІЙ ТА ПІДХОДІВ ДО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail:sakravchuk@ukr.net

Evolutionary development of concepts and approaches to telecommunication systems

The results of the evolutionary analysis of concepts and approaches for transport telecommunication systems (TS) in the light of the new provisions and views on the establishment of the infrastructure of the modern information society. Stated that the basis of current and future TC constitute concepts and approaches oriented packet switching technology and distributed smart ubiquitous self-organizing multidimensional architectures. The main driving force behind the evolution of the vehicle is the desire to increase the capacity of systems and their ubiquitous.

У своєму розвитку транспортні телекомунікаційні системи (ТС) пройшли шлях еволюції від окремих аналогових систем передачі та комутації каналів до інтегрованих цифрових мультисервісних мереж із самоорганізацією на базі комутації пакетів.

Основними зовнішніми рушійними силами прискорення еволюційного процесу в телекомунікаціях є лібералізація зв'язку та глобалізація суспільства. Значний вплив на розвиток телекомунікацій надає концепція побудови Глобальної інформаційної інфраструктури ГІІ (Global Information Infrastructure), яка є комплексним рішенням з розвитку індустрії телекомунікаційних і інформаційних послуг нового покоління у світовому масштабі [1, 2]. ГІІ можна розглядати у вигляді композиції (перехрестя) ряду базових технологій, інтеграція яких в рамках концепції ГІІ обіцяє якісні зміни умов діяльності і життя людини.

Загальна стратегія практичного втілення ГІІ в життя припускає еволюційний шлях розвитку, тобто побудову ГІІ на основі вже існуючих систем і технологій за допомогою їх послідовної модернізації і інтеграції на базі нових принципів і стандартів. Зокрема, потенційними сервісами ГІІ можуть служити послуги сучасної телефонії, послуги передачі даних і сервіси застосувань мережі Інтернет.

Метою даної роботи є представлення аналізу еволюційного розвитку концепцій та підходів транспортних телекомунікаційних систем в світлі нових положень та поглядів щодо становлення інфраструктури сучасного інформаційного суспільства.

Часова лінійка, починаючи з 1970 р., запроваджень концепцій та технологій транспортних ТС показана на рис. 1. На даному рисунку відображені наступні технології ТС: синхронна цифрова ієрархія SDH – Synchronous Digital Hierarchy; плезіохронна цифрова ієрархія PDH – Plesiochronous Digital Hierarchy; Інтернет-протокол IP – Internet Protocol;

ретрансляція кадрів FR –

Frame Relay; цифрова мережа інтегрованих послуг ISDN – Integrated Services Digital Network; інтелектуальна мережа IN – Intelligent Network; асинхронна передача даних ATM – Asynchronous Transfer Mode; багатопроTOCOLьна комутація по мітках MPLS – Multiprotocol Label Switching; мережі наступного покоління NGN – Next Generation Networks; голос поверх IP VoIP – Voice over IP; IP мультимедійна підсистема IMS – IP Multimedia Subsystem; розумні всепроникні мережі SUN – Smart Ubiquitous Networks (post-NGN); мережа майбутнього FN – Future Network.

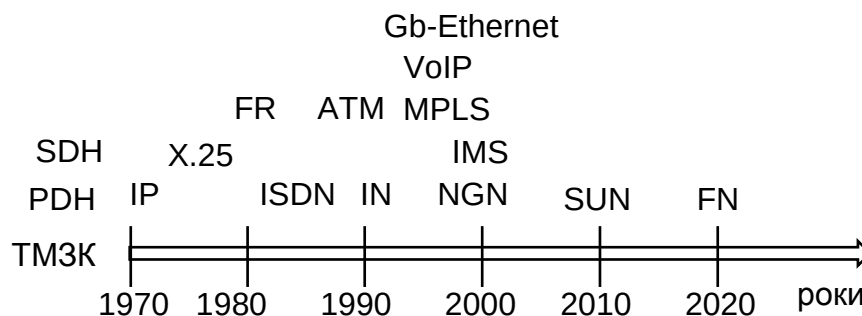


Рис. 1. Часова лінійка запроваджень концепцій та технологій транспортних ТС (SDH – Synchronous Digital Hierarchy; PDH – Plesiochronous Digital Hierarchy; IP – Internet Protocol; FR – Frame Relay; ISDN – Integrated Services Digital Network; IN – Intelligent Network; ATM – Asynchronous Transfer Mode; MPLS – Multiprotocol Label Switching; NGN – Next Generation Networks; VoIP – Voice over IP; IMS – IP Multimedia Subsystem; SUN – Smart Ubiquitous Networks (post-NGN); FN – Future Network; TM3K – телефонна мережа загального користування)

На рис. 2 зображено дерево еволюційного розвитку зі злиттям концепцій та технологій транспортних ТС. Базовими принципами, з яких проросли сучасні ТС, є комутація каналів і комутація пакетів. Комутація каналів лягла в основу розвитку телефонної мережі загального користування (ТМЗК), яка в своєму розвитку пройшла шлях від аналогової системи передачі до цифрової (PDH, SDH) [3, 4]. Подальшим розвитком ТМЗК стала поява технології ISDN, а надалі – IN, яка вперше в сфері телефонії дозволила відокремити послуги від транспорту. Комутація пакетів породила інший шлях розвитку ТС. Перш за все це системи передачі даних, які пізніше сформуvalи первинні комп'ютерні мережі (КМ) локального рівня. Першими пакетними транспортними ТС стали X.25 і FR, які продемонстрували великі можливості щодо гнучкої пакетної передачі інформації на значні відстані. Поява мереж IP та ATM призвело до розширення функціональності (мультимедійності) пакетних мереж, створення глобальних пакетних мереж та підвищення конкуренції з ТМЗК. Однак подальший розвиток та практична реалізація пакетних мереж надали прерогативу IP-технологіям над ATM [5, 6]. При цьому по мірі свого розвитку від технологій локальних комп'ютерних мереж

до глобальних все більше поширення набуває Ethernet, особливо його останні Гігабітні модифікації.

Переломною точкою еволюції ТС стала часова точка (приблизно 2000...2002 рр.), коли світовий пакетний трафік перевищив голосовий. Стало очевидно, що подальший розвиток традиційних ТС з комутацією каналів потребує принципового оновлення, щоб протистояти технологіям КМ. Такою спробою й стала концепція універсальної мережі NGN, яка повинна була створити управління різними мультисервісними послугами не залежно від технологій передачі [7]. Її поява стала значним досягненням щодо переходу принципів класичної телефонії до пакетної основи, але NGN зберегла принципи масштабованості ТМЗК і не змогла стати єдиною концепцією для розвитку всіх телекомунікацій. ТС на основі технологій КМ продовжили свій незалежний розвиток, базуючись на потужній зв'язці IP/Ethernet/MPLS, а мобільні системи стільникового зв'язку у своїй інтеграції до IP-мереж створили ряд самостійних рішень, зокрема, IMS, UMA, Mobile IP.

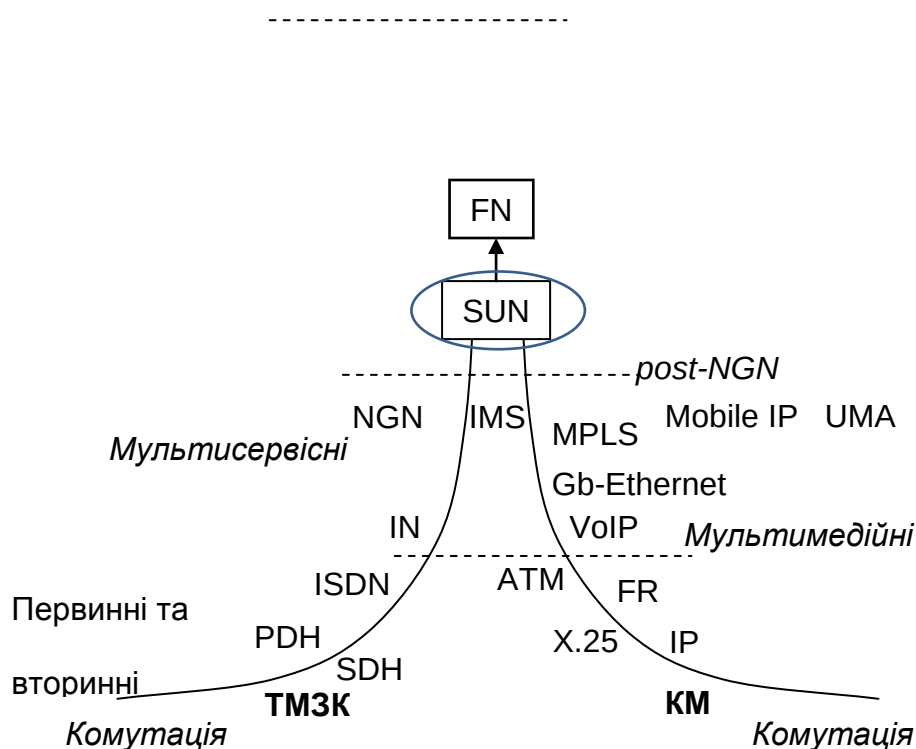


Рис. 2. Еволюційне дерево злиття концепцій та технологій транспортних ТС (позначення відповідають рис. 2.1; КМ – комп'ютерні мережі передачі даних; UMA – Unlicensed Mobile Access)

Інформаційне поле навколо людини різноманітно і вимагає каналів обміну з різною швидкістю і різною продуктивністю, з чого слідує, що їх об'єднання нераціонально. МСЕ, ETSI прогнозують наступний розвиток систем телекомунікацій і мереж зв'язку (нерозривно пов'язане з появою нових

інформаційних послуг). Мережі NGN залишаються лише невеликим компонентом всепроникаючих сенсорних мереж USN (Ubiquitous Sensor Networks). Така мережа включає в себе: різні автоматичні системи управління, логістику, транспортні авто-, авіа-, морські та залізничні мережі, контроль даних довкілля, даних про стан і місцезнаходження кожної людини, контроль за популяціями тварин, контроль за рослинами в природі і в сільському господарстві, контроль і управління різними механізмами, окремо військовими. Повний перелік ще не склався, ніколи не закінчиться його формування [8, 9].

Починаючи з 2011 р. МСЕ почав розглядати можливість заміни парадигми NGN зовсім іншою концепцією, яка передбачає розвиток інтелектуальних всепроникаючих мереж SUN (Smart Ubiquitous Networks). Всі рішення з управління такими мережами реалізуються на програмному рівні за допомогою спеціальних застосувань, які можна знайти на спеціалізованих сайтах і їх число, як очікується, буде тільки збільшуватися. Ця концепція включає в себе і ідею NGN, як одну зі складових частин єдиної системи, модернізованої до рівня підтримки міжмашинних комунікацій МОС (Machine Oriented Communications). Насувається новий період розвитку телекомунікацій - зв'язок між машинами, для машин. Головна відмінність цього періоду в тисячократному збільшенні числа прикінцевих пристроїв. Збільшення обсягу інформації, що передається, точно невідомо, але можна припустити, що воно лише удесятериться.

Мережі SUN не є кінцевою метою сучасного розвитку ТС. Вони є лише проміжною ланкою між концепціями NGN і FN. Мережі FN повинні забезпечити управління середовищем проживання людей, створення єдиного інформаційно-телекомунікаційного простору, взаємопроникнення ідей і технологій автоматизації та телекомунікацій.

Література

1. Targowski A. Global Civilization in the 21st Century. – London: Nova Science Publishers, 2014. – 223 p.
2. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: Наукова думка, 2008. – 328 с.
3. Беркман Л. Н., Бондаренко В.Г., Стеклов В.К. Інтелектуальна мережа // Зв'язок. – 1996. – № 2. – С. 24–26.
4. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети. – М.: Россия и связь. – 2005. – 489 с.
5. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
6. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г.Г. Сети связи. – СПб.: «БХВ – Петербург», 2010. – 400 с.
7. Гулевич Д.С. Сети следующего поколения. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 183 с.
8. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 160с.
9. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Конвергенція фіксованих і мобільних інформаційно-

телекомунікаційних платформ та мереж // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2013. - № 5.– С. 7-13.

ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ УСЛУГ WiFi КАК ОПЕРАТОРСКИЙ ВИД БИЗНЕСА

Алексей Ефременко

ДП «Алкатель-Лусент Украина»

E-mail: Oleksiy.Yefremenko@alcatel-lucent.com

Предоставление доступа в Интернет через беспроводную инфраструктуру WiFi является одним из важных видов услуг как для сервис-провайдеров проводного доступа в интернет, так и мобильных операторов. Операторам проводного доступа WiFi позволяет конкурировать с мобильными операторами, дает возможность предоставлять услуги не только в пределах домашней сети, но также и в публичных местах. Операторы мобильной связи используют технологию WiFi для разгрузки своей мобильной инфраструктуры, перенося часть трафика в беспроводные сети WiFi. С другой стороны, сегменты сети WiFi с направленными антеннами, позволяют экономично предоставить услуги высокоскоростного домашнего Интернета, конкурируя, тем самым, с операторами проводной связи.

Представители маркетинговых департаментов мобильных операторов часто заявляют, что их абоненты консервативны в выборе услуг, что более 90% владельцев iPhone не пользуются возможностью выхода в Интернет с мобильного устройства. Так ли это на самом деле? Неужели все те, кто сегодня читает книги с телефона, слушает музыку, смотрят видео и играют в игры никогда не выходят с телефона во всемирную паутину? Обратите внимание, например, на статус своих друзей в Facebook. Как правило две трети из них подключены со своего мобильного. Тот факт, что владельцы мобильных телефонов, подключаясь к сети WiFi, практически перестают быть абонентами мобильного оператора и становятся абонентами Google, Facebook, Twitter и пр, ярко показывает, что такой вид доступа в сеть обладает большим потенциалом для развития новых видов услуг.

Сегодня распространение портативных устройств стирает грани между домашними - стационарными и мобильными - носимыми устройствами. Такие устройства как планшеты и ультрабуки используют WiFi как единственный штатный интерфейс для доступа в сеть. С одной стороны, телевизоры сегодня также утратили роль единственного устройства для просмотра видеоматериалов, а с другой стороны, они стали частью домашней сети и используются в частности для просмотра видео из Интернет. Появление технологии Voice over WiFi в составе современных смартфонов, позволяет мобильным операторам предоставлять традиционные голосовые услуги через сети WiFi даже в тех случаях, когда абонент находится в роуминге в другой стране или просто использует WiFi подключение от другого оператора.

Однако сегодня сети WiFi по-прежнему рассматриваются операторами в Украине лишь как дополнительная услуга, которая просто повышает лояльность своих абонентов, предоставляет некоторую степень свободы. Что же мешает операторам “приручить” WiFi и получить максимальную выгоду? Какие виды услуг можно сегодня предоставлять абонентам, подключенным через сети WiFi и что для этого важно учесть?

Рассмотрим практические аспекты реализации WiFi как услуги.

Прежде всего, оператору надо обеспечить покрытие территории. Начинать надо с домашней сети, затем обеспечить доступ в публичных местах, центральных улицах и парках. Такое решение должно позволить использовать оборудование разных производителей, чтобы сегментировать рынок и предоставить оптимальное по цене решение как домашних абонентов, корпоративных заказчиков; в районных центрах и сельской местности. При этом необходимо обеспечить мобильность при переходе между точками доступа и бесшовное переключение сессии передачи данных между сетью WiFi и мобильной сетью.

Второй важный аспект - это безопасность, которая должна быть не хуже, чем в современных сетях LTE/3G. Для этого передача данных в радиоканале должна быть зашифрована с применением надежных методов авторизации. Желательно не использовать пароли для авторизации в сети, а применять аутентификацию по SIM карте или цифровому сертификату. Важно поддерживать основной и один или два резервных метода аутентификации пользователей. Например, если авторизация по цифровому сертификату была неуспешной, то автоматически должна применяться схема авторизации через web портал.

Для экономии операционных и капитальных затрат, очень важно, чтобы предоставление услуг в сети WiFi контролировалось существующими у операторов подсистемами OSS/BSS (как правило через существующий RADIUS/DIAMETR сервер). Для управления услугами необходимо чтобы система позволяла контролировать подключение каждого из устройств пользователя, ограничивать количество подключенных устройств, обеспечила возможность дифференцировать сервис для телефона, планшета или ноутбука.

Обеспечение качества и простоты использования – один из важнейших критериев успешности внедрения новой услуги, и именно эти факторы препятствуют распространению WiFi как операторской услуги. Необходимо иметь возможность обеспечить приоритет в обслуживании премиум абонентам, а также предоставить приемлемый сервис для абонентов, пользующихся сетью условно бесплатно. Нельзя позволять любому из устройств монополизировать разделяемый ресурс WiFi точки доступа. Популярным решением этой задачи является комбинация профилей качества

для абонентов и функционала Deep Packet Inspection, что позволяет контролировать ресурсы сети, занятые конкретным устройством или приложением.

Оператор должен выполнять требования государственных органов по обеспечению законного перехвата, поэтому количество точек, в которых происходит авторизация абонентов и подключение в сеть Интернет, должно быть ограничено. При этом узел аутентификации и контроля услуг абонентов должен быть достаточно масштабируемым.

Все перечисленные выше задачи решаются новым классом устройств в инфраструктуре операторов – **шлюз в сети WiFi (или WLAN Gateway)**, которые, в зависимости от модели предоставления услуг, бывают двух типов:

1. Если оператор разворачивает услуги на базе собственной инфраструктуры точек доступа WiFi, то в этом случае используется так называемый **Trusted WLAN Gateway**. В такой схеме от каждой точки доступа WiFi организовывается прозрачный Ethernet канал (L2) или GRE туннель к WLAN Gateway. Оператор может контролировать услуги для каждого устройства (как для мобильного телефона, так, например, и для компьютера) абонента в отдельности и управлять качеством услуги. Эта модель предоставления услуг может быть использована как проводными так и мобильными операторами.
2. Вторая схема, в которой оператор предоставляет услуги через неподконтрольную WiFi инфраструктуру, в большей степени ориентирована на мобильных операторов. В данном решении мобильный терминал должен сначала установить зашифрованный туннель через публичную сеть к шлюзу мобильного оператора – **Untrusted WLAN Gateway**. Мобильный оператор сможет предоставлять услуги доступа к собственным информационным ресурсам и традиционную голосовую связь для устройств вне зоны покрытия сотовой сети данного оператора.

Компания Alcatel-Lucent в рамках своего портфолио предлагает оба варианта решения. Для реализации любого из вариантов необходим один сервисный маршрутизатор Alcatel-Lucent 7750SR. Дополнительные расширенные возможности данному решению представляют платы Application Assurance, которые позволяют также реализовать функции «Родительский контроль»: рекламные и информационные сообщения в браузере, перевод на портал при наступлении запрограммированного события (нулевой баланс, превышение лимита по трафику или времени использования), предоставление гарантированной полосы пропускания для видео-аудио и конференц-звонков, сетевой экран, трансляцию адресов (NAT), подключение в корпоративную виртуальную сеть и пр.

РОЗРОБКА ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ТА ПРИЙМАЛЬНОГО ТРАКТІВ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНУ

Ільченко М.Ю., Наритник Т. М., Радзіховський В.М.,

Кузьмін С.Є., Лутчак О.В.

НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ»

E-mail: director@mitris.com

Development of the transmitting and receiving channels relay systems terahertz range

The results of investigations of receiving and transmitting channels of the digital telecommunications system with Gigabit bandwidth in the frequency range 130-GHz created on the basis of the developed sites (lo, built on the basis of a circuit composed of a highly stable oscillator with panagoulia and amplification cascades, frequency converters, intermediate frequency amplifier, Smuga-pass filter, conical rупorno antenna).

Однією із перспективних сфер застосування терагерцових технологій є системи зв'язку і телекомунікацій [4, 9]. Зокрема передбачається створення принципово нових за габаритами, завадозахищеності та енергоефективності пристроїв суб- та терагерцового діапазону для високошвидкісної передачі відеосигналів, для радіорелейних систем прямої видимості, для транспортних мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G), для сенсорних мереж та високоточних радарах. Такі розробки ведуться в США під егідою DARPA, в Англії, Німеччині, Росії, Китаї для застосування у військових і цивільних цілях. Тому тема розробки передавального та приймального трактів радіорелейної системи терагерцового діапазону є надзвичайно важливою.

Передавальний та приймальний тракти складають аналогову (лінійну) частину радіорелейної системи. Ці тракти побудовані за гетеродинною схемою в терагерцовому діапазоні частот в межах 130...134 ГГц, діапазон проміжних частот складає 2...4 ГГц. В роботі на основі проведеного комп'ютерного та фізичного моделювання проведена розробка та експериментальне дослідження основних функціональних вузлів приймального та передавального трактів: частотні перетворювачі сигналу, високочастотні підсилювачі, гетеродин на основі використання високостабільного задаючого кварцового генератора з подальшим ланцюгом помножувальних і підсилювальних каскадів, підсилювач проміжної частоти, високочастотний смугопропускаючий фільтр конічна рупорна антена.

Одержано наступні результати: Виміряне значення втрат перетворення частотних перетворювачів сигналу складає - 11 дБ, що відповідає кращим досягненням зарубіжних аналогів; підсилювач на монолітній ріп мікросхемі забезпечував в частотному діапазоні 87...100 ГГц підсилення сигналу на 27дБ з коефіцієнтом шуму 5,5 дБ; виміряні значення вихідних потужностей гетеродина (рисунок 1) для трактів прийому і передачі перевищували 15 мВт, що цілком достатньо для нормальної роботи частотних перетворювачів приймального та передавального трактів; фільтр задовольняє

вимогам вибіркової, з метою забезпечення достатнього придушення дзеркального каналу та другої гармоніки гетеродина, а його втрати в терагерцовому частотному діапазоні передавача не перевищують 4 дБ; коефіцієнт підсилення антени в діапазоні робочих частот 130 – 134 ГГц не менше 47 дБ.

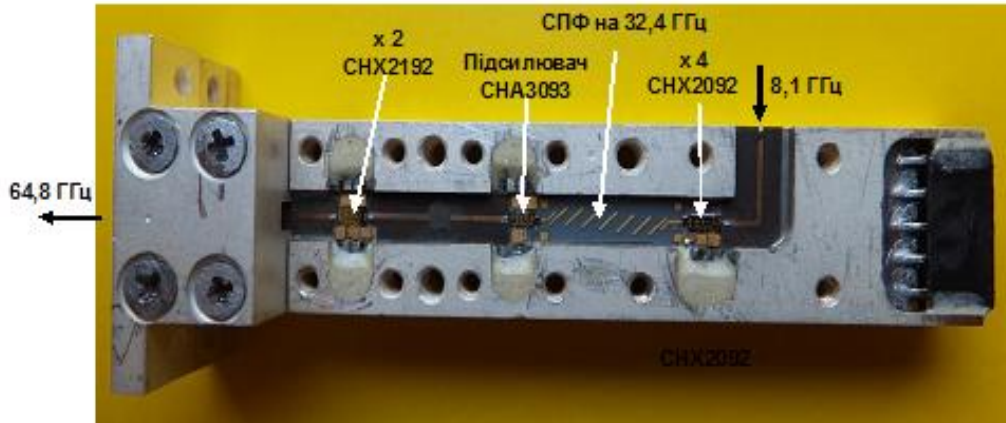


Рис.1 Конструкція високо стабільного гетеродина

На базі розроблених функціональних вузлів були побудовані приймальний та передавальний тракти радіорелейної системи. Приймач та передавач системи мають однакову конструктивну побудову. Модульне виконання окремих вузлів з максимальним використанням монолітних мікросхем забезпечує компактність конструкції, а також зручність її зборки і монтажу. Тракти мають коаксіальні вхід (вихід) з роз'ємами SMA на проміжних частотах, і хвильовий вхід (вихід) в каналі 1,6 x 0,8 мм на терагерцових частотах. Для забезпечення якісної роботи приймача та передавача було розроблено вторинні джерела живлення, які формують необхідні високостабільні напруги для всіх вузлів трактів.

Проведено експериментальні дослідження коефіцієнту передачі приймально-передавального тракту радіорелейної системи в цілому. Експериментальні дослідження трактів радіорелейної системи цілому (рисунок 2) показали наступні значення головних характеристик в робочому діапазоні частот:

- шумова температура приймального тракту $T_{ш} = 5000 \text{ К};$
- вихідна потужність передавального тракту $P_{вих} = 40 \text{ мкВт.}$
- сумарний коефіцієнт передачі не менше 18 дБ.
- нерівномірність коефіцієнта передачі не перевищує 3 дБ.

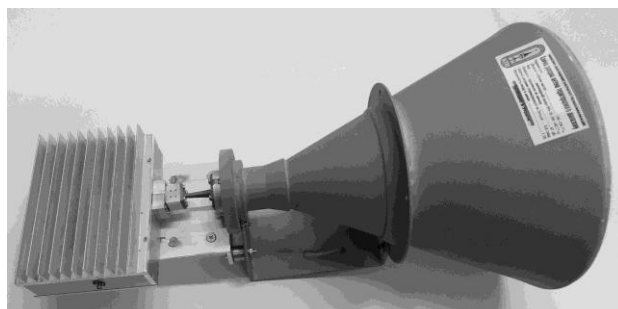


Рис. 2 Зовнішній вигляд приймального (передавального) тракту

На основі узагальнення результатів, аналізу наявної радіорелейної елементної бази та теоретичних досліджень і експериментальних робіт проведено проектування основних вузлів і всього приймально-передавального тракту телекомунікаційної системи із гігабітною пропускнуою здатністю в діапазоні частот 130-134 ГГц, розроблена структурна схема приймально-передавального тракту системи: частотні перетворювачі з субгармонійною накачкою, гетеродин, що використовує високостабільний задаючий кварцовий генератор з подальшим ланцюгом помножувальних і підсилювальних каскадів, смугопропускаючий фільтр з використанням тонкої металевої пластини в Е-площині хвилеводного каналу.

Вперше в практичному плані виготовлено та проведено експериментальні дослідження лабораторного зразка цифрової симплексної радіорелейної системи терагерцового діапазону у складі: приймальний та передавальний радіотракти в діапазоні частот 130-134 ГГц, цифровий модем з пропускнуою каналною здатністю до 1200 Мбіт/с.

Література

1. Transceiver for 130-134 GHz band and digital radiorelay system. M.Ye. Ilchenko, T.N. Narytnik, S.Ye. Kuzmin, A.I. Fisun, O.I. Belous, V.N. Radzikhovsky// Telecommunications and Radio Engineering.- Volume 72.- Number 17.- 2013.-P.1623-1638.
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. Ильченко М.Е., Кузьмин С.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н. Приемо-передатчик для цифровой радиорелейной системы терагерцового диапазона// TELECOMMUNICATION SCIENCES Volume 72, Number 18, 2013.-P.1651-1663.
4. 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.
5. Ильченко М.Е., Кузьмин С.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н. Приемо-передатчик для цифровой радиорелейной системы терагерцового диапазона //Матеріали 23-ої Міжнародної Кримської конференції (КриМіко-2013) «СВЧ-техніка і телекомунікаційні технології». 2013. т.1,с.318-319.
6. Нарытник Т.Н., Ильченко М.Е., Радзиховский В.Н. Исследование радиосигнала связи для перспективных телекоммуникационных систем терагерцового диапазона// Матеріали Восьмої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.- К.:НТУУ «КПІ», с.137-140.
7. Приймально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку із підвищеною спектральною ефективністю та пропускнуою здатністю/ Ильченко М.Ю., Нарытник Т.М., Казіміренко В.Я., Войтенко О.Г., Радзіховський В.В., Свириденко В.В. Патент України на корисну модель №849923, Бюл.№.21 з пріоритетом від 11.11.2013р.
8. Канал передачі даних в терагерцовому діапазоні з пропускнуою здатністю більше 1 Гбіт/с / Ильченко М.Ю., Нарытник Т.М., Казіміренко В.Я., Радзіховський В.В., Кузьмін С.Є./ Патент України на корисну модель №849923, Бюл.№.21 з пріоритетом від 11.11.2013р.

COGNITIVE LTE-A SYSTEMS

Karunakaran P., Gerstacker W.H.

Institute for Digital Communications, University of Erlangen-Nuremberg

E-mail: gersta@LNT.de

We consider the application of cognitive radio technology in future LTE-A systems. The carrier aggregation (CA) features of LTE-A can be exploited for enabling a cognitive operation in a subset of component carriers. Spectrum sharing between different network operators, device-to-device communications and the use of unlicensed bands for LTE-A are potential applications for such an operation. Sensing is expected to play an important role in such systems. To this end we explore the possibilities of spectrum sensing, especially the sensing while receiving a desired signal, in LTE-A systems. The results are expected to play an important role in the development of protocols for cognitive operation in LTE-A systems.

КОГНИТИВНЫЕ LTE-A СИСТЕМЫ

В статье рассматривается применение когнитивной радио технологии в будущих LTE-A системах. Свойства объединения несущих в LTE-A могут быть использованы для обеспечения когнитивного функционирования на подмножестве поднесущих. Распределение спектра между различными операторами сети, связь типа устройство-устройство, а также использование нелицензированных полос пропускания для LTE-A являются возможными сферами применения таких систем. Ожидается, что распознавание сыграет важную роль в таких системах. Для этого мы исследуем возможности спектрального распознавания, в особенности распознавания во время приема полезного сигнала в LTE-A системах. Ожидается, что полученные результаты сыграют ключевую роль в развитии протоколов для когнитивного функционирования в LTE-A системах.

The scarcity of spectrum and the rapidly increasing data rate demand on cellular communication systems have driven the development of the latest cellular system standards with enhanced spectral efficiency air interfaces as well as a shift towards heterogeneous networks [1][2]. At the same time, cellular operators are interested in finding ways to reduce the spectrum and infrastructure costs. In this regard, network sharing between operators [3][4], offloading of cellular traffic using WiFi in unlicensed bands etc. [5] have attracted interest. New approaches and business models are being investigated to meet these important challenges faced by future cellular systems. One of the approaches being considered is the use of cognitive radio (CR) techniques for cellular systems.

The idea of cognitive radio was proposed to opportunistically exploit the unused spectral resources in a traditional system with fixed spectrum allocation [6][7]. In such systems, the secondary users must decide on whether to transmit on a spectral resource or not. The most important requirement is to keep the interference to the primary users below a certain acceptable level. A cognitive

radio system accomplishes this task by sensing the primary users' activity using the signal received at the secondary user or by querying the spectral occupancy information from a database containing information about the primary users' activity. A combination of both methods can also be considered. Due to the paramount importance of sensing for a CR system, it has been the focus of a vast amount of work in the literature. The majority of prior studies addresses the problem of sensing before transmission where the objective is to determine whether a primary signal is present or not [11], which we refer to as Type 1 sensing in this work. Recent studies have been considering a new type of sensing where the sensing is performed while the transmission of the secondary user takes place [8], which we refer to as Type 2 sensing. Traditional cognitive radio protocols consist of a sensing phase with Type 1 sensing followed by the data transmission phase. Type 2 sensing can reduce the time required for the sensing phase and increase the data transmission time, thereby further improving the spectrum utilization and the quality of service (QoS) of the CR user [12]. Hence, it is important to study the possibilities for such sensing in cognitive LTE-A systems. We explore different scenarios of cognitive operation in LTE-A systems. It is argued that the cross-carrier scheduling feature of LTE-A systems with carrier aggregation (CA) can be highly beneficial for cognitive spectrum sharing. Subsequently, we focus on energy detection algorithms for Type 2 sensing in LTE-A.

Energy detection is one of the most important methods covered in the sensing literature [13] and appealing due to its low computational complexity. The main drawback is its sensitivity to noise variance uncertainties. Nevertheless, energy detection is still attractive for practical implementations due to its simplicity. We have developed beamforming based energy detection (ED-BF) algorithms for Type 2 sensing in cognitive LTE-A systems, and the performance of the proposed schemes has been compared to that of the optimum but much more complex likelihood ratio test (LRT) algorithm under practical channel conditions and with realistic channel estimation.

Main part. In the following, we study scenarios for cognitive operation in LTE-A in more detail. Cognitive spectrum sharing becomes particularly interesting in the context of carrier aggregation (CA) in LTE-A systems. Using CA an operator can aggregate up to 5 component carriers of 20 MHz each. This creates opportunities to dynamically share a few of the component carriers. Those services with strict QoS requirements could be delivered through the unshared component carriers while services with lower QoS requirements are suitable candidates for cognitive operation. In the following, we identify scenarios for LTE-A which can

benefit from a cognitive approach and discuss the various implications.

Physical downlink shared channel (PDSCH) sharing between operators

Spectrum acquisition being highly capital intensive to an operator, the increased capacity provided by CA is beneficial only if there is a sufficient demand of the users. Depending on the load, an operator could possibly use one or more component carriers in a spectrum shared manner together with another operator. The operators involved are expected to make suitable agreements on spectrum pricing, interference limits etc. In [9], we discussed the possibility of long-term spectrum sharing and short-term spectrum sharing, respectively. Long-term sharing refers to the case where sharing is applied only in the time domain and the transmission phase is of the order of several thousands of radio frames. Here, it will be possible to completely turn off the base stations as the time scales are large. In the more challenging short-term sharing, spectrum is shared in units of physical resource blocks (PRBs) in LTE. Switching the base stations on and off in such small time intervals may not be feasible. When the base station is on, it must also transmit signals such as common reference signals (CRSs), synchronization signals etc. even though the PDSCH resource elements of the PRBs are free. Thus, for short-term spectrum sharing, sensing and sharing must be performed exclusively on the PDSCH resource element positions in the PRBs of the other base station which necessitates time-frequency synchronization of the participating base stations.

Another important problem that arises from the shared operation is the collision of the control channels. In LTE, the control channels are transmitted across the resource elements of the first three OFDM symbols of a subframe. Transmitting control channels by both operators on the shared carrier would inevitably result in control channel collisions which adversely affect the control channel coverage. However, this problem can be avoided by using the cross-carrier scheduling feature in CA where data channels in one component carrier can be scheduled via control channels of another component carrier. If one of the operators has another exclusive component carrier, transmitting its control channels via this carrier avoids the control channel collisions. PDSCHs which are frequency domain scheduled and enjoy the benefits of the hybrid automatic repeat request (HARQ) technique are well suited for a spectrum shared operation. Thus, in principle, such a shared operation can be supported in LTE-A.

Inband cognitive device-to-device (D2D) communication

Inband D2D communication is an area which has attracted significant research interest recently. There are several use cases where D2D communication is beneficial and can result in higher spectral efficiency, energy efficiency, cellular

traffic offloading etc. [10]. Here, the main challenge is the management of interference caused to a cellular communication. The D2D communication scenario is closely related to cognitive radio systems except that it can benefit from additional cellular supervision. It can be easily recognized that sensing capability would be beneficial in the D2D context.

LTE-A in unlicensed spectrum

LTE-A in unlicensed bands is being considered for providing higher network capacity by allowing LTE-A small cells to exploit the white spaces in the unlicensed spectrum, particularly in the 5 GHz band. Harmonious coexistence with existing WiFi networks is considered to be extremely important. Sensing issues related to LTE-A unlicensed operation are targeted for LTE-A Rel. 13. Unlike D2D communication and PDSCH sharing, this is a scenario with asynchronous interference between two different systems and hence interference will not be limited to PDSCH resource elements alone. This means that Type 2 sensing can also exploit OFDM symbols reserved for control channels. Since the control channel can be provided over the licensed carrier, in the unlicensed carrier, it will be possible to turn off the control channel transmission in the first three OFDM symbols of a subframe. In that case, control channel symbols present itself as useful sensing positions and can be directly used for Type 1 sensing over the whole band (additional CRS cancellation might be needed if CRS is transmitted in those symbols).

In the following, some considerations on Type 2 sensing based on beamforming are presented. Our energy detector with beamforming exploits the multiple antennas at the receiver to enhance the sensing performance. In [8], we studied beamformers for maximizing the probability of detection for a constant target probability of false alarm in a frequency-nonselective fading channel. It was shown that the best of the considered suboptimal beamformers is the solution to a maximum Rayleigh quotient problem. However, this approach requires knowledge of the channel of the interfering cell. This channel knowledge can be obtained with sufficient accuracy only in cases where the interfering base station is relatively close by and its reference signals are known at the sensing device. For LTE-A unlicensed operation, this is out of the scope as the interference is generated by a completely different system. With serving cell channel knowledge alone, the best approach is to choose the beamformer that minimizes the serving cell signal energy. In LTE-A, the number of spatial multiplexing streams transmitted is known as the number of transmission layers or the transmission rank. If the number of receive antennas is greater than the number of transmission layers, ED-BF transforms the sensing to a Type 1 sensing problem by spatial suppression.

Detailed performance results will be discussed in the presentation.

Conclusions. In this work, we have explored various possibilities for cognitive spectrum sharing for future LTE-A systems. The carrier aggregation feature available in LTE-A can be made use of in a cognitive operation to ensure that the control channel coverage and QoS critical applications are not affected. It is shown that different possibilities exist for LTE-A that can provide reasonable sensing performance for a wide range of conditions. Specifically, we studied energy detectors based on beamforming. It is to be noted that the proposed algorithms can also be applied for an asynchronous spectrum sharing scenario with another non-LTE-A system. The study presented here is expected to be useful for the further standardization of LTE-A aimed at cognitive scenarios.

References

1. Cisco white paper, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013-2018", 2014.
2. A. Khandekar, N. Bhushan, T. Ji and V. Vanghi, "LTE-Advanced: Heterogeneous networks", Proc. of European Wireless Conference, April 2010.
3. D. Meddour, R. Tinku, and G. Yvon, "On the role of infrastructure sharing for mobile network operators in emerging markets", Computer Networks, 2011.
4. J. Markendahl, Ö. Mäkitalo, B.G. Mölleryd and J. Werding, "Mobile broadband expansion calls for more spectrum or base stations – analysis of the value of spectrum and the role of spectrum aggregation", Proc. of 21st European Regional ITS Conference, Copenhagen, 2010.
5. B. Han, et al. "Cellular traffic offloading through opportunistic communications: a case study", Proc. of 5th ACM workshop on Challenged networks, ACM, 2010.
6. M. Song, C. Xin, Y. Zhao and X. Cheng, "Dynamic spectrum access: from cognitive radio to network radio", IEEE Wireless Commun., February 2012.
7. I.F. Akyildiz, W.Y. Lee, M.C. Vuran and S. Mohanty, "NeXt generation/ dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey", Computer Networks, vol. 50, issue 13, September 2006.
8. P. Karunakaran, T. Wagner, A. Scherb and W.H. Gerstacker, "Simultaneous reception and sensing using multiple antennas in cognitive cellular networks", Proc. of 9th International ICST Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM), June 2014.
9. P. Karunakaran, T. Wagner, A. Scherb and W.H. Gerstacker, "Sensing for spectrum sharing in cognitive LTE-A cellular networks", Proc. of IEEE Wireless Comm. and Networking Conference (WCNC), April 2014.
10. A. Asadi, Q. Wang and V. Mancuso, "A survey on device-to-device communication in cellular networks", available at <http://arxiv.org/abs/1310.0720>, 2014.
11. T. Yucek, and H. Arslan, "A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications", IEEE Commun. Surveys & Tutorials, 2009.
12. W. Lee and D.H. Cho, "Enhanced spectrum sensing scheme in cognitive radio systems with MIMO antennae", IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol. 60, March 2011.
13. F.F. Digham, M.S. Alouini and M.K. Simon, "On the energy detection of unknown signals over fading channels", Proc. of IEEE International Conference on Communications (ICC '03), May 2003.

СЦЕНАРИИ ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ В ЗОНЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Урывский Л.А. (ORCID: 0000-0002-4073-9681),

Осипчук С.А. (ORCID: 0000-0002-6174-2986)

Институт Телекоммуникационных Систем, НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: serg.osypchuk@gmail.com

Scenarios of achievement a maximal performance in the service area

Scenarios of maximal system productivity are described and analyzed based on comparison the cases with static and dynamic multiposition keying types selection.

Для обеспечения функционирования любой системы передачи выделяются ограниченные физические ресурсы канала связи: частотные, энергетические. В рамках этих ресурсов требуется обеспечить должную достоверность приема информации (например, $p_b=10^{-6}$), а также наилучшую скорость передачи информации, и, как следствие, наилучшую производительность. Удовлетворение указанных требований возможно при разных сценариях перераспределения ресурсов канала связи, что исследуется в данной работе. В результате перераспределения ресурсов канала связи на основе инструментов смены видов модуляции и параметров кодирования, удается достигать разной суммарной производительности системы передачи.

Производительность Y системы передачи информации определяется следующим образом [1]:

$$Y = \underbrace{V_C \cdot r_k \cdot \log_2 M}_{V_s} \cdot \underbrace{q \cdot S \cdot a \cdot 3600}_A \quad (1)$$

где V_C – канальная (символьная) скорость, равная выделенной полосе частот ΔF ; r_k – скорость помехоустойчивого кодирования; M – число позиций модуляции; V_s – скорость источника данных; q – плотность абонентов; S – площадь зоны покрытия с обеспечением требуемой достоверности; a – коэффициент занятости абонента в час; A – нагрузка в зоне обслуживания.

Сценарий 1. Пусть имеются выделенные частотные ΔF и энергетические ресурсы $P_{\text{изл}}$ для базовой станции (БС); используется режим OFDMA (orthogonal frequency division multiplexing access), позволяющий распределять поднесущие суммарного сигнала между пользователями в зоне обслуживания; определенный вид многопозиционной модуляции (МПМ) с параметром k и скорость помехоустойчивого кодирования r_k для поднесущих OFDM. Тогда в этих условиях существует граница зоны обслуживания L_1 (рис. 1), где обеспечивается максимальная суммарная производительность системы передачи. При этом каждому абоненту в зоне обслуживания выделяется одинаковое количество ресурсов системы, что означает одинаковую скорость передачи для каждого абонента независимо от его удаления от базовой станции в рамках зоны обслуживания, с гарантированной достоверностью приема информации не хуже требуемой.

Таким образом, всем абонентам предоставляется одинаково низкая скорость обслуживания независимо от их удаления от БС в связи с МПМ низкого порядка для покрытия большой зоны обслуживания, с гарантированной достоверностью $p_b=10^{-6}$. Указанная достоверность достигается на основе применения заданного помехоустойчивого кодирования с неизменными параметрами, а именно: длина кода n и скорость кодирования r_k . Данный сценарий может использоваться с целью решения задачи максимального расширения зоны обслуживания, когда не ставится задача максимизации скорости передачи на одного абонента в этой зоне.

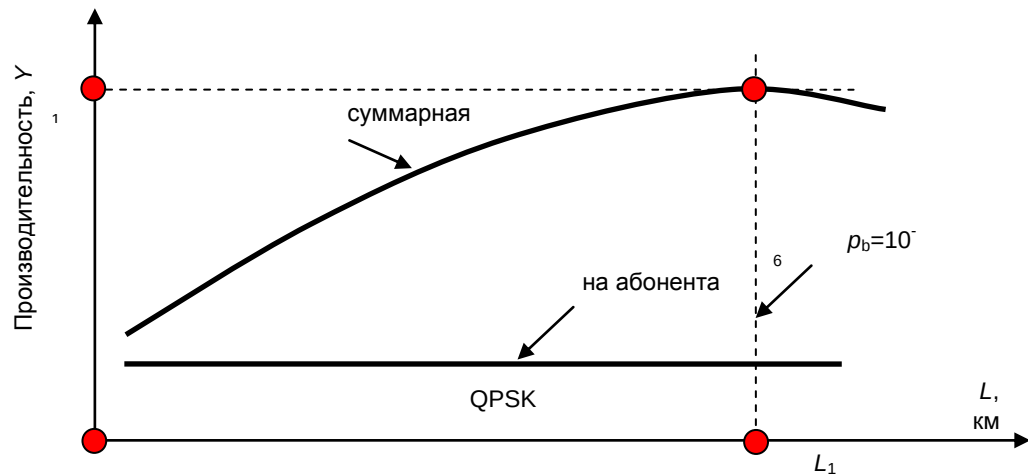


Рис. 1. Покрывтие максимальной зоны обслуживания

Данный сценарий характеризуется неэффективным использованием энергетического ресурса системы передачи, поскольку для пользователей, расположенных ближе к БС, энергетика сигнала лучше, и для их обслуживания можно использовать многопозиционную модуляцию более высокого уровня с удовлетворением требуемых характеристик достоверности приема информации и увеличением скорости передачи, а в итоге – и общей производительности системы передачи.

Сценарий 2. Другой возможный сценарий достижения наилучшей производительности подразумевает максимизацию скорости передачи информации для каждого абонента зоны с удовлетворением требований достоверности по приему информации путем изменения вида многопозиционной модуляции [2] на основе измерения энергетических характеристик сигнала в точке приема при использовании одного вида помехоустойчивого кодирования с заданными параметрами (рис. 2).

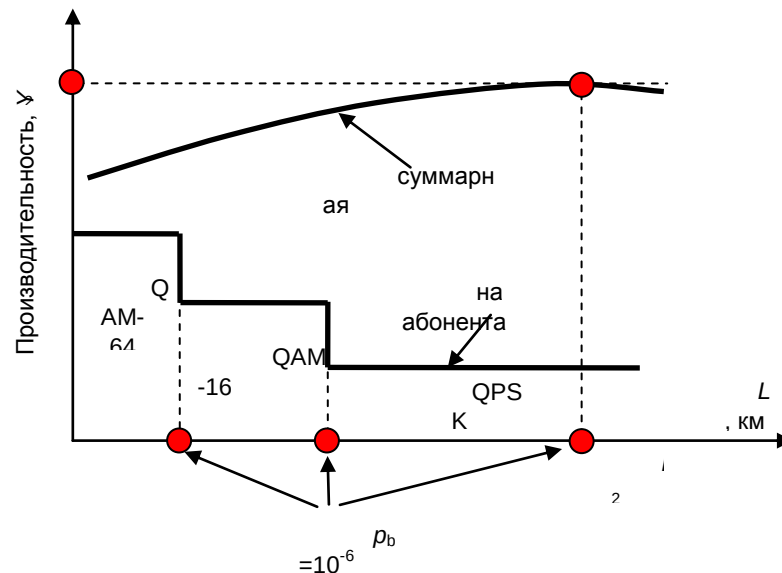


Рис. 2. Покрывтие максимальной зоны обслуживания

В этом случае для каждой поднесущей OFDM, или для набора поднесущих, которые выделены для каждого абонента, будет изменяться вид МПМ и скорость передачи; в то же время суммарная производительность системы передачи будет варьироваться в зависимости от размещения и удаленности абонентов от БС. Например, наиболее близко находящемуся абоненту к БС, который находится в области сигнала с хорошими

энергетическими параметрами, для поднесущих OFDM будет использоваться МПМ высокого порядка (QAM-64), обеспечивая наилучшую скорость.

Сравнивая сценарии 1 (рис. 1) и сценарий 2 (рис. 2):

– размеры зон обслуживания с применением сценариев 1 и 2 имеют одинаковые размеры:

$$L_2 = L_1. \quad (1)$$

Это объясняется тем, что обеспечить требуемую достоверность приема информации на одном и том же расстоянии удастся при одинаковых энергетических параметрах излучаемого сигнала, модуляции и помехоустойчивого кодирования;

– суммарная производительность системы при использовании сценария 2 будет выше, чем при использовании сценария 1, за счет использования модуляций высокого порядка для абонентов, находящихся ближе к БС:

$$Y_1 < Y_2. \quad (2)$$

Таким образом, изменение вида модуляции на основе оценки энергетических параметров сигнала, позволяет обеспечивать лучшую суммарную производительность системы, чем в случае без использования этого приема.

Как показывают расчеты, для сценария 1 при использовании модуляции вида QPSK, граничное значение радиуса обслуживания составляет $L_1 = 5$ км при мощности излучения $P_{\text{изл}} = 1$ Вт, достигаемая производительность – 100 Эрл/час. При обращении к сценарию 2, при использовании адаптивной модуляции из набора QPSK, QAM-16, QAM-64, граничное значение радиуса обслуживания составляет также $L_2 = 5$ км при мощности излучения

$P_{\text{изл}} = 1$ Вт, но достигаемая производительность при этом улучшается до 100...260 Эрл/час, в зависимости от числа расположенных пользователей в зонах, где энергетика передаваемого сигнала позволяет применять модуляции вида QAM-16, QAM-64 с целью увеличения скорости передачи.

Выводы. Таким образом, в работе рассмотрен показатель оценки производительности системы передачи, а также критерий оценки производительности системы передачи, а именно – максимизация показателя производительности.

Рассмотрены два сценария перераспределения ресурсов канала связи, где основным отличием одного от другого является то, что в первом сценарии применяется фиксированный вид модуляции, а во втором – предлагается динамический выбор многопозиционной модуляции из набора QPSK, QAM-16, QAM-64 на основе оценки энергетических параметров сигнала. Оба сценария предусматривают одинаковые параметры излучаемого сигнала и параметры помехоустойчивого кодирования.

В результате сравнения сценариев 1 и 2, показано, что динамическое изменение вида многопозиционной модуляции на основании энергетических свойств сигнала позволяет увеличивать скорость передачи информации для абонентов, находящихся ближе к базовой станции, что в результате увеличивает производительность на абонента, и суммарную производительность системы в целом.

Поэтому рекомендуется использовать динамический выбор вида многопозиционной модуляции из набора с целью увеличения скорости передачи и общей производительности системы передачи.

Литература

1. L. O. Uryvsky, K. A. Prokopenko, O. V. Brechko, "Estimation of WiMAX system productivity in city area," Scientific transactions of UNDIZ, vol. 1 (13), 2010. – pp. 41–47.
2. Уривський Л. О., Осипчук С. О., Прокопенко К. А. Патент № UA 95365 U «Спосіб адаптивного вибору виду багатопозиційної модуляції», публікація відомостей про видачу патенту: 25.12.2014.

МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РАДІОРЕСУРАМИ В БЕЗПРОВІДНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ МЕРЕЖАХ

Климаш М.М., Бешлей М.І., Масюк А.Р.

Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки

та електронної техніки НУ «ЛП»

E-mail: klymash@polynet.lviv.ua, beshlebmi@gmail.com

Adaptive radio resource management model for heterogeneous wireless networks

Next generation of wireless networks will be a combination of multiple radio access technologies which form a heterogeneous wireless network. In this paper we have proposed the model of adaptive radio resource management in a mobile network in order to decrease the coefficient of sector utilization.

Існуючі системи безпроводного доступу характеризуються низьким рівнем якості надання послуг, а також значними експлуатаційними витратами. Крім того, низька енергетична та спектральна ефективність негативно впливають на вартість послуг для кінцевих користувачів, а також обмежують можливості щодо впровадження нових видів сервісів.

Тому виникає необхідність в об'єднанні мережних інфраструктур різних операторів, побудованих за різними технологіями, тобто формування гетерогенної мережі. Серед іноземних учених питаннями гетерогенної природи сучасних мереж займаються Masiel, Faisal [1]. В рамках даних робіт пропонуються механізми, що реалізують процедури хендверу мобільних пристроїв, однак алгоритми спільного адаптивного прийняття рішення про міжсистемне переключення, які є індивідуальними для кожної конкретної технології, в цих роботах не розглядаються. Таким чином, задача оптимізації процесу вертикального хендверу на сьогодні не вирішена. Найбільшими викликами при реалізації такої мережі є ефективне управління спільними радіоресурсами і прозоре “безшовне” переміщення абонента, що включає у себе підтримку мобільності, хендвер, забезпечення QoS, систему безпеки та тарифікації [2].

Модель емуляції роботи гетерогенної системи мобільного зв'язку

У ході будівництва та експлуатації гетерогенної мережі застосовуються різні методи по оптимізації основних параметрів радіоінтерфейсу. Необхідність оптимізації передбачає поліпшення якості всієї мережі і дає гарантії того, що всі ресурси використовуються ефективно. Характеристики алгоритмів керування радіо ресурсами і їх параметри можна аналізувати, використовуючи основні робочі показники. У алгоритми управління радіо ресурсами входять хендвер, управління потужністю, планування передачі пакетів, управління доступом і навантаженням.

В роботі розроблено модель гетерогенної мережі із реалізацією механізмів розвантаження систем LTE/GSM/UMTS, забезпечуючи необхідні

показники якості обслуговування на основі запропонованого адаптивного алгоритму управління радіо ресурсами (рис.1).



Рис. 1. Структурна схема імітаційної моделі

Запропоновано розв'язання задачі підвищення доступності мережевих радіоресурсів методом балансування абонентського навантаження на основі вимушеного перерозподілу. Суть вимушеного перерозподілу радіоресурсу полягає у перенесенні частини абонентського навантаження з сектору з підвищеним завантаженням чи перевантаженням до сектору з меншим рівнем завантаження для однорідних та неоднорідних мереж. Це здійснюється шляхом перенесення абонентського навантаження (вимушеного хендоверу) між суміжними секторами в межах спільної території покриття. Для здійснення вимушеного хендоверу необхідно задовольнити дві умови:

- потужність сигналу, який абонент отримує від сусідньої базової станції, дорівнює або перевищує мінімальне робоче значення;
- переміщення абонента за середню тривалість сеансу зв'язку незначне порівняно з радіусом комірки.

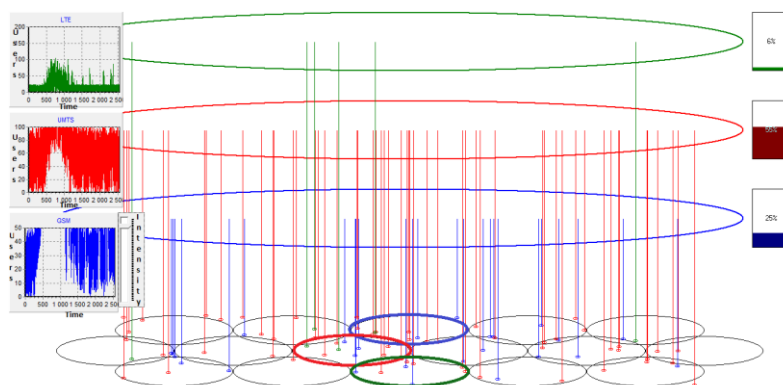


Рис.2. Графічний інтерфейс програми, що реалізує імітаційну модель мобільної гетерогенної системи обслуговування

Для того, щоб обмежити розмірність задачі вимушеного перерозподілу радіоресурсу, потрібно провести класифікацію активних абонентів за швидкістю переміщення (чим нижча швидкість, тим вищий пріоритет для вимушеного хендоверу) та класом послуг (чим нижчий клас, тим вищий пріоритет для вимушеного хендоверу).

Однією з часто використовуваних моделей при моделюванні мобільних мереж є модель випадкової точки маршруту, в якій вузли рухаються незалежно до випадково обраної цілі з випадково обраною швидкістю. Простота даної моделі стала однією з причин її широкого застосування в моделюванні. Моделі мобільності можуть мати різні властивості і

характеристики. Тому, щоб ретельно оцінити можливість виникнення перевантаження, необхідно використовувати багатий набір моделей мобільності та параметрів мережі замість моделі випадкової точки маршруту.

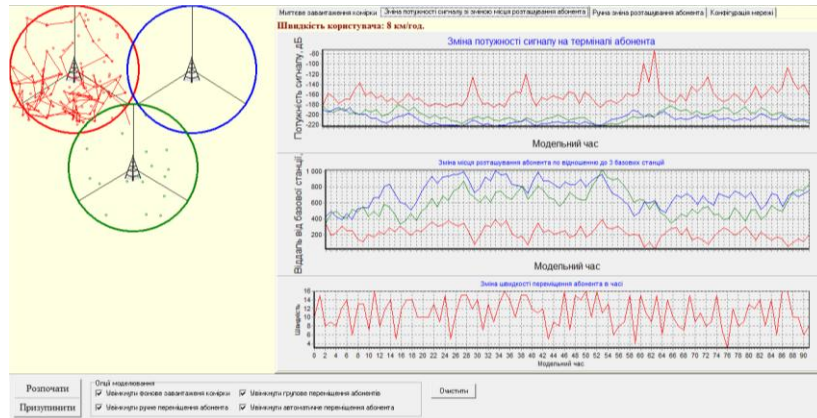


Рис. 3 Візуалізація впливу місця розташування мобільного терміналу на потужність отриманого сигналу

Для дослідження функціонування реальної системи мобільного зв'язку в умовах високої мобільності абонентів доцільно здійснити моделювання такої системи, приділивши найбільшу увагу саме переміщенню абонента (рис.3). Імітаційна модель складається з блоку генерації абонентів, який відповідно до обраного закону розподілу створює та записує в «менеджер абонентів» всіх новостворених активних абонентів (рис.2). Абонент в імітаційній моделі представлений як об'єкт з набором таких параметрів, як: тривалість активності, вектор руху, швидкість руху, поточне місце розташування, відстань до всіх базових станцій, рівень сигналу від усіх базових станцій та інші додаткові параметри необхідні для роботи моделі.

Висновки. Розроблено модель гетерогенної мережі, що дає змогу дослідити процес оптимізації мережевої інфраструктури мобільного оператора, шляхом перерозподілу мережевих ресурсів та балансуванні навантаження при впровадженні і розвитку в ній елементів NGN-технологій для спільного розгортання інфокомунікаційної мережі. Це особливо актуально при експлуатації в умовах наявності декількох безпроводних мереж доступу, що функціонують на одній території, та мобільних пристроїв, що підтримують функції паралельної взаємодії з такими мережами.

Література

1. M.Beshley, T. Maksymyuk, B. Stryhaluk, M. Klymash. Research and Development the Methods of Quality of Service Provision in Mobile Cloud Systems. IEEE International Conference [Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom'2014)], Odessa, Ukraine, May 27-30, 2014, P. 165-169.
2. Klymash M., Stryhaluk B., Demydov I., Beshley M., Seliuchenko M "A Novel Approach of Optimum Multi-criteria Vertical Handoff Algorithm for Heterogeneous Wireless Networks" International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 5, Issue 5, November 2014 p. 41-52.

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕСПРОВОДНОЮ СЕНСОРНОЮ МЕРЕЖЕЮ

Романюк В.А.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Україна

E-mail: rom-v-a@yandex.ua

Functional model of control system wireless sensors network

The article describes the functional model of the control system wireless sensor network. The author offers solutions for building functional subsystems and describes their purpose operation.

Беспровідні сенсорні мережі (БСМ) складаються з маленьких сенсорних вузлів з інтегрованими функціями моніторингу навколишнього середовища, обробки і передачі даних [1, 2]. Зазвичай сенсорний вузол складається з датчиків (акустичних, температурних, оптичних, сейсмічних, хімічних тощо) параметрів зовнішнього середовища, мікропроцесора, батареї та прийомопередавача з функціями маршрутизатора (можлива наявність системи позиціонування). БСМ відносяться до класу радіомереж, що самоорганізуються [2]. Однак вони мають свої особливості: обмеженість ресурсів вузлів мережі (за пам'яттю, продуктивністю процесору, потужністю радіопередавача), мала дальність та пропускна здатність каналів радіозв'язку між вузлами, концентрація трафіку навколо шлюзу. Тип вузлів (стаціонарний, рухомий), кількість параметрів моніторингу, розмірність мережі, тип трафіка, організація управління (децентралізована, ієрархічна або гібридна) залежить від призначення БСМ та їх функцій.

Сенсорні вузли повинні адаптуватися до частих змін топології мережі, трафіка та ефективно використовувати обмежені мережеві ресурси. В таких умовах забезпечити покриття сенсорами зони моніторингу та інформаційний обмін із заданою якістю неможливо без ефективної системи управління (СУ).

До СУ БСМ пред'являються наступні вимоги: забезпечення адаптивного та розподіленого функціонування мережі з можливістю її самоорганізації; оптимізація характеристик мережі; забезпечення прийняття рішень у реальному (близькому до реального) масштабу часу; максимальна автоматизація процесів управління; безпека передачі та мінімальне завантаження службовою інформацією.

Цикл управління БСМ включає:

- збір інформації про стан мережі (необхідно приймати рішення за об'ємом, типом, способом, рівнями, функціями збору службової інформації);
- аналіз даної інформації, на основі якого визначаються: рівень виконання мережею своїх функцій, необхідність управляючого впливу, цілі управління з подальшою деталізацією їх на підцілі;
- прийняття рішення за функціями та рівнями моделі OSI (обчислення маршруту, вибір протоколу канального доступу, вибір методу збереження

енергії батареї, способу розсилання службової інформації тощо);

– реалізація рішення (розсилання службової інформації, резервування ресурсу, встановлення потужності передачі, режиму роботи вузла, спрямованості антен тощо).

Визначені основні принципи функціонування СУ: адаптивність; функціональність; ієрархічність; розподіленість та координація взаємодії; оптимальність.

Об'єднання функцій системи управління у відносно незалежні групи дозволяє здійснити декомпозицію управління мережею на підсистеми (що значно спрощує задачу розробки математичного забезпечення управління): збору та зберігання службової інформації про стан мережі; прийняття рішень та їх реалізації (рис. 1).

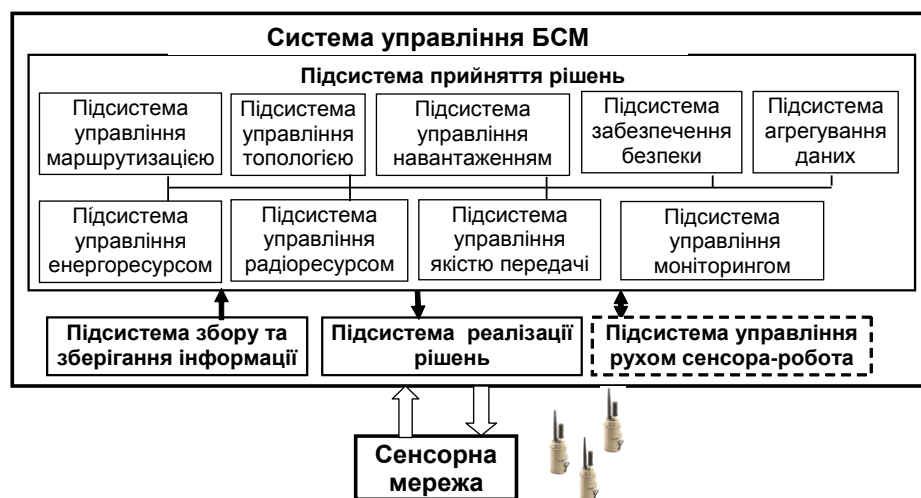


Рис. 1. Функціональна модель системи оперативного управління

Розглянемо основні функціональні підсистеми прийняття рішень, реалізація яких значно відрізняється від систем управління мереж типу MANET [2].

Підсистема маршрутизації повідомлень забезпечує побудову та підтримку маршрутів передачі заданої якості при виконанні вимог до їх функціонування. Синтез необхідного методу маршрутизації буде визначатися параметрами мережі (розмірністю, площею покриття, мобільністю вузлів тощо) та сенсорів (кількість параметрів моніторингу, ємність батареї, потужність передавача, об'єм інформації моніторингу, тип трафіку тощо).

Підсистема управління радіоресурсом призначена для розподілу часового, просторового, частотного, кодового ресурсів та забезпечення інформаційного обміну між сусідніми вузлами. Може бути використаний відомий протокол 802.15.4/ZigBee або запропонований новий, який враховує специфіку функціонування мережі та концентрацію трафіка навколо шлюзу.

Підсистема управління топологією визначає топологію, яка здатна забезпечити необхідне покриття району моніторингу та забезпечити зв'язну топологію при заданих вимогах за якістю інформаційного обміну та існуючих ресурсних обмеженнях.

Підсистема управління енергоспоживанням спрямована на мінімізацію споживання енергії вузлами мережі та максимізацію “часу життя” мережі при виконанні вимог щодо постійного покриття району моніторингу та вимог інформаційного обміну.

Підсистема управління навантаженням керує потоками передачі даних та бореться з перевантаженнями.

Підсистема агрегування намагається знизити обсяг трафіка за рахунок об'єднання (агрегування) в вузлах однотипних даних моніторингу.

Підсистема управління якістю передачі забезпечує передачу певних класів трафіка з заданою якістю обслуговування.

Підсистема забезпечення безпеки передачі даних забезпечує відповідні сервіси безпеки: таємність, автентифікація, цілісність, контроль доступу, неспростовність та доступність.

Підсистема управління рухом робота-сенсора (при його наявності) керує його переміщенням та режимами роботи.

При реалізації *підсистеми прийняття рішень з оперативного управління* БСМ пропонується вироблення рішень системою управління здійснювати за функціями управління на різних рівнях моделі OSI. Через динамічний характер задач управління, їх високу розмірність, неповноту та нечіткість контрольної інформації пропонується використати нечітку систему управління (НСУ). Розглянуто структуру НСУ, що складається з наступних компонентів: знання про об'єкт управління; знання про цілі функціонування й управління; знання про способи досягнення цілей. Запропоновано схему прийняття рішень НСУ, яка враховує послідовність етапів циклу управління: оцінка ситуації, визначення мети управління, виявлення необхідності управління, пошук припустимих рішень і методу досягнення поставленої цілі та реалізація обраного методу.

В умовах децентралізованого управління кожен вузол буде реалізовувати дві взаємозалежні групи цілей, що визначають багатокритеріальність управління: користувальницькі цілі (досягнення екстремуму або виконання обмежень на показники ефективності при передачі повідомлень) і мережеві (зонові) цілі (досягнення оптимальних мережевих або зонових показників ефективності). Задача ухвалення рішення в управлінні БСМ зведена до задачі багатокритеріальної оптимізації для нечітко заданих цілей й альтернатив, представлених у вигляді дерева “цілі – методи”. Запропонована архітектура інтелектуального вузла.

Таким чином, запропонована функціональна модель системи управління БСМ. Наведені можливі рішення по побудові функціональних підсистем СУ БСМ. Запропоновані рішення складають основу побудови інтелектуальної системи управління бездротової сенсорної мережі.

Література

1. Міночкін А.І. Методологія управління тактичними сенсорними мережами / Міночкін А.І., Романюк В.А. // Збірник праць науково-технічної конференції. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2008. – С. 15 – 26.
2. Бунин С.Г. Самоорганізующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами/ С.Г. Бунин, А.П. Войтер, М.Е. Ильченко, В.А. Романюк. – К.: Наукова думка, 2012.

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ

Романов А.И., Дидух Я.С.

Институт телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: maximom009@gmail.com

The principle of constructing a system of cloud services

Cloud architecture is a system architecture of the software systems involved in the delivery of cloud computing, typically involves multiple cloud components communicating.

Идея облачных технологий была озвучена в 70 - х годах прошлого столетия Робнеттом Ликлайдером и заключалась в том, что каждый человек будет подключен к сети, из которой будет получать не только данные, но и программы.

Рост пропускной способности, развитие многоядерных процессоров, увеличение емкости носителей информации, развитие технологии многопоточного программирования и технологии виртуализации привело к возможности создания эффективной вычислительной инфраструктуры, с высокими возможностями по масштабированию и наращиванию, снижению расходов на организацию и сопровождение, доступности виртуальной инфраструктуры через сеть Интернет [1].

Достаточно полная стандартизация архитектуры системы облачных сервисов (СОС) была произведена Национальным институтом стандартов и технологий США (National Institute of Standards and Technology — NIST). Согласно стандартам NIST, облачным может называться решение, обладающее следующим набором характеристик: самообслуживание по требованию, широкий сетевой канал, поддержка пулов ресурсов, быстрая масштабируемость и эластичность, возможность измерения потребляемых сервисов.

NIST определил три уровня архитектуры — IaaS (инфраструктура как сервис), SaaS (программное обеспечение как сервис) и PaaS (платформа как сервис). С точки зрения моделей развёртывания им было предложено разделять облака на частное, общее, публичное и гибридное.

Базируясь на решениях в области СОС, от специалистов Microsoft [2], можно представить модель построения базовой архитектуры в виде, представленном на рис.1.

Уровень оборудования включает оборудование ЦОД, подсистему хранения, телекоммуникационную сеть, вычислительную инфраструктуру, систему электропитания и кондиционирования. Для взаимодействия с расположенными выше слоями архитектуры каждый из этих элементов должен иметь соответствующие интерфейсы.

Уровень виртуализации может быть создан на основе Windows Server 2008 R2 (теперь с Service Pack 1) и Hyper-V. Это дает возможность использовать виртуальные машины и телекоммуникационные ресурсы

VLAN, предоставлять ресурсы хранения, составленные из общих дисковых кластеров и виртуальных дисков. Уровень виртуализации помогает обеспечить часть обязательных признаков в соответствии с классификацией NSIT, таких как поддержка пулов ресурсов и эластичность. Виртуализация позволяет гораздо быстрее совместно использовать и подготавливать ресурсы к работе.



Рис.1

Уровень автоматизации, управления и оркестрации строятся от более мелких элементов к все более крупным, согласно процессу автоматизации ИТ. Самый нижний из них – уровень автоматизации – включает технологии, которые обеспечивают интерфейс между более высокими уровнями систем управления и физическими и виртуальными ресурсами.

Уровень управления может состоять из нескольких продуктов Microsoft System Center, использующих технологии уровня автоматизации для выполнения таких задач управления, как определение совместимости исправлений, их установка и проверка результатов установки. Уровень управления обеспечивает базовую автоматизацию процессов, но обычно ограничивается одним из аспектов жизненного цикла управления сервером (таким как развертывание, внесение исправлений, слежение, резервное копирование и т.п.).

Уровень оркестрации в явном виде в традиционных ИТ-структурах не встречается, но он чрезвычайно важен для обеспечения признаков облака. Он связывает множество продуктов, технологий и процессов, позволяющих полностью автоматизировать ИТ-процессы, обеспечивает процесс координации (оркестрации) сквозных процессов, в которых задействовано множество продуктов.

Уровень оркестрации помогает создавать рабочие процессы или задания по автоматизации таких сложных задач, как развертывание кластеров, внесение исправлений на хостах и подготовка виртуальных машин к работе.

Интерфейсы самообслуживания пользователей и администратора дают возможность запрашивать требуемые ресурсы. Чаще всего это реализуется как ИТ-портал самообслуживания, где пользователям доступен каталог сервисов.

Используя рекомендации базовой архитектуры, можно реализовать различные варианты частного облака Private Cloud/IaaS. На рис 2 представлен вариант реализации логической архитектуры пула ресурсов, предоставляемого на базе ЦОД.

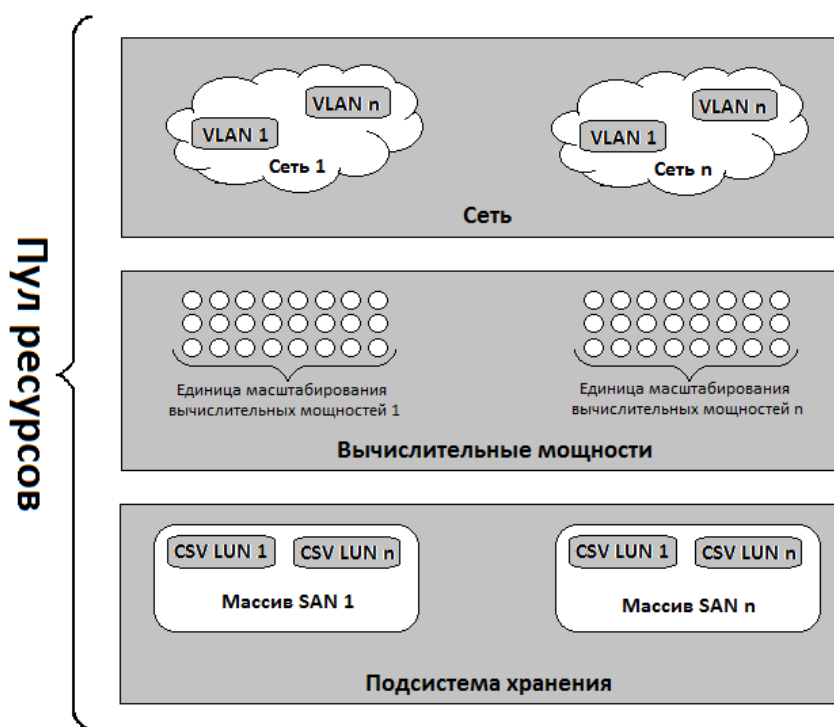


Рис.2

Таким образом, многочисленные публикации в области СОС показывают, что за данным типом систем будущее. Как быстро это будущее приблизится к нам, зависит от того, насколько быстро будет разработан математический аппарат, доказывающий эффективность систем такого типа, и определены пути практического перехода на новые технологии.

Литература

1. <http://www.moluch.ru/> — статья «Облачные технологии».
2. <https://technet.microsoft.com> — статья «Облачные вычисления: Построение архитектуры частного облака от Microsoft».

ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Лисенко О.І.¹, Чумаченко С.М.², Валуйський С.В.¹, Великий О.О.¹

¹*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»*

²*Український науково-дослідний інститут цивільного захисту*

E-mail: samubf@gmail.com

Technology for water ecosystems monitoring using wireless sensor networks

The article discusses new technology for water ecosystems monitoring using the underwater and surface wireless sensor networks. The article aims to develop principles of design and architecture of underwater and surface wireless sensor networks, which can be used for a wide range of tasks related to the monitoring and control of various environmental parameters of water ecosystems over large geographical areas.

Робота спрямована на розробку принципів побудови та архітектури безпроводових сенсорних мереж (БСМ) із самоорганізацією, які можуть бути використані для вирішення широкого спектру завдань, пов'язаних з моніторингом та контролем різних параметрів середовища водних екосистем на значних географічних територіях.

Технологія моніторингу водних екосистем із використанням інтелектуальної сенсорної техніки та безпроводових мереж представляє собою сукупність технічних рішень з побудови безпроводових сенсорних мереж із використанням моніторингово-сигнальних датчиків, безпілотних літальних апаратів та геоінформаційних технологій. Технологічний продукт дозволяє вирішувати такі важливі проблеми, як дистанційний 3D моніторинг зони спостереження водної екосистеми, оцінка ризиків для розведення цінних порід водних живих ресурсів, охорона водного простору та берегових ліній[1,2].

Для моніторингу життєдіяльності риб (рибного господарства) можливе використання наступних сенсорів:

1. Буйові (надводні) сенсори (для моніторингу морського покриття: хвилювання, денне світло).

2. Підводні сенсори для моніторингу:

- Забруднення.
- Підводної течії.
- Солоності.
- Швидкості і напрямку переміщення.
- Кисень, температура, рН.
- Розташування корзини.

3. Донні сенсори:

- Осадження фекальних відходів.

Для того, щоб зібрати данні з вище вказаних сенсорів необхідно будувати безпроводові мережі зв'язку підводного та/або надводного

типу. Підводні мережі засновані на передачі гідроакустичних сигналів з сенсорів на надводну станцію чи корабель, з подальшою ретрансляцією радіо сигналів через супутник або напрямку на наземний шлюз.

Можливі наступні варіанти архітектури підводних сенсорних мереж (рис. 1):

1. Із донним базуванням сенсорів (за кластерним типом).
2. Із якірним базуванням (за типом ad hoc).
3. Із якірним базуванням із застосуванням мобільних аквадронів.

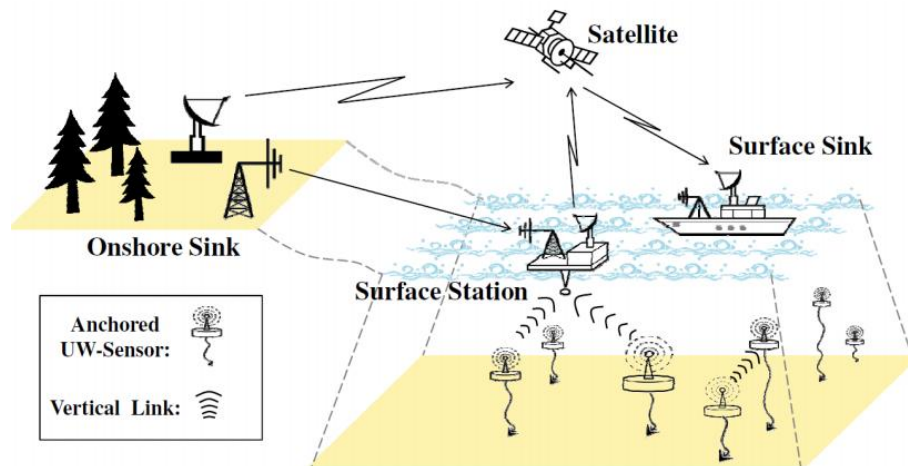


Рис.1 Приклад архітектури підводних сенсорних мереж UW-ASN

Розглянемо архітектуру надводної сенсорної мережі. Надводні (буйові) сенсорні мережі засновані на передачі радіосигналів. Спочатку з сенсорів на проміжні вузли (роутери) за допомогою ZigBee інтерфейсу.

Потім з роутерів на БС стільникового зв'язку за GPRS інтерфейсом, а на ZigBee координатор. Далі на сервер збереження та обробки даних, а звідти на термінали користувачів.

Розглянемо архітектуру надводного (буйового) сенсорного вузла. Він може містити наступні типові елементи (зліва на право і знизу вгору):

1. Хімічні, біологічні, фізичні сенсори
2. Модуль обробки сенсорної інформації
3. Центральний обчислювальний модуль.
4. Радіомодуль + антена.
5. Модуль живлення.

Алгоритм побудови і функціонування ZigBee мережі (покладений в основу програмного забезпечення) має наступні етапи:

1. Ініціалізація типу вузла (координатор, роутер, кінцевий пристрій (КП)).
2. Під'єднання до мережі.
3. Збір і передачі даних.

Відповідно координатор будує мережу та отримує дані з роутера і надсилає їх до сервера. Роутер прокладає маршрути, отримує дані з КП і надсилає їх координатору. КП здійснює моніторинг та передачу даних до

відповідного роутера.

Отримана інформація візуалізується за допомогою веб-інтерфейсу. Програмне забезпечення містить наступні вкладки:

- Моніторинг параметрів в реальному часі (рівень O₂, рН, рівень води, солоність, мутність, нітрит).
- Управління обладнанням.
- Запит даних.
- Аналіз кривих.
- Вид карти.
- Резервування даних.

Візуалізація даних також можлива із використанням мобільних додатків Android.

На сьогодні в інституті вже розроблено макет БСМ на основі радіо модулів XBee (на основі ZigBee протоколу) (рис.2).

Обчислення параметрів сенсору відбувається прямо в модулі без використання центрального процесору, що дозволяє суттєво скоротити вагу, енергоспоживання і вартість таких пристроїв (порядку 30-35 у.о.). Тривалість експлуатації батареї (з такими малими токами) може складати декілька років.

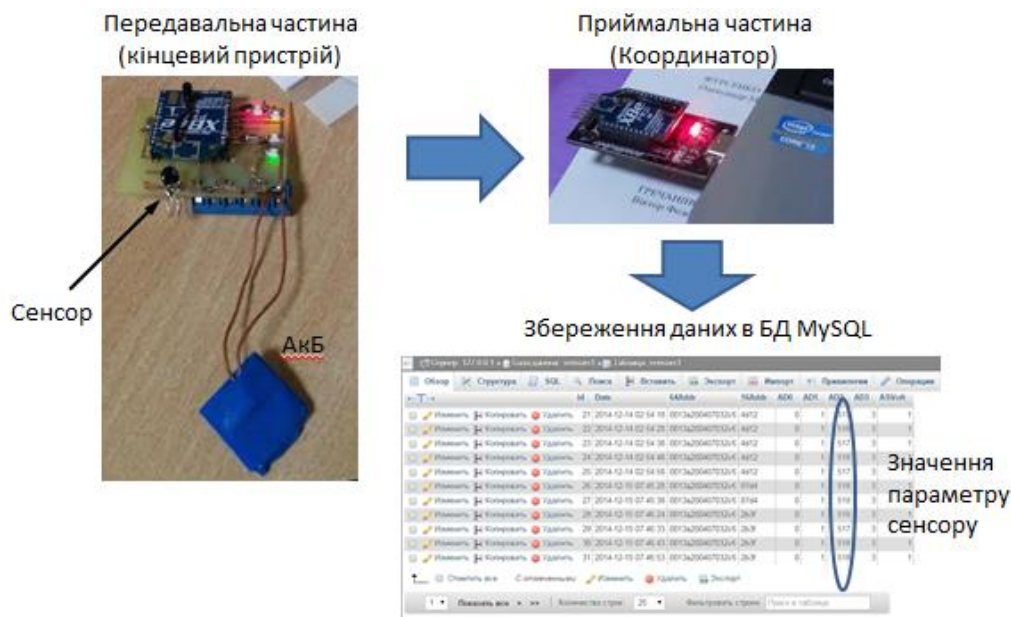


Рис. 2 Макет БСМ на основі радіо модулів XBee

Також в системі можуть бути застосовані БПЛА міні та мікро- класу для відео моніторингу водних ландшафтів. На ринку сьогодні представлений широкий спектр іноземних розробок, а також ведуться власні розробки. Наприклад, цікавим продуктом є квадрокоптер DJI Phantom 2 Vision+. Оснащений високоякісною камерою він може передавати відео в он-лайнрежимі через WiFi на смартфон оператора на відстані до 2,5 км, та моментально публікувати результати зйомки в соціальних мережах або краудсорсингових системах. Такий квадрокоптер доцільно застосовувати для моніторингу локальних об'єктів, який може облітати певний заданий

маршрут довжиною до 15 км і автоматично повертатися на базу.

Для польотів на більш дальні відстані поза містом доцільно використовувати БПЛА літакового типу, так звані «літаючі крила», наприклад БПЛА Патріот, який збирається на Україні за участю наших фахівців. Такі апарати можуть запускатися прямо з руки, а відеоспостереження може вестися або з пересувного пульта з LCD-дисплеєм (на задньому сидінні авто) або за допомогою спеціального FPV (first person view) комплекту, що складається з камери, прийомо-передаваного обладнання та окулярів із хедтрекером. При повороті голови оператора камера відпрацьовує відповідні повороти об'єктиву, створюючи відчуття польоту від першої особи.

Також в роботі ведеться наукове супроводження вирішуваної проблеми. Зокрема розроблено низку математичних постановок задач. Для синтезу раціональної топології БСМ необхідно спочатку сформульовано задачу оптимального розміщення сенсорів в області моніторингу. Розглянуто основні евристичні методи вирішення даної задачі, це: блокова евристика, гексагональна евристика, квадратна евристика. Усі методи дають прийнятні результати, вибір конкретного алгоритму диктується конкретними вимогами до задачі. Квадратна евристика незалежно від класу складності задачі дає завжди найгірший результат.

По-друге, здійснено математичну постановку задачі розміщення мережі ретрансляторів БСМ. БСМ можна представити у вигляді спрямованого зваженого графа, що складається з множини вершин (вузлів) і ребер (каналів зв'язку). Побудова маршрутів від КП до шлюзу здійснюється за допомогою алгоритму динамічного програмування – методу Беллмана-Форда. Критеріальна функція цього алгоритму (функція Беллмана) визначає умовну вартість транспортування потоку даних між сусідніми вузлами маршруту. Таким чином, можемо сформулювати наступну *математичну постановку задачі* – знайти таку топологію мережі (місце розташування ретрансляторів), яка мінімізує вартість транспортування потоків даних від сенсорів до шлюзу, при виконанні обмежень на ресурси мережі, забезпеченні структурної зв'язності і показників функціонування мережі.

Література

1. Lysenko O.I., Valuisky S.V. Capacity increasing of sensor telecommunication networks / O.I. Lysenko, S.V. Valuisky // 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.

ПАРАМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МИКРОРЕЗОНАТОРАХ С КОЛЕБАНИЯМИ ШЕПЧУЩЕЙ ГАЛЕРЕИ

Трубин А.А.

Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»

E-mail: atrubin@ukrpost.net

Parameters of the Optical Filters on Dielectric Micro-resonators with Whispering Gallery Modes

Electrodynamics analysis of the wide class band pass and band stop filters, constructed on spherical and disk dielectric microresonators with whispering gallery modes (WGM) is considered. S-matrix frequency responses of the multiple-unit filters are calculated and discussed. WGM resonators material features are taken into account.

В настоящее время расчет характеристик рассеяния фильтров, построенных на основе микрорезонаторов с колебаниями шепчущей галереи, проводится либо на основе приближенного описания с использованием теории связанных оптических линий [1], либо численными методами [2]. Электродинамический анализ фильтров оптического диапазона не проводился. Целью настоящего исследования является анализ достижимых параметров полосовых и режекторных фильтров, выполненных на основе применения микрорезонаторов различных форм инфракрасного диапазона, проведенный на основе электродинамического моделирования.

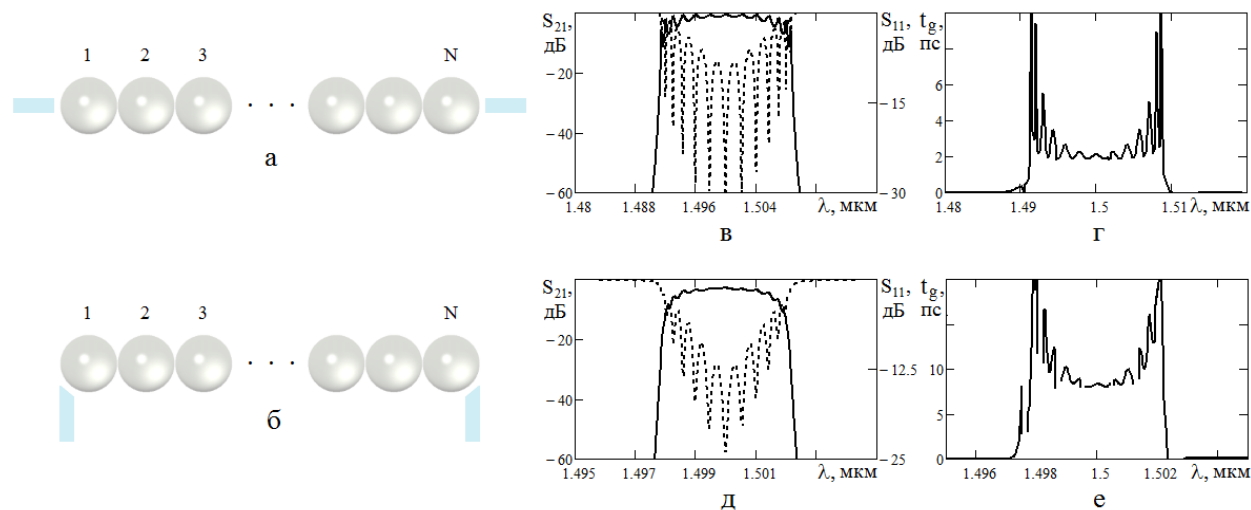


Рис.1. А, б - полосовые фильтры на 10 сферических диэлектрических микрорезонаторах с магнитными колебаниями шепчущей галереи H_{mm1} $m = 31$ и $m = 30$, соответственно. в, д - частотные зависимости модуля S-матрицы. г, е - групповое время задержки в полосе пропускания фильтров.

Расчет параметров фильтров проведен на основе теории рассеяния [3] для нескольких типичных материалов, используемых при изготовлении микрорезонаторов: плавленого кварца и поликора. Рассматриваются амплитудные и фазовые частотные характеристики матриц рассеяния полосовых (рис. 1 - 3) фильтров, выполненных с применением 10 - 25 сферических и дисковых микрорезонаторов.

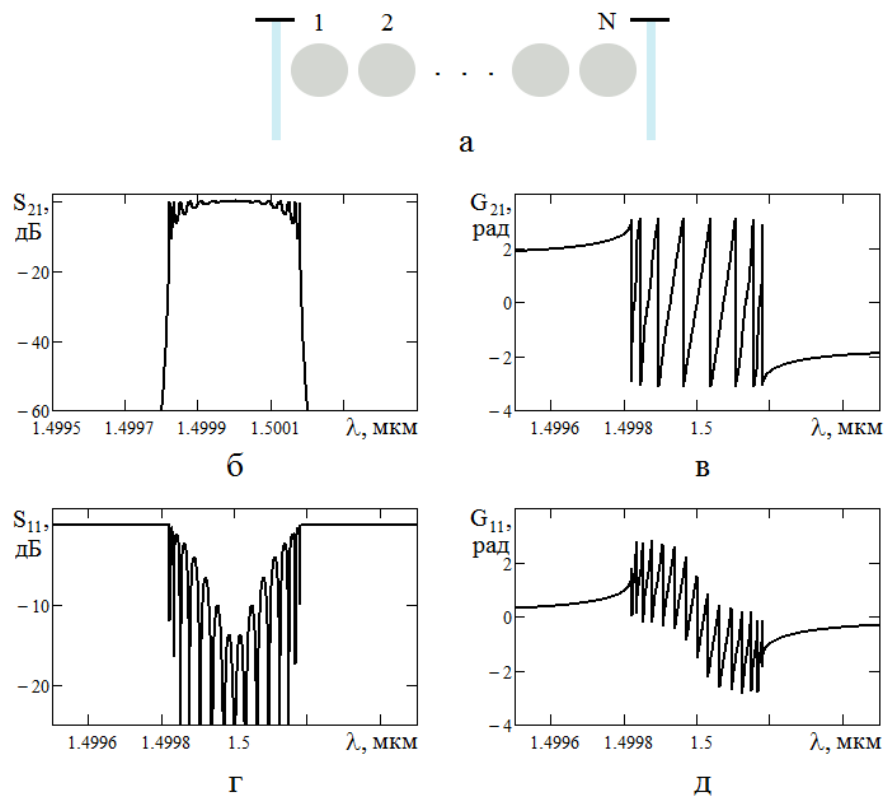


Рис. 2 А - полосовой фильтр на 15 дисковых микрорезонаторах с колебаниями $EH_{1,20,1}^+$. Б - д - частотные зависимости матрицы передачи фильтра.

Исследуется возможность настройки фильтров разных конструкций с различной шириной полос передачи (рис. 1 - 3). На основе расчета группового времени задержки проводится оценка величины запаздывания импульсов в полосовых фильтрах (рис. 1, г, е) в зависимости от их параметров.

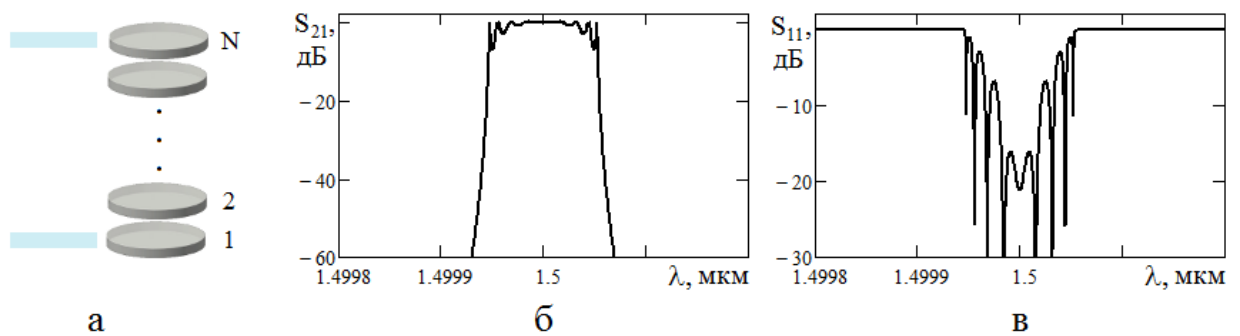


Рис.3. А - полосовой фильтр на 10 вертикально расположенных дисковых микрорезонаторах с колебаниями $EH_{1,20,1}^+$; б, в - частотные зависимости модуля коэффициентов передачи и отражения фильтра.

Рассчитываются и анализируются коэффициенты связи между микрорезонаторами сферической и цилиндрической формы при возбуждении в них магнитных и электрических видов колебаний с азимутальными числами $m = 20 - 30$.

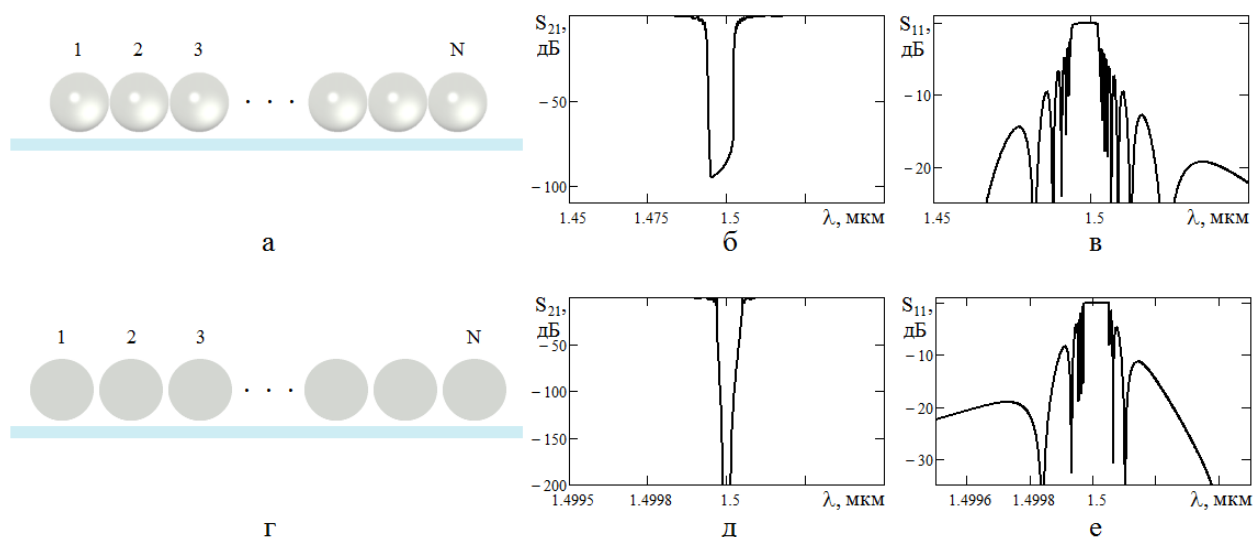


Рис.4. А, г - режекторные фильтры на 25 сферических и 10 дисковых микрорезонаторах с колебаниями шепчущей галереи H_{mm1} ($m = 30$) и $EH_{1,29,1}^+$, соответственно. Б, в, д, е - частотные зависимости модулей матрицы передачи фильтров.

Рассматриваются и анализируются характеристики многорезонаторных режекторных фильтров (рис. 4). Исследуется возможность настройки узкополосных режекторных фильтров с высокими значениями коэффициентов отражения.

Проведенное моделирование позволяет выявить основные особенности реализации широкого класса фильтров различных типов на микрорезонаторах инфракрасного и оптического диапазона с колебаниями шепчущей галереи, которые можно использовать в будущем для обработки сигналов, применяемых в оптических системах связи. Полученные данные позволяют определить область доступных параметров фильтров, построенных на реальных диэлектриках, применяемых в оптическом диапазоне длин волн. Оптимизация предлагаемых фильтров в дальнейшем приведет к улучшению их параметров, а также расширению возможностей по управлению оптическими сигналами при разработке полностью оптических интегральных устройств связи нового поколения.

Литература

1. Heebner J., Grover R., Ibrahim T. Optical Microresonators Theory, Fabrication, and Applications. Springer. 2008. 261 p.
2. Sakai A., Baba T. FDTD Simulation of Photonic Devices and Circuits Based on Circular and Fan-Shaped Microdisks // Journal of Lightwave Technology. V. 17, No. 8, 1999. pp. 1493-1499.
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.

LINEAR INFRASTRUCTURE MONITORING USING DISTRIBUTED REMOTE IMAGING

Sergey A. Stankevich, Olga V. Titarenko

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth NAS of Ukraine

E-mail: st@casre.kiev.ua

Мониторинг объектов линейной инфраструктуры при помощи распределённой дистанционной съёмки

Предложено автоматическое детектирование объектов линейной инфраструктуры на дистанционных изображениях на основе оптимального преобразования Радона в комбинации с эффективными алгоритмами векторизации. Полученные результаты могут использоваться для дистанционного мониторинга дорог, продуктопроводов, магистральных ЛЭП и т.д.

Linear infrastructure facilities include railroads and highways, major bridges, oil, gas and petroleum products pipelines, trunk power lines, underground utility lines, etc. A continuous automated monitoring of linear infrastructure is very important and relevant topic now.

The main interpretation feature of linear infrastructure is a small area with a long linear distance. Such facilities can be monitored conveniently and efficiently using a distributed remote imaging [1].

Automation of linear infrastructure monitoring implies at least automatic extraction of linear objects in the images. The basis for linear objects extraction is a brightness patterns and special geometric features of spatial pixel segments in image.

A lot of methods for linear objects extraction from remote sensing imagery are known. A large variety of edge detection operators, support vector machines, triangulation, and topological vectorization are used for this purpose [2].

The main drawback of most existing approaches is relatively low energy of linear objects in image. Therefore, the presence of noise leads to significant degradation of vectorization quality [3]. Traditionally, to suppress high-frequency spatial noise of digital image the integrating operators are applied [4].

An effective tool for parameterized lines and shapes extraction in digital image is the Radon transform [5]. The Radon transform is a special case of the generalized integral-geometric transform that maps the function $f(\cdot)$ at a certain set into its representation $F(\cdot)$ specified by integrals of $f(\cdot)$ along any and all possible subsets of this set [6]. An integral Radon transform of two-dimensional image itself is an expansion of the $f(\cdot)$ function in integrals along all possible right lines [7]:

$$F(\xi) = \int_{\xi \in X} f(x) dx \quad (1)$$

The inverse Radon transform exists, which restores the original function by the values of its Radon transform:

$$f(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \int_{x \in X} F(\xi) d\xi \quad (2)$$

In the real-life digital image processing the integration should be replaced by the summation, and the continuous set of all possible direct lines – by ones discrete set with a given quantization step.

Fig.1 illustrates the consistent application of direct and inverse Radon transform to fragment of digital remote image for linear objects extraction.

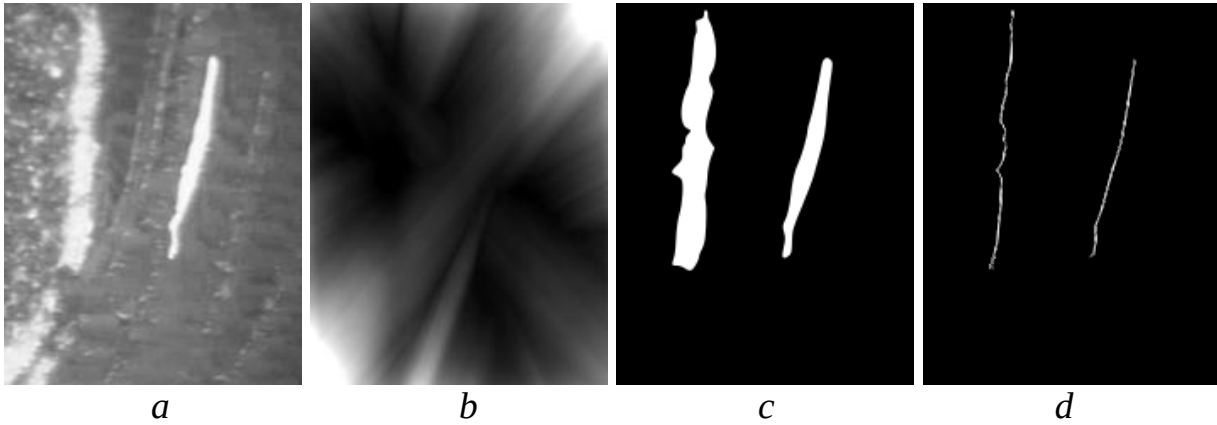


Fig.1 – Integral Radon transform: source remote image (a), direct Radon transform (b), inverse Radon transform (c), vectorized linear objects (d)

Common Radon transform effectively identifies the straight lines of known direction only [8]. To extract the lines of arbitrary direction Radon transform must be optimized at each point of the image: the transformation is performed along the line with the maximum response among all possible directions. The optimization payback is a very large computational complexity of optimal Radon transform: a digital image fragment with linear dimensions of several hundred pixels processed for many hours. Therefore, for the practical implementation of linear objects extraction the special measures necessarily need to speed up the processing, such as fast Radon transform, or some hybrid technologies [9].

Fig.2 demonstrates the possibility of automated monitoring of the road section using Pléiades 1A high resolution satellite imagery. In this case a combination of fast Radon transformation with skeletonizing based on advanced Canny edge detector is used [10].

An important requirement for just distributed monitoring is capability to identify mutual linear facilities at different remote images. This operation is much more convenient to formalize and perform over vector entities using their topology analysis [11]. It is another argument in favour of the need for vectorizing images of linear infrastructure facilities.

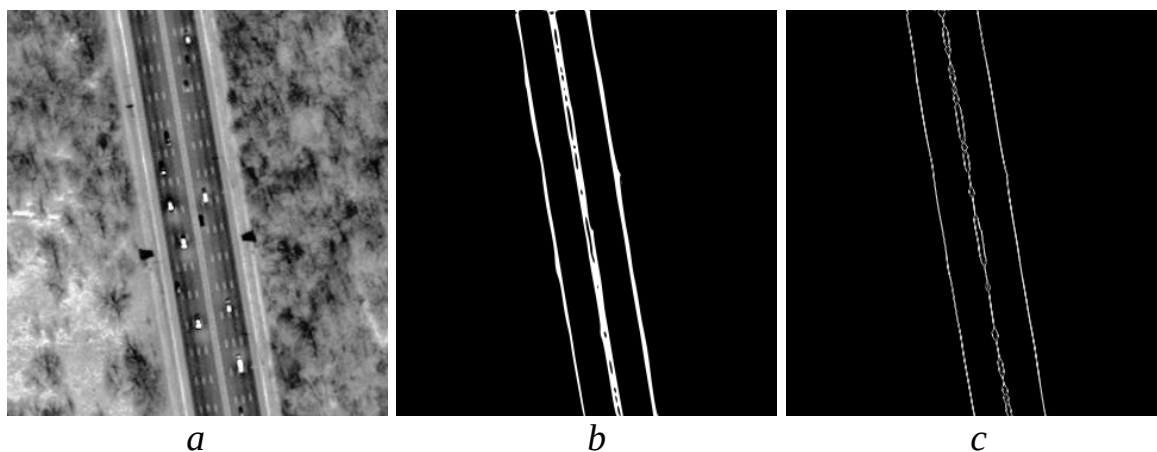


Fig.2 – Road extraction demo: source high-resolution satellite image (a), inverse Radon transform (b), vectorized highway traffic lanes (c)

Thus, the presented approach can be useful in information system development for remote monitoring of linear infrastructure facilities.

References

1. Парахин С. Картографирование линейных объектов с использованием легких летательных аппаратов / С. Парахин, О. Бейчук, Н. Бородин // ArcReview.– 2007.– № 1(40).– С.18-19.
2. Liu J.G. Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing / J.G. Liu, P. Mason.– Chichester: Wiley-Blackwell, 2013.– 464 p.
3. Буча В.В. Математическая морфология на сжатом бинарном растре: применение в ГИС / В.В. Буча, С.В. Абламейко // Искусственный интеллект.– 2006.– № 2.– С.21-24.
4. Buades A. A review of image denoising algorithms, with a new one / A. Buades, B. Coll, J.-M. Morel // SIAM Journal on Multiscale Modeling and Simulation.– 2005.– Vol.4.– No.2.– P.490-530.
5. Станкевич С.А. Узагальнене перетворення Радона як основа сегментації цифрових аерокосмічних знімків // Збірник наукових праць Київського інституту ВПС.– Вип.7.– Київ: КІ ВПС, 1999.– С.131-135.
6. Федотов Н.Г. Методы стохастической геометрии в распознавании образов / Н.Г. Федотов.– М.: Радио и связь, 1990.– 144 с.
7. Хелгасон С. Преобразование Радона / С. Хелгасон; пер. с англ.– М.: Мир, 1983.– 152 с.
8. Станкевич С.А., Титаренко О.В. Виділення осей синфазності на сейсмограмах за допомогою одновимірного перетворення Радона // Доповіді НАН України.– 2014.– № 3.– С.115-118.
9. Ковтун А.А. Метод разреженного фронта для векторизации линейчатых изображений / А.А. Ковтун // Системні дослідження та інформаційні технології.– 2014.– № 1.– С.130-141.
10. Singh S. EDGE Detection Techniques Using Hough Transform / S. Singh, A. Datar // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.– 2013.– Vol.3.– No.6.– P.333-337.
11. Федоров Р.К. Об одном подходе к анализу топологии пространственно-распределенных данных с использованием логического вывода / Р.К. Федоров, А.Е. Хмельнов, И.В. Бычков // Вычислительные технологии.– 2005.– Т.10.– № 1.– С.116-130.

**Секція 1. Теоретичні аспекти передавання інформації в
телекомунікаційних системах**

УДК 621.396

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСКРЕТНОГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ**

Жогов Р.Ю.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

Email: romanzhohov@gmail.com

**Perspectives on using Discrete Hartley
Transform in communication technologies**

The Discrete Hartley Transform (DHT) is a real-valued transform closely related to the DFT of a real-valued sequence. This report contains a list of advantages of DHT and presents some properties of this transform which have practical meaning.

«Нет таких задач, для которых справедливо использование комплексного преобразования Фурье и одновременно не может быть применено вещественное преобразования Хартли» [1]. Преобразование Хартли является аналогом преобразования Фурье. Основной областью применения преобразования Хартли является спектральный анализ, фильтрация и обработка сигналов. Вещественное интегральное преобразование, сформулированное Хартли в 1942 г., позволяет обойтись без комплексного представления, а значит, характеризуется отсутствием избыточности. Преобразование Хартли обладает некоторым набором свойств, отличных от преобразования Фурье, которые будут рассмотрены ниже.

Определение преобразования. Преобразование Хартли задается парой формул (1.1):

$$\psi(\omega) = (1/\sqrt{2\pi}) \int_{-\infty}^{\infty} V(t) \text{cas}(\omega t) dt \quad (1.1)$$

$$V(t) = (1/\sqrt{2\pi}) \int_{-\infty}^{\infty} \psi(\omega) \text{cas}(\omega t) d\omega$$

В этих соотношениях для функции cas будем использовать функцию, представленную суммой косинуса и синуса одного и того же аргумента (1.2):

$$\text{cas}(t) \equiv \cos(t) + \sin(t) \quad (1.2).$$

Зачастую на практике необходимо использовать дискретные последовательности для описания временных рядов, поэтому введем

дискретную переменную τ , которая будет соответствовать времени, но принимать только целочисленные значения от 0 до $N-1$. Таким образом, дискретное преобразование Хартли (ДПХ) вещественной функции $f(\tau)$ и соответствующее обратное преобразование определяются соотношениями (1.3):

$$\begin{aligned} H(v) &= 1/N \sum_{\tau=0}^{N-1} f(\tau) \text{cas}(2\pi v \tau / N) \\ f(\tau) &= 1/N \sum_{v=0}^{N-1} H(v) \text{cas}(2\pi v \tau / N) \end{aligned} \quad (1.3)$$

ДПХ как и непрерывное имеет четную и нечетную составляющие (1.4):

$$H(v) = E(v) + O(v) \quad (1.4).$$

Запишем соотношения для четной и нечетной компонент (1.5):

$$E(v) = [H(v) + H(N - v)] / 2 \quad (1.5)$$

$$O(v) = [H(v) - H(N - v)] / 2$$

Из соотношения для преобразования Фурье, можно получить выражение для $F(v)$:

$$F(v) = E(v) - iO(v) \quad (1.6).$$

Используя свойство связи ДПХ и ДПФ, можно сформировать выражения $H(v)$:

$$H(v) = \text{Re } F(v) - \text{Im } F(v) \quad (1.7)$$

Следует отметить, что свойства ДПХ свидетельствуют в пользу использования этого преобразования в численном анализе и технике связи. Теория функций комплексной переменной существенно облегчила трактовку колебательных процессов и анализа сигналов, однако, использование комплексных экспонент является скорее удобной формой представления, нежели фундаментальным свойством. «Комплексные числа – изобретения человеческого разума, а не создание самой природы» [1]. При реализации алгоритмов ДПХ не требуется выделять участки памяти, и запоминать к какой области представления относятся составляющие, а значит, ДПХ более эффективно использует память и вычислительные ресурсы. Более того, ряд теорем для преобразования Фурье имеет различную форму для временной и частотной областей, этих «особенностей» лишено преобразование Хартли. Следует так же отметить, что скорости вычисления БПФ и БПХ совпадают, но поскольку в БПХ используется только вещественная область представления, вычисление БПХ выполняется в два раза быстрее [2]. Отдельного внимания заслуживает свойство симметричности прямого и обратного преобразования Хартли, что приводит к возможно использования одного программного кода и функционального узла ЦОС в «обе стороны».

На рисунке 1 показан способ использования такого узла в приемнике и передатчике на технологии OFDM [3].

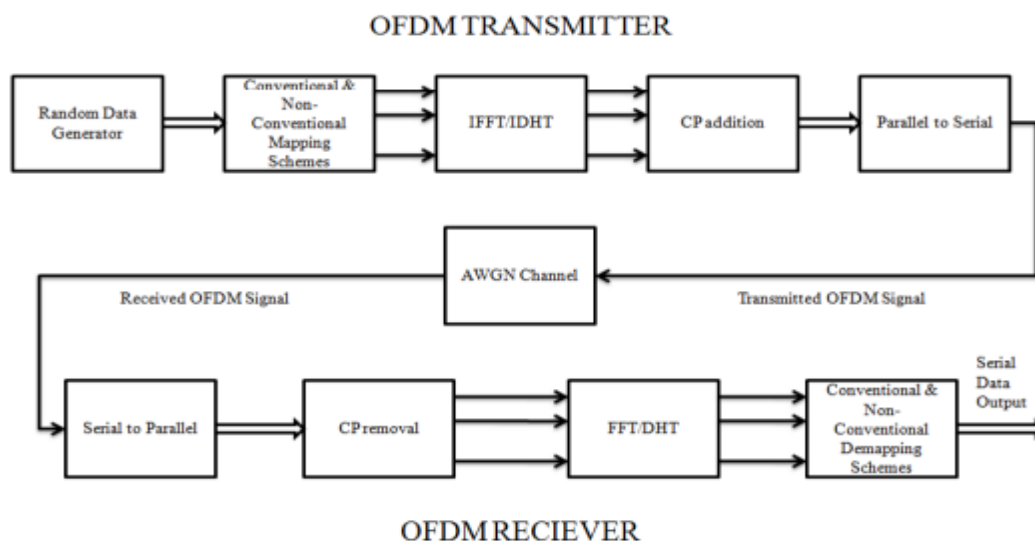


Рис. 1. Блочная диаграмма симуляции системы OFDM на основе ДПХ.

Ниже приведен пример реализации ДПХ на языке Python:

```

import math

user_input=raw_input("Enter data to transform:")
in_data=map(float, user_input.split())
N=len(in_data)
out_data=[0 for i in range(0,N)]

def DHT(in_data):
    for v in range (0, N):
        for t in range (0, N):
            out_data[v]+=in_data[t]*(math.sin(t*v/N)+math.cos(t*v/N))
    return out_data

```

Рис. 2. Реализация алгоритма ДПХ на языке Python.

Выводы. Учитывая свойства преобразования Хартли, целесообразно более широкое использование его в технике связи, в частности в цифровой фильтрации, передаче изображений, технологии OFDM и др. Для этого необходимо создать библиотеки и пакеты программ. Хотя БПХ не является абсолютной альтернативой БПФ, однако может быть использовано в тех случаях, когда необходимо сократить избыточность.

Литература

1. R. N. Bracewell. Discrete Hartley Transform. J.Opt.Soc.Am, 73(12):1832–1885, December 1983.
2. Hsieh S.Hou. The Fast Hartley Transform Algorithm. IEEE Transactions on Computers, C-36(2), February 1987.
3. Vinay Kumar Singh, Shilpi Gupta, Upena D. Dalal "Performance Comparison of Discrete Hartley Transform (DHT) and Fast Fourier Transform (FFT) OFDM System in AWGN Channel" International Journal of Computer Applications (0975 - 8887) Volume 70 - No. 9, May 2013

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ ПРИ ПЕРЕДАВАННІ ІНФОРМАЦІЇ

Жураківський Б.Ю., Срочинська Г.С.,
Довженко Н.М., Бондарчук А.П.

Державний університет телекомунікацій, Україна

E-mail: dnm_ovr@mail.ru

Using the principles of error-correcting coding in the transmission of information

In this article reviewed noise stability codes - one of the most effective means of providing high fidelity as the storage and the transmission discrete data. A special coding theory of noise-immunity rapidly developing in recent years.

К. Шеннон сформулював теорему для випадку передачі дискретної інформації з каналу із завадами яка стверджує що ймовірність помилкового декодування прийнятих сигналів може бути забезпечена як завгодно малою шляхом вибору відповідного способу кодування сигналів.

Під завадостійкими кодами розуміють коди, що дозволяють виявляти або виправляти помилки, які виникають у результаті впливу завад.

Завадостійкість кодування забезпечується за рахунок введення надмірності в кодові комбінації, тобто за рахунок того, що не всі символи в кодових комбінаціях використовуються для передачі інформації.

Всі завадостійкі коди можна розділити на два основних класи: блокові і неперервні (рекурентні або ланцюгові).

У блокових кодах кожному повідомленню (або елементу повідомлення) відповідає кодова комбінація (блок) із певної кількості сигналів. Блоки кодують і декодують окремо. Блокові коди можуть бути рівномірними, коли довжина кодових комбінацій n постійна, або нерівномірними, коли n мінлива.

Нерівномірні завадостійкі коди не одержали практичного застосування через складність їх технічної реалізації.

Як блокові, так і неперервні коди в залежності від методів внесення надмірності розділяються на роздільні і нероздільні. У роздільних кодах чітко розмежована роль окремих символів. Одні символи є інформаційними, інші є перевірними і служать для виявлення і виправлення помилок. Роздільні блокові коди називаються звичайно n -кодами, де n – довжина кодових комбінацій, k – число інформаційних символів у комбінаціях. Нероздільні коди не мають чіткого розділення кодової комбінації на інформаційні і перевірні символи. Цей клас кодів поки нечисленний. Роздільні блокові коди розділяються, у свою чергу, на несистематичні і систематичні.

Більшість відомих роздільних кодів складають систематичні коди. У цих кодів перевірні символи визначаються в результаті проведення лінійних операцій над певними інформаційними символами. Для випадку двійкових кодів кожний перевірний символ вибирається таким, щоб його сума за модулем два з певними інформаційними символами стала рівною нулю. Декодування зводиться до перевірки на парність певних груп символів. У результаті таких перевірок дається інформація про наявність помилок, а в разі потреби - про

позицію символів, де є помилки. Основні принципи завадостійкого кодування.

Для з'ясування ідеї завадостійкого кодування розглянемо двійковий код, що знайшов на практиці найбільш широке застосування. Нагадаємо, що двійковий код – це код із основою $m=2$. Кількість розрядів n у кодовій комбінації прийнято називати довжиною або значністю коду. Символи кожного розряду можуть приймати значення 0 і 1. Кількість одиниць у кодовій комбінації називають вагою кодової комбінації і позначають w .

Ступінь відмінності будь-яких двох кодових комбінацій даного коду характеризується так званою відстанню між кодами d . Вона виражається числом позицій або символів, у яких комбінації відрізняються одна від одної, і визначається як вага суми за модулем два цих кодових комбінацій.

Помилки, внаслідок впливу завад, виявляються в тому, що в однім або декількох розрядах кодової комбінації нулі переходять в одиниці і, навпаки, одиниці переходять у нулі. В результаті створюється нова - помилкова кодова комбінація.

Якщо помилки відбуваються тільки в одному розряді кодової комбінації, то їх називають однократними. При наявності помилок у двох, трьох і т.д. розрядах помилки називають дворазовими, триразовими і т.д.

Експериментальні дослідження каналів зв'язку показали, що помилки символів при передачі по каналу зв'язку, як правило, групуються в пачки різної тривалості. Під пачкою помилок розуміють ділянку послідовності, що починається і закінчується помилково прийнятими символами. В середині пачки можуть бути і правильно прийняті елементи.

Для вказання місць у кодовій комбінації, де є перекручування символів, використовується вектор помилки e . Вектор помилки n -розрядного коду – це n -розрядна комбінація, одиниці в якій указують положення перекручених символів кодової комбінації.

Вага вектора помилки w_e характеризує кратність помилки. Сума за модулем два для перекрученої кодової комбінації і вектори помилки дають вихідну невикривлену комбінацію.

Як уже відзначалося, завадостійкість кодування забезпечується за рахунок внесення надмірності в кодові комбінації. Це значить, що з n символів кодової комбінації для передачі інформації використовується $k < n$ символів. Отже, із загального числа $N_0=2^n$ можливих кодових комбінацій для передачі інформації використовується тільки $N = 2^k$ комбінацій. Відповідно до цього вся множина $N_0=2^n$ можливих кодових комбінацій поділяється на дві групи. У першу групу входить множина $N=2^k$ дозволених комбінацій, друга група містить у собі множину $(N_0 - N) = 2^n - 2^k$ заборонених комбінацій.

Якщо на стороні приймання встановлено, що прийнята комбінація відноситься до групи дозволених, то вважається, що сигнал прийшов без перекручувань. В іншому випадку робиться висновок, що прийнята комбінація перекручена. Однак це справедливо лише для таких перешкод, коли усунута можливість переходу одних дозволених комбінацій в інші.

У загальному випадку кожна з N дозволених комбінацій може трансформуватися в будь-яку з N_0 можливих комбінацій, тобто усього є $N \cdot N_0$ можливих варіантів передачі, із них:

- N варіантів безпомилкової передачі;
- $N(N-1)$ варіантів переходу в інші дозволені комбінації;
- $N(N_0-N)$ варіантів переходу в заборонені комбінації.

Таким чином, не всі перекручування можуть бути виявлені. Частка помилкових комбінацій, що виявляються, складає

$$\frac{N(N_0 - N)}{N \cdot N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} \quad (1)$$

Для використання даного коду як виправного множина заборонених кодових комбінацій розбивається на N підмножин, що не перетинаються. Кожна з підмножин ставиться у відповідність одній із дозволених комбінацій. Помилка виправляється в $(N_0 - N)$ випадках, рівних кількості заборонених комбінацій. Частка помилкових комбінацій, що виправляються, від загального числа помилкових комбінацій, що виявляються, складає

$$\frac{N_0 - N}{N(N_0 - N)} = \frac{1}{N} \quad (2)$$

Спосіб розбиття на підмножини залежить від того, які помилки повинні виправлятися даним кодом.

Нехай необхідно побудувати код, що виявляє всі помилки кратністю t і нижче. Побудувати такий код – це означає із множини N_0 можливих вибрати N дозволених комбінацій так, щоб будь-яка з них у сумі за модулем два з будь-яким вектором помилок із вагою $W_l \leq t$ не дала б у результаті ніякої іншої дозволеної комбінації. Для цього необхідно, щоб найменша кодова відстань задовольняла умову

$$d_{\min} \geq t+1 \quad (3)$$

У загальному випадку для усунення помилок кратності σ кодова відстань повинна задовольняти умову

$$d_{\min} \geq 2\sigma+1 \quad (4)$$

Аналогічно міркуючи, можна встановити, що для виправлення всіх помилок кратності не більше σ і одночасно виявлення всіх помилок кратності не більше t і (при $t \geq \sigma$) кодова відстань повинна задовільняти умову

$$d_{\min} \geq t+\sigma+1 \quad (5)$$

Література

1. Хемминг Р. В. Теория кодирования и теория информации / Хемминг Р. В. – М. : Радио и связь, 1983. 214 с.
2. Кричевський Р. Е. Сжатие и поиск информации / Кричевський Р. Е. – М. : Радио и связь, 1989. – 168 с.
3. Шеннон К. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике / Клод Шеннон. – М. : Иностранная литература, 1963. – С. 223-332.
4. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования / И. В. Кузьмин, В. А. Кедру. – К. : Вища школа, 2003. – 220 с.

ВІДОБРАЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕПЕРЕРВНИХ КОДІВ В ПРОСТОРІ ВІДОБРАЖЕННЯ БЛОКОВИХ КОДІВ

Уривський Л.О., Пешкін А. М.
(ORCID: 0000-0002-4073-9681)

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина
E-mail: leonid_uic@ukr.net

Displaying the parameters of convolutional codes in the space of block codes

The aim is to display the parameter of convolutional continuous codes in the space of block codes. This allows evaluating the effectiveness use of convolutional codes in the communication channel with the specified parameters and synthesizing block code with equivalent or better options.

В роботах [1-5] викладено методику синтезу блокових завадостійких кодів при відомих значеннях довжини блоку коду, енергетики h^2 прийому сигналів та заданому виді модуляції.

Головною перевагою наведеної методики є наявність чітких границь завадостійкого кодування у парі з однозначною залежністю виправної здатності блокового коду від ймовірностей помилки на вході та виході декодера. Це дозволяє однозначно визначати межі існування завадостійкого блокового коду при заданих параметрах каналу та необхідній ймовірності помилки, а також найкращий код у визначених межах, який максимально наближується до границі Шеннона.

На відміну від блокових кодів, для неперервних кодів не існує аналогічних границь завадостійкого кодування. Для оцінки коригуючих можливостей неперервних кодів при використанні жорсткого декодування за алгоритмом Вітербі (алгоритмом максимальної правдоподібності) використовуються верхні границі, які знаходяться на основі порівняння ваги послідовності, що передається, та можливих декодованих комбінацій на прийомній стороні за умови виникнення помилок у каналі зв'язку. Верхня границя ймовірності помилки на виході декодера неперервних кодів визначається з міркувань, що ймовірність події виникнення одної, двох чи більше помилок не перевищує суми ймовірностей подій виникнення одної, двох чи більше помилок.

$$p \leq \sum_{k=d_f}^{\infty} W_k \cdot P_k, \quad (1)$$

де W_k – коефіцієнти спектра коду, які дорівнюють кількості помилок на виході декодера, які виникли коли прийнята кодова комбінація відстояла від переданої на відстань $k = d_f$;

P_k – ймовірність вибору помилкового шляху ваги k , визначається виразом:

$$P_k = \begin{cases} \sum_{i=\frac{k+1}{2}}^k C_k^i \cdot P_0^i \cdot (1 - P_0)^{k-i} - \text{при непарному } k \\ \frac{1}{2} \cdot C_k^{\frac{k}{2}} \cdot P_0^{\frac{k}{2}} (1 - P_0)^{\frac{k}{2}} + \sum_{i=\frac{k}{2}+1}^k C_k^i \cdot P_0^i \cdot (1 - P_0)^{k-i} - \text{при парному } k \end{cases}, \quad (2)$$

де P_0 – канална ймовірність помилки;

$$C_k^i = \frac{k!}{i!(k-i)!} - \text{кількість комбінацій з } k \text{ по } i.$$

Задача відображення неперервних кодів у просторі блокових кодів зводиться до переносу параметрів завадостійкості, отриманих з співвідношень (1) та (2) у простір границь блокових кодів, що дозволить порівнювати ефективність використання блокових чи неперервних кодів у каналі з заданими параметрами.

Першим кроком є визначення значень h^2 для неперервних кодів при різних довжинах кодового обмеження для кодових швидкостей 1/2, 1/3, 2/3, 3/4.

Другим кроком є побудова знайдених значень неперервних кодів у координатах (h^2, R) . Ці координати є спільними для неперервних та блокових кодів, а отже разом із неперервними кодами зобразимо у них границі блокових кодів та границю Шеннона для певного значення n .

Третім кроком є побудова проекції неперервних кодів у область лінії завадостійкості блокових кодів.

Проекція в область лінії завадостійкості побудована за допомогою границь Варшмова-Гільберта та Плоткіна. У результаті для кожного коду маємо 2 точки. Точка, яка відповідає границі Плоткіна дозволяє порівняти неперервний код з найкращим максимально досяжним блоковим кодом, в той час як точка, яка відповідає границі Варшмова-Гільберта дозволяє порівняти неперервний код з реально існуючим блоковим кодом.

Умовою рівності виправної здатності блокових та неперервних кодів є приналежність проекцій неперервних кодів лінії завадостійкості блокового коду. Рівність кодових швидкостей впливає за умови побудови.

Для того, щоб лінія завадостійкості блокового коду перетинала проекції неперервного коду, необхідно «погіршувати» параметри блокового коду, зменшуючи довжину блоку. При цьому лінія завадостійкості буде переміщуватись праворуч до перетину з проекціями.

Результатом пошуку є значення довжини кодового блоку, при якій корегуюча здатність неперервного коду дорівнює корегуючій здатності блокового коду. Знаючи довжину кодового блоку $n_{\text{екв}}$ та відношення $d/2n$ можна знайти еквівалентне значення кодової відстані $d_{\text{екв}}$. Слід підкреслити, що при зменшенні довжини кодового блоку, границі Плоткіна та Варшмова-Гільберта також зміщуються тим більше, чим менше значення n . Разом із ними зміщуються відповідні проекції неперервних кодів. Цей фактор необхідно враховувати при відображенні параметрів неперервних кодів у просторі блокових кодів.

До цього моменту поставлена задача вирішувалася на основі методики синтезу блокових кодів при фіксованих вимогах щодо достовірності передачі інформації каналом зв'язку (ймовірність помилки на виході декодера 10^{-6}). Побудуємо неперервний код у координатах границь завадостійкого кодування, змінюючи при цьому вимоги до виправної здатності з 10^{-6} , до 10^{-9} .

На рис.1 зображені два неперервних кода зі швидкостями кодування 1/2 (точки 1, 2) та 1/3 (точки 3, 4). З рисунка видно, що при збільшенні вимог до достовірності передачі положення кодів зміщується вправо. Це пов'язано з тим, що згідно рис. 4, також збільшується h^2 , що призводить до зменшення ймовірності помилки в каналі.

Висновки. В доповіді описано методика відображення параметрів неперервних кодів у просторі відображення блокових кодів, завдяки чому стало можливим порівнювати блокові і неперервні коди та оцінювати ефективність використання тих чи інших кодів у системах зв'язку.

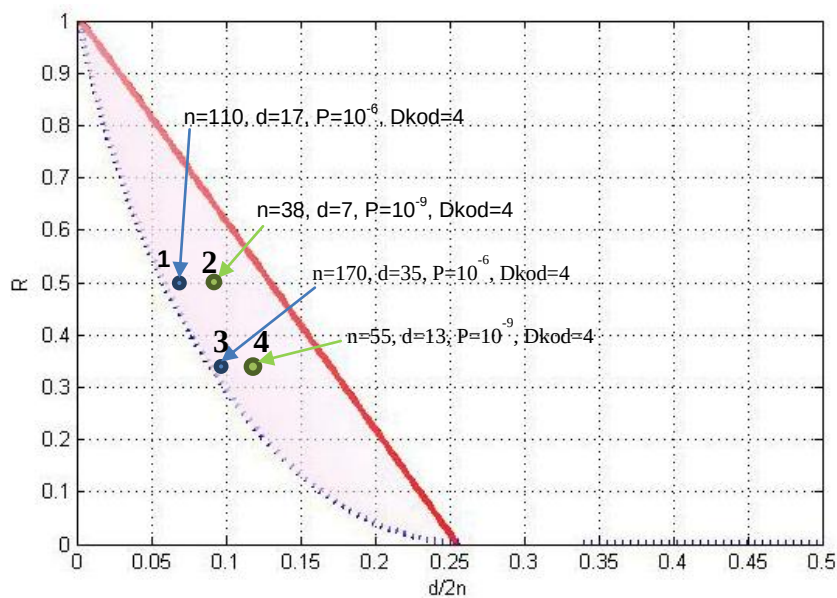


Рис.1. Відображення еквівалентних параметрів неперервних кодів згідно границі Варшамова-Гільберта у границях завадостійкого кодування блокових кодів

Висновки. В доповіді описано методика відображення параметрів неперервних кодів у просторі відображення блокових кодів, завдяки чому стало можливим порівнювати блокові і неперервні коди та оцінювати ефективність використання тих чи інших кодів у системах зв'язку. За допомогою даною методики можливо оцінювати границі ефективності використання блокових та неперервних кодів у каналі зв'язку із завадами при заданих частотно-енергетичних характеристиках.

Література

1. Урывский Л.А. Выбор блочного помехоустойчивого кода по критерию максимального приближения к границе Шеннона/ Урывский Л.А. Прокопенко Е.А., Пешкин А.М. // Telecommunication sciences. – 2011, № 2, с.41-47.
2. Урывский Л.А. Исправляющая способность блочных помехоустойчивых кодов в пределах аксиоматики Шеннона./Урывский Л.А. Пешкин А.М.// Сборник тезисов II международной конференции молодых ученых «Инфокоммуникации – современность и будущее»./ Збірка тез, ч.1. — Одеса: ОНАЗ ім. О.С Попова, 2012 – с. 33-37.
3. Урывський Л. О. Оцінка граничних корегуючих можливостей неперервних кодів через еквівалентні параметри блокових кодів/ Урывський Л. О. Пешкин А.М./ VII Міжнародна НТК «Проблеми телекомунікацій», Збірник матеріалів. – К.: ІТС НТУУ «КПІ», 2013, с. 350...353.
4. Пешкін А.М. Порівняння методик синтезу параметрів коригуючих завадостійких кодів для оцінки їх завадостійких властивостей / Пешкін А.М.// IV Міжнародна науково-практична конференція присвячена 25-річчю заснування кафедри «Радіотехніки та інформаційної безпеки» Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича – Чернівці-2014.
5. Urywsky L. The Convolutional Codes Analysis Technique on the Optimum Block Codes Grounds / Urywsky L., Prokopenko K., Peshkin A. / Journal of Information & Telecommunication Sciences. – № 2, 2014. –p.p. 8-13.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

Урывский Л.А., Мошинская А.В.

(ORCID: 0000-0002-4073-9681)

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: avmoshinskaya@gmail.com

Method of estimation for quality digital signal

A new method of estimating parameters of quality for digital communication channels is proposed. The relationship theoretical and applied knowledge is show. The parameters of quality for digital signal proposed in ITU-T Rec. G.826 are investigated in this paper.

Категория «качество передачи цифрового сигнала» является одной из важных характеристик при оценке эффективности передачи информации в телекоммуникационной системе. В классических трудах В.И. Коржика, Л.М. Финка и др. качество передачи сигнала обуславливается помехоустойчивостью канала связи и определяется достоверностью передачи информации [1]. Показателями достоверности выступают вероятность ошибки символа в канале связи $p_{\text{ош}}$ и вероятность ошибки информационного бита p_b [2].

В современных стандартах и рекомендациях союза электросвязи ITU-T существует своя иерархия показателей качества связи, не связанная с классической теорией помехоустойчивости.

Таким образом, единой методики определения показателей качества каналов телекоммуникаций не существует.

Целью исследования является создание такой единой методики оценки качества связи, в которой знания, предлагаемые в теории помехоустойчивости и выраженные аналитическими закономерностями, можно сделать прикладными с помощью современных рекомендаций союза электросвязи ITU-T.

В рекомендации G.821 в качестве параметра ошибок цифрового соединения выбраны два следующих [3]

1. Число секунд с ошибками (Errored Second, ES), к которым относится каждая секунда, в которой имеется по крайней мере одна ошибка. Как следует из определения, при таком подходе одиночная ошибка и пакет ошибок не различаются.
2. Число секунд с многочисленными ошибками (Severely Errored Second, SES), где SES означает секунду с коэффициентом ошибок $\geq 10^{-3}$.
3. Поскольку оба параметра — и ES, и SES — зависят от времени измерения T, для практической оценки качества цифрового соединения применяют их относительные значения: Errored Second Ratio ESR = ES/T и Severely Errored Second Ratio SESR = SES/T.

Последующим поколением рекомендаций является G.826 «Параметры и нормы ошибок международных цифровых соединений на скорости выше первичной», одобренная ITU-T в 1993 г. Она обеспечила решение трех главных задач по организации тестирования ошибок цифровых соединений:

- во время нормальной эксплуатации;
- на скоростях 1544 Кбит/с, 2048 Кбит/с и выше;

- в сетях с использованием технологий SDH и ATM.

В рекомендации G.826 определены три типа блочных ошибок:

- ошибочный блок (Errored block, EB), содержит один или более ошибочных битов;

- секунда с ошибками (Errored Second, ES), содержащая хотя бы один блок с ошибками или дефект;

- секунда с многочисленными ошибками (Severely Errored Second, SES), содержащая 30% блоков с ошибками или, по крайней мере, один период с серьезными нарушениями соединения (Severely Disturbed Period, SDP);

- блок с фоновой ошибкой (Background Block Error, BBE) - блок с ошибками вне отмеченных ошибками секунд (SES).

В рекомендации G.826, как и в G.821B, применяются три относительных параметра блочных ошибок:

- коэффициент секунд с блочными ошибками (Errored Second Ratio, ESR), равный отношению секунд с блочными ошибками во время доступности канала к общему числу секунд измерения;

$$ESR = \frac{\sum_i ES_i}{T_{дост} - T_{недост}} \quad (1)$$

- коэффициент секунд с сильными блочными ошибками (Severely Errored Second Ratio, SESR), равный отношению секунд с сильными блочными ошибками во время доступности канала к общему числу секунд измерения;

$$SESR = \frac{\sum_i SES_i}{T_{дост} - T_{недост}} \quad (2)$$

- коэффициент блоков с фоновыми ошибками (Background Block Error Ratio, BBER), отношение числа фоновых блочных ошибок во время доступности канала к общему числу секунд на длительности интервала измерения.

$$BBER = \frac{\sum_i BBE_i}{\left(T_{дост} - T_{недост} - \sum_j SES_j \right) \times \left[\frac{\text{блок}}{c} \right]} \quad (3)$$

Рекомендации на допустимый уровень ошибок представлены в табл. 1.

Табл. 1 Рекомендации на допустимый уровень ошибок

Скорость	Подключения	Линии соединения				
	От 64 кбит/с до первичной скорости	От 1,5 до 5 (Мбит/с)	>5 до 15 (Мбит/с)	>15 до 55 (Мбит/с)	>55 до 160 (Мбит/с)	>160 до 3500 (Мбит/с)
Биты/Блок	Не применяется	800-5000	2000-8000	4000-20 000	6000-20 000	15 000-30 000
ESR	0.04	0.04	0.05	0.075	0.16	-
SESR	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
BBER	Не применяется	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	10^{-4}

Нужно иметь в виду, что при расчете всех трех параметров учитывается только время, в течение которого система передачи находится в состоянии готовности.

В теории кодирования вероятность ошибочного декодирования кодовой комбинации соответствует неравенству [4]:

$$P_{OШ\_КК} \geq \sum_{j=S_{испр}+1}^n C_n^j P_{OШ}^j (1 - P_{OШ})^{n-j} \quad (4)$$

В выражении (4) равенство имеет место, если используется идеальный код. Соотношение между параметрами n и $S_{испр}$ определяется конкретно выбранным кодом. $P_{OШ}$ – вероятность ошибки символа.

Неравенство (1), построено на основе бинома Ньютона и выступает аналитической моделью для определения показателей качества, определенных в рекомендации G.826.

Таким образом, можно построить следующие аналитические зависимости:

- вероятность появления одной или более ошибки в блоке:

$$EB = 1 - (1 - P_{OШ})^n \quad (5)$$

- вероятность появления одного или более ошибочных блоков:

$$ES = (1 - EB)^M = \left\{ 1 - (1 - (1 - P_{OШ})^n) \right\}^M = 1 - (1 - P_{OШ})^{V_s} \quad (6)$$

где V_s – скорость источника, $M = V_s/n$ соответствует отношению скорости источника к размеру блока закодированной последовательности.

Таким образом, предлагается новая методика оценки показателей качества каналов телекоммуникаций. Задаваясь исходными данными, а именно скоростью источника V_s , размером блока n и вероятностью ошибки символа $P_{OШ}$ можно определить вероятность появления ошибок в одном блоке и вероятность появления одного или более ошибочных блоков в передаваемой последовательности символов, приводя теоретические показатели помехоустойчивости к стандартизированным показателям достоверности в телекоммуникационных системах.

Литература

1. Коржик В. И., Финк Л. М., Щелкунов К. Н. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений: Справочник / Под ред. Л. М. Финка. — М.: Радио и связь, 1981. — 232 с.
2. J. G. Proakis, Digital Communication, 4th ed. Boston, MA: McGraw-Hill, 2000.
3. ITU-T Recommendation G.826. End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections, – 2002. – pp. 6-9.
4. Кларк Дж. Кодирование с исправление ошибок в системах цифровой связи / Кларк Дж., Кейн Дж. – М.: Радио и связь, 1987. – с. 392.

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ КАНАЛА В ГРАНИЦАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЫИГРЫША КОДИРОВАНИЯ

Урывский Л.А., Прокопенко Е.А.

(ORCID: 0000-0002-4073-9681)

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: leonid_uic@ukr.net, k.prokopenko@ukr.net

Channel resource management in boundaries of coding gain

This article is devoted to code power gain. The various methods for assessing the equivalence of error-correcting code are described.

При построении систем связи с применением корректирующего кода возникает вопрос о выборе кода. В числе наиболее значимых стоит вопрос сложности кодирования и декодирования.

Для сравнения помехоустойчивых кодов были введены следующие параметры: эквивалентной вероятности ошибки и эквивалентный выигрыш кодирования [1, 2].

Эквивалентная вероятность ошибки (ЭВО) является удобной мерой для сравнения между собой не только различных кодов, применяемых в одном и том же канале, но и для сравнения различных систем связи, в которых могут использоваться различные каналы, различные методы модуляции и организации связи между собой различных кодов [1].

Понятие энергетического выигрыша кодирования численно равно разности (в децибелах) отношения сигнал/шум для некодированной и кодированной передачи сообщений при данном виде модуляции и заданной вероятности ошибки в приеме символа. Это понятие позволяет оценивать коды на энергетическом уровне с учетом характеристик канала, для которого они предназначены [2]. Понятие ЭВК используется чаще.

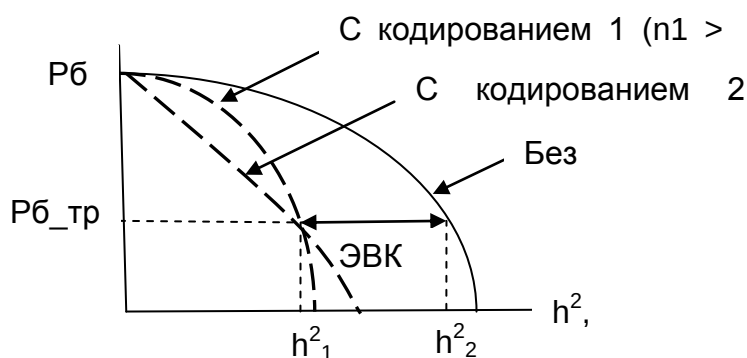


Рис. 1 Иллюстрация понятия энергетического выигрыша кодирования

На рис.1 схематически изображены зависимости вероятности ошибки сигналов ФМ-2 без кодирования и с кодированием двумя кодами: с длиной блока n_1 и n_2 ($n_1 > n_2$). Показано, что ЭВК оценивает разницу в затрачиваемой энергетике h^2 для достижения требуемой битовой вероятности ошибки $P_{б\_тр}$.

Таким образом, ЭКВ является характеристикой помехоустойчивого кода, которая позволяет оценивать выигрыш в энергетике, который обеспечивает заданный код.

При исследовании ЭКВ помехоустойчивых кодов [3], было выявлено, что значения ЭВК кодов не являются исчерпывающей характеристикой. Одинаковые численные значения ЭВК могут иметь коды с различными параметрами (см. рис.1): длиной блока, скоростью кодирования. Так, одинаковый ЭВК = 4дБ имеют блочные коды (127, 57, 11) и (63, 30, 5).

Кроме того, значительный интерес представляют ресурсы канала, которые можно использовать более эффективно при неизменном ЭВК: полоса частот и мощность полезного сигнала.

В зависимости от ресурса, который является ограниченным, различают следующие стратегии выбора дополнительных параметров кода и сигнала при равных значениях ЭВК и фиксированных требованиях по достоверности:

1) увеличение скорости источника информации в общем потоке символов в неизменной полосе за счет кодирования при использовании дополнительного энергетического ресурса;

2) сокращение задействованной для передачи полосы частот за счет кодирования при постоянной скорости источника без ущерба достоверности.

В первом случае следует рассматривать способ получения заданного выигрыша ЭВК для увеличения скорости источника информации. Так, при повышении мощности передачи на 8 дБ (6,3 раза) скорость источника может быть увеличена в 2,7 раза (4,3 дБ) при скорости кодирования 3/4.

Во втором случае при скорости кодирования 3/4 в приведенном примере при повышении мощности передачи на 6,7 дБ (4,7 раза) полоса частот излучения может быть уменьшена на 2,7 дБ (в 1,9 раза).

Таким образом, ЭВК является не только характеристикой, позволяющей оценивать и сравнивать помехоустойчивые коды, но и своеобразным энергетическим запасом, обеспечивающим манипулирование другими ресурсами, которыми обладает система.

Литература

1. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. [Текст] /Финк Л.М.// – 2-е изд., перераб., и доп. – М.: Сов. радио, 1970.
2. Коржик В. И., Финк Л. М. Помехоустойчивое кодирование дискретных сообщений в каналах со случайной структурой. – М.: "Связь", 1975.
3. Uryvsky L., Prokopenko K., Peshkin A. the convolutional codes analysis technique on the optimum block codes grounds// Information and Telecommunication Sciences, Volume 5, Number 2.- K, 2014. – pp. 8-14.

АППРОКСИМАЦИЯ ЭКСТРЕМУМОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В ДИСКРЕТНЫХ КАНАЛАХ С КОДИРОВАНИЕМ

Урывский Л.А., Вергун С. Н.
(ORCID: 0000-0002-4073-9681)

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина
E-mail: leonid_uic@ukr.net, svtlanavergun92@gmail.com

Approximation of discrete channel with coding efficiency extrema

It was produced investigation of the transmission systems extrema performance for binary signals based on correlation analysis of the symbol rate in the channel and the probability of error performance and throughput in a discrete channel using redundant coding. The values of the maximum transmission channel performance under certain energy characteristics and the length of the error-correcting block code are defined.

Стремительное развитие систем передачи информации требует увеличения скорости безошибочной передачи. Согласно теореме Шеннона, существует способ кодирования и декодирования, при котором возможно осуществить передачу сообщений по каналу с помехами со сколь угодно малой вероятностью ошибки. Однако, теорема не определяет параметры помехоустойчивого кода и условий его получения.

Влияние помехоустойчивого кодирования на производительность источника дискретных сигналов, можно оценить с помощью [1]:

$$R = V_S \cdot r_k \left[1 + p_{\text{бум}} \log p_{\text{бум}} + (1 - p_{\text{бум}}) \log(1 - p_{\text{бум}}) \right], \quad (1)$$

где V_S – скорость формирования источником информационных символов;

$r_k = \frac{k}{n}$ – скорость кодирования, которая определяется как отношение количества информационных символов (k) к общему числу символов блока (n);

$p_{\text{бум}}$ – вероятность битовой ошибки при приеме символов источника.

Для канала связи с помехами, использующего M -позиционные сигналы, пропускная способность определяется следующим образом [1]:

$$C = V_C \left[\log M + p_{\text{ош}} \log \frac{p_{\text{ош}}}{M-1} + (1 - p_{\text{ош}}) \log(1 - p_{\text{ош}}) \right], \quad (2)$$

где $p_{\text{ош}}$ – вероятность ошибочного приёма символов из канала связи;

V_C – скорость передачи символов в канале связи.

В случае когерентного способа обработки сигналов бинарной фазовой манипуляции ФМ-2 ($M=2$) вероятность ошибки приема манипулированных сигналов может быть рассчитана по формуле [3]:

$$p_{\text{ошФМ-2КГ}} = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\sqrt{2 \frac{\alpha}{V_C}} \right) \right], \quad (3)$$

где $\Phi(x)$ – интеграл вероятности или функция Крампа;

$\alpha = \frac{P_c}{N_0}$ – энергетический параметр, определяемый отношением мощности сигнала в точке приема P_c и односторонней спектральной плотности мощности помехи N_0 .

В случае некогерентного способа обработки сигналов ФМ-2 [3]:

$$P_{ошОФМ-2НКТ} = \frac{1}{2} e^{-\frac{\alpha}{V_c}}. \quad (4)$$

Вероятность ошибки символа многопозиционного сигнала на выходе демодулятора при ФМ-4 ($M=4$) определяется по формуле:

$$P_{ФМ-4ош} = \frac{3}{4} - \frac{1}{2} \Phi\left(\sqrt{\frac{\alpha}{V_c}}\right) - \frac{1}{4} \Phi^2\left(\sqrt{\frac{\alpha}{V_c}}\right), \quad (5)$$

а вероятность ошибки бинарного символа для этого случая составляет:

$$P_{ФМ-4бш} = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi\left(\sqrt{2 \frac{\alpha}{V_c}} \cos \frac{\pi}{4}\right) \right]. \quad (6)$$

Из зависимостей (3) – (6), видно, что увеличение скорости передачи V_c приводит к увеличению вероятности битовой ошибки $p_{бш}$. В этом случае, для обеспечения требуемой достоверности при неизменных энергетических ресурсах канала α , необходимо применить помехоустойчивое кодирование.

Постоянное повышение скорости передачи приводит к необходимости использования кодов с большей исправляющей способностью S и, соответственно, меньшей скоростью кодирования r_k . Противоположность указанных тенденций изменения производительности в (1) порождает экстремумы (максимумы) показателя R .

Задача нахождения экстремума производительности сводится к поиску максимума следующего функционала [2]:

$$\max_{V_c \rightarrow \infty} R | n, p_{бш}, \alpha = const. \quad (7)$$

Функционал (7) означает, что необходимо найти максимум производительности при постоянных длине блока n , требуемой достоверности $p_{тр}$, заданном энергетическом параметре α в условиях увеличивающейся скорости передачи V_c .

Экстремумы производительности для различных наборов исходных параметров определяются на основе итерационного метода при пошаговом наращивании значения скорости V_c .

На рис.1 изображены графики пропускной способности и производительности, которые отображают изменение производительности бинарных сигналов фазовой манипуляции при когерентной и некогерентной обработке и сигналов ФМ-4 при увеличении скорости в случае $\alpha = 32 \text{ с}^{-1}$. При этом требования к вероятности ошибки приёма информации в системе неизменны: $p_{бш} = 10^{-6}$.

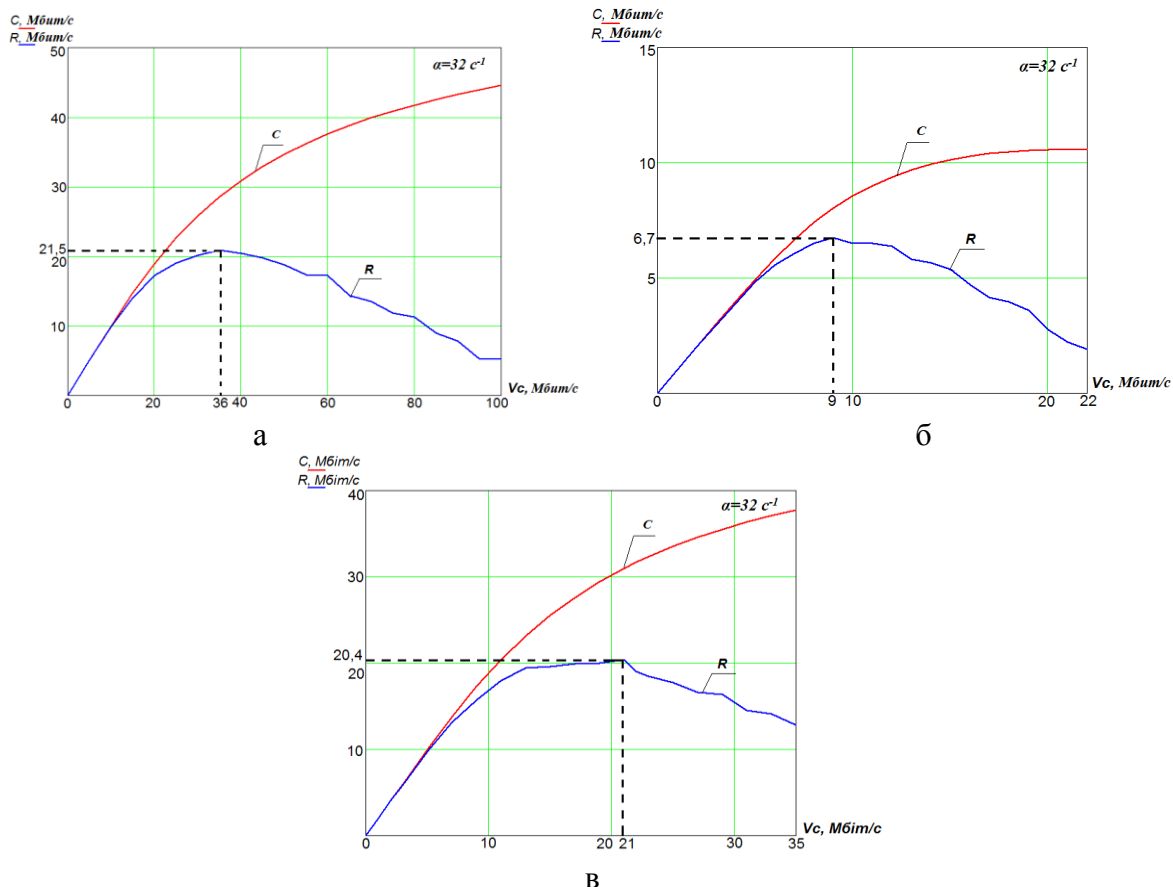


Рис.1. Графики пропускной способности и производительности при $\alpha=32 \text{ c}^{-1}$, $n=100$ для: а) ФМ-2, КГ; б) ФМ-2, НКГ; в) ФМ-4

При увеличении длины блока кода характер зависимости производительности от скорости передачи символов сохраняется. В табл. 1 сведены результаты исследования для случая, когда $n=100$, 200 и 1000 символов, сигналов ФМ-2 при когерентном способе обработки сигналов [2].

Таблица 1. Параметры дискретного канала при ФМ-2 и $\alpha=32 \text{ c}^{-1}$

n	V_c , Мбит/с	C , Мбит/с	R , Мбит/с	$p_{\text{ош}}$	$p_{\text{бит}} \cdot 10^{-7}$	S	k
100	36	29,06	21,5	0,03	9,3	8	74
200	40	30,9	22,24	0,037	9,174	15	144
1000	45	32,92	24,69	0,046	8,9	64	750

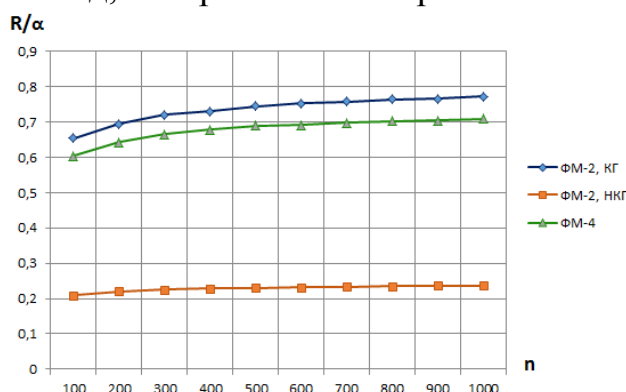
При увеличении скорости передачи символов V_c увеличивается пропускная способность C и производительность R . С ростом V_c различие между этими величинами увеличивается. После точки максимума пропускная способность C продолжает возрастать, а производительность R набирает тенденцию к снижению, что происходит в следствии необходимых затрат на помехоустойчивое кодирование для обеспечения качества передачи информации не менее 10^{-6} .

Исходя из анализа полученных результатов, прослеживается пропорциональная зависимость значения экстремума производительности R и энергетического параметра α для сигналов ФМ-2 и ФМ-4. Аналитические зависимости этих величин для рассмотренных случаев сведены в табл. 2.

Таблица 2. Зависимость значения экстремума R и параметра α

	ФМ-2, КГ	ФМ-2, НКГ	ФМ-4
$n=100$	$R = 0,66 \alpha$	$R = 0,21 \alpha$	$R = 0,6 \alpha$
$n=500$	$R = 0,74 \alpha$	$R = 0,23 \alpha$	$R = 0,69 \alpha$
$n=1000$	$R = 0,77 \alpha$	$R = 0,24 \alpha$	$R = 0,71 \alpha$

Графическая зависимость производительности R и значения параметра α , при котором достигается максимум R , от длины блока кода n для когерентного и некогерентного способов обработки бинарных сигналов и для сигналов ФМ-4 имеет вид, отображенный на рис. 2.

Рис. 2. Зависимость производительности R и параметра α от длины блока кода

При проведении полиномиальной аппроксимации построенных кривых были получены их уравнения. Для бинарных сигналов когерентной обработки уравнение имеет вид:

$$\frac{R}{\alpha} = -4 \cdot 10^{-13} n^4 + 10^{-9} n^3 - 10^{-6} n^2 + 0,0007n + 0,5952, \quad (8)$$

а при некогерентной обработке:

$$\frac{R}{\alpha} = 3 \cdot 10^{-6} n^5 - 9 \cdot 10^{-5} n^4 + 0,0013n^3 - 0,0083n^2 + 0,0289n + 0,1865. \quad (9)$$

Для сигналов ФМ-4:

$$\frac{R}{\alpha} = -4 \cdot 10^{-5} n^4 + 0,0012n^3 - 0,0133n^2 + 0,0695n + 0,5471. \quad (10)$$

Таким образом, при известных энергетических характеристиках, а именно: отношении мощности сигнала к спектральной плотности мощности шума α , и длине блока помехоустойчивого кода n , можно определить значение максимальной производительности источника дискретных сообщений. Можно утверждать, что использование ресурсов канала является самым рациональным именно при этом значении, так как дальнейшее увеличение скорости передачи приводит к снижению производительности.

Литература

1. Уривський Л.О. Визначення границь коригуючих властивостей блокових кодів [Текст] / Уривський Л.О., Прокопенко К.А. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Радіoeлектроніка та телекомунікації" – 2011 - № 705 - С.90-97.
2. Урывский Л. А., Прокопенко Е. А., Вергун С. Н. Исследование экстремумов производительности в дискретных каналах связи с кодированием // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. №.5(33) – с. 20-26.
3. Основы теорії телекомунікацій: підручник / О. В. Корнейко, О. В. Кувишинов, О. П. Лежнюк [та ін.]; за заг. ред. М. Ю. Ільченка. – К.: Вид-во ІССЗІ НТУУ «КПІ», 2010. – 786 с.: іл.

УЗАГАЛЬНЕННЯ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З ПРІОРИТЕТАМИ

Уривський Л.О., Гахова Г.С.

(ORCID: 0000-0002-4073-9681)

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: leonid_uic@ukr.net, anna.gakhova@gmail.com

Generalization queuing system with a priority

The model that combines the generalized analytic form for all known applications a variety of service in QS is described. The chart conversion system states, generalized mathematical expression, as well as individual cases in a system without priorities, service system with an absolute, relative, combined priority and a system with elongate service is shown.

Пріоритетні системи обслуговування є інструментом подолання конфліктів, пов'язаних з фактором обмеження ресурсів обслуговування заявок в системах масового обслуговування (СМО) [1-3].

Спроба встановлення зв'язку щодо передавання повідомлення відповідного типу реєструється як заявка на обслуговування в СМО. Наприклад, заявки, які поступають для встановлення голосового сеансу зв'язку, мають вищий (1-й) пріоритет, а заявки, що поступають для організації каналу передачі даних, мають нижчий (2-й) пріоритет.

Різні варіанти обслуговування мають самостійні математичні моделі, які дозволяють обчислити характеристики відповідних систем [2-4].

Розглянемо СМО з одним прибором обслуговування та двома вхідними потоками різних або однакових пріоритетів, які мають числові характеристики, пов'язані з інтенсивністю надходження заявок відповідного типу (λ_1, λ_2) та інтенсивністю їх обслуговування (μ_1, μ_2).

Нижче надана модель, яка поєднує в узагальненому аналітичному вигляді всі відомі різновиди обслуговування заявок в СМО.

Розглянемо узагальнену систему масового обслуговування (рис. 1), де змінні λ_{12} , μ_{21} та μ_{22} є інструментами ситуаційного управління пріоритетною системою.

Знайдемо ймовірність простою прибору обслуговування P_0 . Для цього складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} P_0(\lambda_1 + \lambda_2) = P_1 \cdot \mu_1 + P_2 \cdot \mu_2 \\ P_1 \cdot \mu_1 = P_0 \cdot \lambda_1 + P_{2-1} \cdot \mu_{21} \\ P_2(\mu_2 + \lambda_{12}) = P_0 \cdot \lambda_2 + P_{2-1} \cdot \mu_{22} \\ P_{2-1}(\mu_{21} + \mu_{22}) = P_2 \cdot \lambda_{12} \\ P_0 + P_1 + P_2 + P_{2-1} = 1 \end{cases} \quad (1)$$

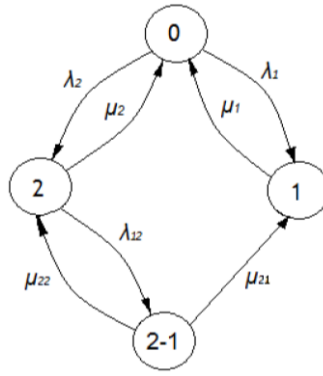


Рис.1. Узагальнена СМО з двома потоками та одним приладом обслуговування

Виразимо P_1 , P_2 , P_{2-1} через P_0 , отримаємо:

$$P_1 = P_0 \cdot \rho_1 + P_0 \cdot \frac{\lambda_2 \cdot \mu_{21} \cdot \lambda_{12}}{(\mu_2 + \lambda_{12} - \frac{\lambda_{12} \cdot \mu_{22}}{\mu_{12}}) \mu_{12} \cdot \mu_1} \quad (2)$$

$$P_2 = P_0 \cdot \frac{\lambda_2}{(\mu_2 + \lambda_{12} - \frac{\lambda_{12} \cdot \mu_{22}}{\mu_{12}})} \quad (3)$$

$$P_{2-1} = P_0 \cdot \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_{12}}{(\mu_2 + \lambda_{12} - \frac{\lambda_{12} \cdot \mu_{22}}{\mu_{12}}) \mu_{12}}, \quad \text{де} \quad \mu_{12} = \mu_{21} + \mu_{22} \quad (3)$$

Отримані значення підставимо в умову нормування:

$$P_0 + P_1 + P_2 + P_{2-1} = 1 \quad (4)$$

Таким чином, ймовірність простою прибору обслуговування P_0 у випадку узагальненої СМО:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho_1 + \frac{\lambda_2 \cdot \mu_{21} \cdot \lambda_{12}}{(\mu_2 \cdot \mu_{12} + \lambda_{12} \cdot \mu_{21}) \mu_1} + \frac{\lambda_2}{(\mu_2 \cdot \mu_{12} + \lambda_{12} \cdot \mu_{21})} + \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_{12}}{(\mu_2 \cdot \mu_{12} + \lambda_{12} \cdot \mu_{21})}} \quad (5)$$

Впевнимся, що ця формула при підстановці різних умов відповідає моделям відомих видів СМО.

1. Система з двома потоками без пріоритету та з одним приладом обслуговування: $\lambda_{12} = 0$; $\mu_{21} = 1$; $\mu_{22} = 0$.

Тоді отримаємо, підставивши ці умови в (5), отримаємо вираз (6):

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho_1 + \frac{\lambda_2}{\mu_2}} = \frac{1}{1 + \rho_1 + \rho_2} \quad (6)$$

2. Система з відносним пріоритетом повинна задовольняти таким умовам: $\lambda_{12} = \lambda_1$; $\mu_{21} = \mu_2$; $\mu_{22} = 0$.

Тоді із (5) тримаємо вираз (7):

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho_1 + \frac{\lambda_2 \cdot \mu_2 \cdot \lambda_1}{(\mu_2 + \lambda_1) \mu_2 \cdot \mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2 + \lambda_1} + \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_1}{(\mu_2 + \lambda_1) \mu_2}} = \frac{1}{1 + \rho_1 (1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \mu_2}) + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \mu_2} (1 + \frac{\lambda_1}{\mu_2})} \quad (7)$$

3. Система з абсолютним пріоритетом повинна задовольняти таким умовам:

$$\lambda_{12} = \lambda_1; \mu_{21} = \infty; \mu_{22} = 0.$$

Тоді із (5) отримаємо вираз (8)

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho_1 + \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_1}{(\mu_2 + \lambda_1) \mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2 + \lambda_1}} = \frac{1}{(1 + \rho_1)(1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \mu_2})} \quad (8)$$

4. Система з комбінованим пріоритетом повинна задовольняти:

$$\lambda_{12} = \lambda_1; \mu_{21}^* = \frac{\mu_2}{1 - e^{-\Delta t_0 \mu_2}}; \mu_{22} = 0.$$

Тоді із (5) отримаємо вираз (9):

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho_1 + \frac{\lambda_2 \cdot \mu_2 \cdot \lambda_1}{(\mu_2 + \lambda_1) \mu_2 \cdot \mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2 + \lambda_1} + \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_1}{(\mu_2 + \lambda_1) \mu_{21}^*}} = \frac{1}{1 + \rho_1 (1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \mu_2}) + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \mu_2} (1 + \frac{\lambda_1}{\mu_{21}^*})} \quad (9)$$

5. Система з дообслуговуванням:

$$\lambda_{12} = \lambda_1; \mu_{21} = 0; \mu_{22} = \mu_1.$$

Тоді із (5) отримаємо вираз (10):

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho_1 + \frac{\lambda_2}{(\mu_2 + \lambda_1 - \frac{\lambda_1 \cdot \mu_1}{\mu_1})} + \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_1}{(\mu_2 + \lambda_1 - \frac{\lambda_1 \cdot \mu_1}{\mu_1}) \mu_1}} = \frac{1}{1 + \rho_1 + \rho_2 + \rho_1 \cdot \rho_2} \quad (10)$$

З урахування позначень, що використані вище, зокрема (3), узагальнений вираз (5) спрощено може бути відображений (11):

$$P_0 = \frac{1}{1 + \rho_1 + \frac{\rho_2}{(\mu_{12} + \frac{\lambda_{12} \cdot \mu_{21}}{\mu_2})} \cdot \left\{ \mu_{12} + \lambda_{12} \cdot \left[1 + \frac{\mu_{21}}{\mu_1} \right] \right\}} \quad (11)$$

Отже, вираз (11) є узагальненою формою опису СМО з п'ятьма незалежними способами обслуговування заявок, де змінні λ_{12} , μ_{21} та μ_{22} є інструментами ситуаційного управління пріоритетною системою.

Література

1. Урывский Л.А. Обобщение процесса «размножение и гибели» на системы с «конфликтом доступа» // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку: науково-виробничий збірник. – 2009. – № 1. – С. 97-104.
2. Уривський Л.О., Прокопенко К. А., Мешковська В. Л. Методи подолання конфліктів трафіку мови та даних в стандарті мобільного зв'язку класу CDMA// Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку: науково-виробничий збірник. – 2010. – № 3(15). с. 46...52.
3. Урывский Л.А., Ластовченко М.М. Моделирование процессов передачи данных по радиоканалам в вычислительных сетях. – К.:Общество "Знание" УССР, 1983. – 24 с.
4. Урывский Л.А. Модульный метод построения комплексов моделей обслуживания мультисервисных потоков / IV Міжнародна НТК «Проблеми телекомунікацій», Збірник тез. квітень 2010 р. – К.: ІТС НТУУ «КПІ», 2010, с. 22.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОТОКОЛУ IPV6

Гамза Д.Є., Созонник Г.Д.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: supprius@gmail.com

IPv6 implementation problems research

IPv6 implementation problems research, analysis of the IPv6 advantages and its' compatibility with IPv4; methods of transition from IPv6 to IPv4, transitional technologies.

Проблеми глобальної адресації, в багатьох випадках пов'язаних із нехваткою адрес протоколу IPv4 (Internet Protocol version 4) та впровадження шостої версії протоколу (IPv6) стосуються майже всіх користувачів сучасної телекомунікаційної мережі, починаючи від окремого абонента і закінчуючи потребами суспільства. Необхідність переходу на нову версію протоколу визнано і операторами мережі і виробниками мережевого обладнання, але серйозних кроків в цьому напрямі поки не зроблено.

З початку впровадження і до сьогоднішнього дня у функціонуванні IPv4 було виявлено значну кількість недоліків [1]. В першу чергу - це дефіцит адресного простору: експоненціальний зріст кількості різних пристроїв, що підключаються до мережі Internet швидко виснажує розмір доступного адресного простору (рис 1.).

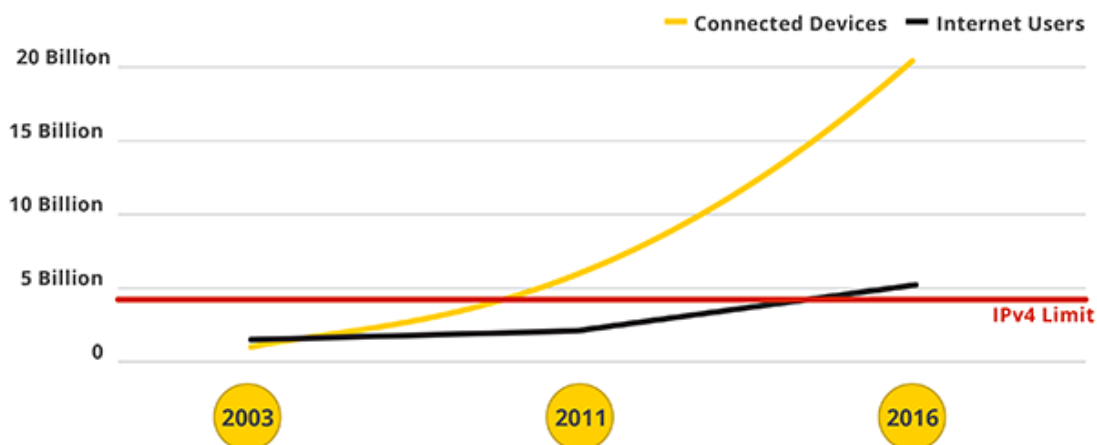


Рис.1 Тенденція збільшення підключених до мережі пристроїв порівняно із кількість адресного простору IPv4

Пошук методів вирішення цієї проблеми привів до використання на сучасних мережах методів збереження адресного простору: технології NAT(Network Address Translation), CIDR (Classless Inter-Domain Routing) [2], використання діапазону приватних адрес, перерозподіл адресного простору тощо. Але ці рішення дають тільки тимчасову відстрочку від «критичної

точки», коли весь ресурс буде вичерпаний, що стримуватиме подальший розвиток інтернет-технологій.

Попри гострої необхідності застосування альтернативного методу, а саме впровадження протоколу IPv6, існує ряд проблем, що ускладнює цей процес. По-перше, це несумісність двох протоколів. Клієнт IPv6 не може взаємодіяти з клієнтом IPv4 напряму. По-друге, несумісність IPv6 із DNS (Domain Name System), оскільки ця система спочатку була створена тільки для IPv4 адрес.

Першими кроками для впровадження протоколу є забезпечення сумісності зі старою версією. На даний час розроблено ряд методів у цьому напрямі: тунелювання (технологія 6to4), подвійний стек, трансляція протоколів.

Суть тунелювання полягає в інкапсулюванні пакета даних IPv6 в дані пакета IPv4. Такий пакет містить у собі два заголовка, що дозволяє передати його по звичайній IPv4 мережі. Такий пакет доставляється до вузла декапсуляції, де заголовок IPv4 відкидається і пакет передається далі до пристрою IPv6. В залежності від місця, де проходить процес інкапсуляції і декапсуляції виділяють 3 вида тунелювання: «маршрутизатор-маршрутизатор», «маршрутизатор-хост», «хост-маршрутизатор» [3].

Під подвійним стеком мається на увазі підтримка одночасно протоколів двох версій. Таким чином, взаємодія з вузлами IPv4 здійснюється за допомогою стека IPv4, а взаємодія з вузлами IPv6 – за допомогою стека IPv6. Недоліком цього методу є необхідність призначення кожному пристрою IPv6 додатково окремої адреси IPv4.

Трансляція протоколів забезпечує погодження двох протоколів, перетворюючи повідомлення із одної мережі у формат іншої. Перетворенням займається транслуючий елемент (програмний чи апаратний шлюз, міст, комутатор, маршрутизатор), який розміщується між взаємодіючими мережами.

Крім суто технічних складностей впровадження IPv6 існує й інша, а саме відсутність значних спонукальних чинників до переходу на новий протокол, що спричинено необізнаністю у перевагах нової версії протоколу.

Найбільша перевага IPv6 - це великий адресний простір. Інші переваги виходять саме з форми пакета і форми адресації: автоконфігурація (як з DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) так і без), захист даних, мобільність, підтримка якості обслуговування, спрощення маршрутизації [4] тощо.

В протоколі IPv6 використовується система автоконфігурації без збереження стану. Це дозволяє різним приладам IPv6 отримати доступ в Інтернет без DHCP. Пристрій отримує адресу, який складається із префікса мережі і ідентифікатора мережі, автоматично сгенерованого за допомогою MAC-адреси.

До складу IPv6 входить система безпеки, яка ґрунтується на технології IPsec. IPsec має два режими роботи: транспортний режим і тунельний. В транспортному режимі здійснюється шифрування даних пакета без заголовка. В тунельному режимі здійснюється повне шифрування пакета разом із заголовком і далі інкапсулюється в новий пакет. Додатково, пакет IPv6 містить заголовок аутентифікації для перевірки модифікацій даних пакета.

Мобільність в IPv6 дає змогу пристрою змінити своє розташування в мережі і IP адресу без загублення існуючих зв'язків, відповідних потокам передачі даних. Мобільність досягається за допомогою окремих IP адрес, по яких прилад завжди доступний при передачі даних.

Для підтримки якості обслуговування в специфікаціях IPv6 виділяється два поля в заголовку – Traffic Class і Flow Label [5]. Перше поле задає бажаний пріоритет доставки даного пакета відносно інших із одного джерела. Друге поле – 20-бітна мітка потоку, яка служить для спрощення маршрутизації потоку пакетів за допомогою ідентифікації потоків даних на маршрутизаторах [6].

Основні принципи маршрутизації перенесені із протоколу IPv4 в IPv6. Протоколи BGP (Border Gateway Protocol) та OSPF (Open Shortest Path First) адаптовані для використання з IPv6. З'явилися нові можливості, пов'язані з спрощенням локальної маршрутизації за допомогою автоконфігурації кінцевих мережевих інтерфейсів. Ієрархія нової адресації дозволяє зменшити кількість інформації, яка зберігається маршрутизаторами для організації маршрутизації за замовчуванням.

Таким чином, наданий аналіз основних проблем щодо переходу на телекомунікаційних мережах від використання протоколу IPv4 до IPv6, огляд методів забезпечення сумісності протоколів, їх коротка характеристика, проаналізовані основні переваги протоколу IPv6 над IPv4.

Література

1. Большаков М.В.. (2004). Протокол IPv6: результаты исследований и проблемы внедрения. Информационные технологии и программирование. Межвузовский сборник статей.. 26 (1), 5-26.
2. RTFM – администрирование, настройка серверов FreeBSD, Linux (2014), Структура IP-адреса. Доступно по ссылке: <http://rtfm.co.ua/tcpip-struktura-ipv4-adresa-seti-i-podseti-razdelenie-seti-na-podseti>.
3. www.info.nic.ru (2014), Проблемы IPv6 и пути их решения. Доступно по ссылке: http://info.nic.ru/st/14/out_1773.shtml.
4. Алексеев И.В., Русаков А.И. (2013), Готовы ли мы к Интернету нового поколения? Доступно по ссылке: http://home.imm.uran.ru/u1903/elibrary/int_new.htm.
5. Сідні М. Фейт, «TCP/IP. Архітектура, протоколи, реалізація», 2009. с. 403, 409-411, 414-417.
6. S. Deering, R. Hinden (1998), Internet Protocol, Version 6 (IPv6). Specification. Available from: <http://rfc2.ru/2460.rfc/original>.

Секція 2. Передавання інформації в телекомунікаційних системах нового покоління

УДК 621.396

ОГЛЯД ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НАДІЙНІСТЬ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

Правило В.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: valeriy_pravilo@ukr.net

Фомін М.М.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації

Державного університету телекомунікацій, Україна

E-mail: m.fomin@ukr.net

Peculiarities of distribution of network resources by class of service in multiservice communication network

The basic factors that constantly affect the functioning of multiservice networks. As a result of factors are divided into three main groups: technical, programmatic, operational and detailed analysis of each of these group. Disclosed both advantages and disadvantages of the main factors indicated ways to improve the reliability of multiservice communication network.

Дослідження в області надійності стають на міцну основу тоді й тільки тоді, коли дослідник має у своєму розпорядженні методи виміру надійності, способи її кількісної оцінки, що дозволяють робити порівняльну кількісну оцінку, розрахунки й випробування на надійність.

Подальше вдосконалювання показників надійності продовжує залишатися актуальним завданням. Найважливішими напрямками вдосконалювання є впровадження показників надійності, заснованих на визнанні практичної безвідмовності особливо відповідальних виробів на заданому інтервалі їх використання, тих що враховують індивідуальну надійність конкретних виробів, вплив надійності на ефективність, вплив програмного забезпечення, людського фактору, а також живучості та достовірності. Сьогодні такі фактори інтенсивно досліджуються.

Створення програмного забезпечення ММЗ, розробка її структури є досить складними завданнями. Виходячи з практичних рекомендацій викладення матеріалу будемо вести, використовуючи визначення, пов'язані з мультисервісною системою (мережею) зв'язку, яка являє собою єдність трьох частин – технічних засобів, програмного забезпечення й обслуговуючого персоналу. Тому й фактори, що впливають на надійність, розділимо на три основні групи: технічні, програмні й експлуатаційні.

Технічні фактори - фактори, що залежать від стану технічних засобів. До них відносяться: 1) структура об'єкта й робочі режими; 2) резервування; 3) контроль і відновлення; 4) характеристики комплектуючих елементів; 5) захищеність від несприятливих впливів; 6) якість технологічного процесу; 7)

ступінь пристосованості апаратури для її експлуатації.

Структура об'єкта суттєво впливає на його надійність. Кожна з мереж передачі даних спроектована так, щоб забезпечити працездатність мережі при відмові окремих елементів і навіть групи елементів. По цьому ж принципу, тобто за принципом «відмова окремих частин системи не повинна призводити до відмови всієї системи», будуються мультисервісні мережі зв'язку (ММЗ) і їх складові частини. Передача даних у ММЗ може здійснюватися або за принципом комутації повідомлень (пакетів) або за принципом комутації каналів. Вдалий вибір принципу забезпечує більш високу надійність мережі передачі даних.

Структура ММЗ, так, як і структура її частин, повинна передбачати можливість перебудування в процесі експлуатації і тим самим пристосовуватися до мінливих умов роботи.

Резервування - використання резервних засобів замість основних, що відмовили – один з найдійовіших і широко розповсюджених засобів забезпечення надійності ММЗ.

Контроль над технічним станом усіх засобів, що входять до складу ММЗ, і ММЗ у цілому є зовсім необхідним для забезпечення працездатності великого об'єкта. Тільки на підставі достовірного й досить повного контролю можна управляти надійністю - підключати резервні елементи, перебудовувати структуру, управляти процесом функціонування об'єкта.

Раціональний вибір комплектуючих елементів, забезпечення оптимальних режимів їх роботи також відносяться до розряду важливих факторів, що впливають на надійність. Радіоелектронна апаратура і її елементи за короткий проміжок свого розвитку пройшли ряд етапів, для кожного з яких характерні свої комплектуючі елементи. Перехід до нового типу елементів завжди характеризувався новим більш високим рівнем надійності.

Захищеність апаратури від несприятливих впливів - важливий фактор, що впливає на надійність ММЗ. Можливі засоби захисту – герметизація, екранізація, перешкодозахищеність, захист антикорозійний, від сейсмічних впливів, теплових впливів, гризунів, запилення і інш.

Якість технологічного процесу – першооснова надійності комплектуючих елементів. Технологія виготовлення елементів сучасних систем стає все більш «тонкою», все більш складною. Виробничий контроль стає все більш трудомістким. Часто не тільки важко, але навіть фізично неможливо безпосередньо виміряти в процесі виробництва розміри й параметри елемента. Суворим дотриманням хімічного складу матеріалів, точним виконанням температурних режимів, автоматизацією процесів обробки, застосуванням таких «інструментів», як лазерний промінь, вдається створювати елементи сучасних систем. Недоліки технологічних процесів призводять до того, що в експлуатацію надходять вироби зі схованими виробничими дефектами. Вони викликають головним чином раптові відмови об'єктів у процесі експлуатації.

Ступінь пристосованості апаратури для її експлуатації - також

важливий фактор, що впливає на надійність. В апаратурі, наприклад, може бути відсутній захист від неправильних дій оператора. Засоби управління можуть бути розташовані невдало й призводити до помилкових дій оператора. Конструкція блоку може ускладнити заміну його в процесі експлуатації.

Програмні фактори. ММЗ в цілому і її складові частини належать до категорії програмно-управляємих об'єктів. Тільки одночасна працездатність апаратури й програмних засобів робить такі об'єкти працездатними. До основних факторів, що входять у групу програмних відносяться: 1) *точність математичної формалізації завдання на попередньому етапі розробки програми*; 2) *повнота й обґрунтованість вимог при видачі завдань на розробку програмного забезпечення*; 3) *ступінь безпомилковості виконання заданих вимог*; 4) *ступінь налагодженості програм (виявлення й усунення дефектів)*; 5) *якість структури загального алгоритму й ступінь погодженості програм*.

Експлуатаційні фактори. У процесі експлуатації також виникає ряд факторів, що впливають на надійність. До них відносяться: 1) *якість організації проведення обслуговування об'єкта*; 2) *своєчасність і повнота відновлення працездатності об'єкта при його відмовах*; 3) *забезпеченість запасними елементами й приладами*.

Один з найдійовіших і широко розповсюджених засобів забезпечення надійності ММЗ – це резервування.

Резервування – застосування резервних (додаткових) засобів з метою забезпечення працездатності об'єкта.

Використання будь-яких технічних засобів супроводжується контролем їх технічного стану. Без попередньої перевірки справності об'єкта не можна включати його в роботу. Контроль над станом об'єкта в процесі роботи необхідний для його успішної експлуатації. Процес визначення технічного стану об'єкта на різних етапах його використання називають технічним діагностуванням. Для ММЗ технічна діагностика має особливо важливе значення.

Висновки.

Мультисервісна система (мережа) зв'язку може нормально функціонувати тоді й тільки тоді, коли створюється можливість отримувати безупинно інформацію про її технічний стан. Здійснити отримання такої інформації за допомогою деякого одного універсального методу неможливо через велику різноманітність елементів ММЗ і їх функціонального призначення. Процес створення ММЗ завжди супроводжується процесом пошуку найбільш вдалих методів контролю технічного стану системи і її частин.

Література

1. Креденцер Б.П. Оценка эксплуатационно-технических характеристик объектов телекоммуникаций при априорной неопределенности: монографія / Креденцер Б.П., Могилевич Д.И. Минович А.И. – К.: Фенікс, 2012. – 332 с.
2. Оцінка надійності резервованих систем при обмеженій вихідній інформації: монографія / [Креденцер Б.П., Вишнівський В.В., Могилевич Д.І. та ін.]; – К.: Фенікс, 2013. – 336 с.

MPLS-TP ЯК ОСНОВНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕДАЧІ ЯДРА ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Казанішен А.В., Новіков В.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: andrey.kaz94@gmail.com

MPLS-TP as main technology of core network

Now a lot of transport systems use MPLS. Most of core routers support MPLS capabilities. This technology uses short fixed-length label for forwarding. Moreover, the greatest advantage of MPLS is that it can support the most popular services such as L2VPN, L3VPN, TDM.

Технологія MPLS-TP (Multiprotocol Label Switching - Transport Profile), мультипротокольна комутація по мітках транспортного профілю являє собою технологію, розроблену спеціально для застосування в пакетних транспортних мережах операторів зв'язку. Технологія MPLS-TP заснована на технологіях MPLS і MPLS-T[1].

В стандарті MPLS-TP додані наступні поліпшення в порівнянні з попередніми стандартами MPLS і MPLS-T:

- Стандарт не включає централізовану систему мережевого управління NMS (Network Management System), крім того, забезпечена незалежність MPLS від рівня управління;
- Реалізовано підтримку функції управління, адміністрування та обслуговування OAM (Operations, Administration, Maintenance) і захисного перемикачання на рівні даних;
- Пересилання, які ґрунтуються на мітках MPLS, такі як вилучення MPLS мітки на передостанньому вузлі мережі PHP (Penultimate Hop Popping) і множинні маршрути рівної вартості ECMP (Equal Cost Multiple Path) не використовуються;
- Функції OAM повинні виконуватися в об'єднаному каналі ACH (Associated Channel).

Робота над стандартизацією MPLS-TP почалася в першій половині 2008 року. Вона ведеться під егідою об'єднаної робочої групи MPLS-TP, сформованої IETF і ITU-T. Більшість виробників обладнання для транспортних мереж є її членами. Це одна з найбільш активних груп в IETF. Згідно з думкою більшості її членів, MPLS-TP повинна мати функції, подібні тим, що вже є у існуючих транспортних технологій. А саме ефективні OAM і

захист, а також суворо централізоване управління і т.д. Однак багато механізмів в даний час ще не описані.

Тунелі MPLS-TP надають шар транспортної мережі, завдяки якому переміщується трафік IP і MPLS. MPLS-TP тунелі дозволяють переходити від SONET/SDH TDM технологій, до технологій з комутацією пакетів для підтримки послуг з високим коефіцієнтом використання пропускної здатності і низької їх собівартості. Транспортна мережа орієнтована на підключення, статично передбачувані і з довгим життям з'єднання. Транспортні мережі зазвичай уникають протоколів контролю, які змінюють ідентифікатори. Тунелі MPLS-TP забезпечують цю функціональність через статично передбачений двонаправлений Label Switched paths (LSP).[1].

Однією з основних характеристик транспортних мереж є їх безвідмовна робота. MPLS-TP підтримує декілька механізмів забезпечення відмовостійкості, або в термінах SDH - механізмів автоматичного захисного перемикавання маршруту у випадку відмови якого-небудь елемента мережі: інтерфейсу LSR, лінії зв'язку або LSR в цілому. Основними механізмами забезпечення відмовостійкості є наступні:

- Відновлення шляху його початковим вузлом. Традиційне (за допомогою протоколу маршрутизації) повторне знаходження нового шляху, котрий обходить елемент мережі, що відмовив. Відмінність від відновлення шляху LDP полягає тільки в тому, що прокладкою нового шляху займається лише один вузол мережі, а саме початковий вузол шляху.

- Захист лінії. Такий захист організовується між двома пристроями LSR, безпосередньо з'єднаними лінією зв'язку. Обхідний маршрут знаходиться заздалегідь, до відмови лінії і заздалегідь прокладається між цими пристроями таким чином, щоб обійти лінію зв'язку у разі її відмови. Захист лінії є тимчасовим заходом, оскільки паралельно з початком використання обхідного шляху початковий вузол основного шляху починає процедуру його відновлення за допомогою протоколу маршрутизації. після відновлення основного шляху використання обхідного шляху припиняється.

- Захист вузла. Цей механізм дуже схожий на механізм захисту лінії, але відрізняється тим, що обхідний шлях прокладається так, щоб обійти пристрій LSR, що відмовив. Всі інші характеристики аналогічні характеристикам захисту лінії; механізм захисту вузла теж відноситься до механізмів швидкої перемаршрутизації і теж є тимчасовим заходом.

- Захист шляху. На додаток до основного шляху в мережі прокладається шлях, зв'язуючий ті ж кінцеві пристрої, але проходить по можливості через пристрої LSR та лінії зв'язку, що не зустрічаються в основному. Даний

механізм найбільш універсальний, але він працює повільніше, ніж механізми захисту лінії і вузла[1].

Конкурентом транспортної технології MPLS виступає технологія Ethernet. Переваги транспортних Ethernet мереж наступні: можливість об'єднання технологій орієнтованих і не орієнтованих на з'єднання, тим самим забезпечуючи підтримку з'єднань типу «багато точок - багато точок». Крім того, процес її стандартизації знаходиться на завершальному етапі, на відміну від MPLS-TP.

Спочатку транспортні технології Ethernet, особливо PBB-TE, були добре зустрінуті ринком. Однак починаючи з 2008-го року кілька операторів зв'язку стали один за іншим заявляти про відмову від використання PBB-TE. MPLS-TP отримала підтримку більшості операторів, тому в даний час цю технологію можна розглядати в якості переможця. З технічної точки зору MPLS-TP у порівнянні з технологією Ethernet володіє наступними перевагами:

- Підтримка MPLS-TP може бути органічно інтегрована в сучасні маршрутизатори;
- Технологія успадковує від MPLS можливість псевдопроводового доступу і отже, забезпечує повноцінну підтримку таких сервісів, як E1, STM, оптоволоконних каналів, ATM і т.д. ;
- Успадкована від технології MPLS підтримка L3VPN[2].

З технологією MPLS-TP резервування мережевих послуг може бути досягнуто за допомогою централізованої системи мережевого управління (NMS) та/або розподіленої площини управління. Технологію GMPLS може бути використано як площина управління, яка буде забезпечувати загальний підхід до управління і контролю багат шарових транспортних мереж.

Висновки. Проведений аналіз показав, що технологія MPLS-TP є багатообіцяючою технологією пакетної передачі даних для використання у транспортних мережах. Технологічні зміни та прогрес у розвитку технології MPLS-TP забезпечують її застосування як такого транспорту.

Література

1. Конвергенция мобильных и стационарных сетей следующего поколения. Под ред. К. Иньевски, Москва: Техносфера, 2012.
2. Toy M. Networks and Services. - John Wiley & Sons. -2012

ВИБІР МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ В ПАКЕТНИХ МЕРЕЖАХ

Гаттуров В.К., Ципанов В.А.

Інститут телекомунікаційних систем

E-mail: v.tsipanov@hotmail.com

Selection of traffic management method in packet-switched networks

This article deals with the methods of traffic management in packet-switched networks. It is demonstrated that those methods are insufficient for channel reservation, load balancing and overload prevention. MPLS-TE is described in this article as a solution for the problems stated above.

Розвиток інформаційних телекомунікаційних мереж обумовлює важливість вирішення задачі управління трафіком при використанні технології пакетної передачі даних. В даний час використовується кілька методів управління трафіком в IP мережах:

1. Динамічна маршрутизація (RIP, OSPF, IGRP, BGP) і т.д.). В цьому випадку відсутні засоби резервування смуги, але є механізм зміни маршруту при зміні значень метрики або через вихід з ладу вузла, обриву каналу тощо. Деякі з таких протоколів (OSPF, IGRP) можуть будувати окремі таблиці маршрутизації для кожного рівня TOS / QoS, але метрики для кожного рівня задаються мережевим адміністратором. Тут є можливість використання паралельних потоків з метою збільшення пропускної здатності. Ці протоколи працюють тільки в межах однієї автономної системи (AS). Протокол BGP, що використовується для прокладання шляхів між автономними системами нездатний враховувати рівень TOS / QoS (використовує алгоритм вектора відстані, що пов'язано з труднощами узгодження значень метрик стану каналу адміністраторами різних AS). Нова версія багатопрокольного розширення MP-BGP створена спеціально для спільної роботи з MPLS при формуванні віртуальних мереж, але і вона не враховує TOS / QoS.

2. Формування віртуальних мереж на рівнях L2 і L3. Протоколи VLAN забезпечують підвищений рівень безпеки, але не здатні резервувати смугу пропускання. До цього типу належить і протокол MPLS.

3. Резервування смуги в наявному віртуальному каналі (протокол RSVP). RSVP може працювати з протоколами IPv4 і IPv6. Протокол досить складний для параметризації і тому для вирішення цього завдання був розроблений протокол COPS, який істотно полегшує параметризацію. Функція COPS схожа на завдання мови RPSL для маршрутизації.

4. Автоматичне резервування смуги при формуванні віртуального каналу процедурою SETUP в мережах ATM, ISDN, DQDB, Frame Relay і т.д. Управління чергами здійснюється апаратно, але базові параметри можуть задаватися програмно. Програми управління трафіком MPLS дозволяють розширюють можливості L2 мереж ATM і Frame Relay.

5. Використання пріоритетів в рамках протоколу IPv6. Можливість прикріплення до потоків міток полегшує, наприклад, розподіл аудіо- і відеоданих.

6. Управління перевантаженням (вікно перевантаження в TCP, ICMP (4) для UDP-потоків (ICMP L2 і т.д.)).[1]

Варто звернути увагу, що жоден із наведених вище методів не може одночасно вирішити такі актуальні проблеми управління трафіком, як резервування каналів, розподіл завантаження мережі, балансування та запобігання перевантажень. Однак, є механізм управління трафіком заснований на технології MPLS – MPLS TE.

Основний механізм TE в MPLS - використання односпрямованих тунелів (тунель MPLS TE) для завдання шляху проходження певного трафіку. Наприклад, для одного виду трафіку, наприклад високопріоритетного голосового можна прокласти один шлях через мережу, а для низькопріоритетного – інший. Так як тунелі є односпрямованими, то зворотний шлях може бути зовсім іншим.

Технологічно MPLS TE ґрунтується на формуванні маршрутів проходження пакетів (LSP) через мережу за допомогою механізму створення тунелів (MPLS Tunnel), який у свою чергу базується на стекуванні міток (Labels Stack).

Примітивний MPLS TE можна забезпечити, вручну встановивши тунелі, відповідні потрібним напрямками проходження трафіку.

Однак повний комплекс заходів MPLS TE виглядає дещо складніше і умовно розбивається на наступні стадії (етапи).

1. Організація MPLS домену.

Існує певна мережева топологія, що складається з набору маршрутизаторів і каналів з певними властивостями між ними (смуга пропускання та інше).

2. Накладання обмежень.

У MPLS домені включається механізм TE і описуються мінімальні вимоги до мережі: початкові і кінцеві точки проходження трафіку, графи шляхів між ними (не обов'язково всі) і методи обчислення маршрутів по них (явний чи динамічний), необхідна смуга пропускання.

3. Вивчення параметрів мережевого середовища.

Для поширення інформації про канали (атрибутих лінків) використовується механізм розширення протоколів маршрутизації (протоколів стану лінків: IS-IS, OSPF).

В результаті кожен маршрутизатор отримує розширену топологічну інформацію про мережі, що включає пропускну здатність кожного каналу зв'язку (лінка). Таким чином отримується база лінків і їх станів.

4. Обчислення шляхів проходження трафіку у відповідності з адміністративними вимогами і можливостями мережі.

На граничних вхідних (по відношенню до потоку трафіку) маршрутизаторах виконується спеціальний алгоритм Constrained Base Algorithm, що враховує політику вибору кращого шляху для LSP тунелю (тобто набір роутерів, через які передавати трафік): як можливості каналів, так і адміністративні вимоги (межі MPLS домену, смуга пропускання). Алгоритм перебирає лінки (їх властивості) і в підсумку по метрикам обчислює маршрути (шляхи) проходження трафіку з урахуванням накладених обмежень. Тобто в підсумку на вхідному маршрутизаторі (головної частини) конструюються необхідні LSP до вихідного маршрутизатора (голова-хвіст) відповідно до накладених вимог на проходження трафіку між ними.

5. Встановлення путей.

Обчислені шляхи встановлюються в мережі за допомогою спеціального протоколу сигналізації, що здатен поширювати інформацію про явний (explicit) маршрут.

Сьогодні існує два таких протоколи: RSVP-EXT і CR-LDP.

MPLS підтримує два види явних шляхів: строгий (strict) з визначенням всіх проміжних вузлів і вільний (loose), коли задається тільки їх частина.

За допомогою RSVP ext встановлюється LSP (TE Tunnel) уздовж обчисленого шляху. Це автоматична установка. RSVP використовує PATH і RESV повідомлення для прокладання LSP уздовж розрахованого шляху. При цьому узгоджуються ще й параметри смуги пропускання (Admission Control).

6. Встановлення маршрутів з урахуванням тунелів TE.

IGP встановлює маршрут з урахуванням наявності тунелів (як тунель інтерфейси). У підсумку процес маршрутизації на вхідному маршрутизаторі (head-end) просто оперує LSP тунелями як інтерфейсами. А в таблиці маршрутів head-end буде маршрут до head-tail з next-hop - TE тунель.

7. Просування пакетів.

За допомогою механізму MPLS (стекування міток) відбувається забезпечення необхідного тунелювання і просування пакетів.[2]

Також, у разі відмови TE-тунелю, в технології MPLS розроблено декілька механізмів його відновлення.

- Відновлення шляхи через його початковий вузол. Повторне знаходження нового шляху, що обходить елемент мережі, що вийшли з ладу. Прокладкою нового шляху займається лише один вузол мережі, а саме початковий вузол шляху.
- Захист лінії. Організовується між двома пристроями LSR, безпосередньо з'єднаними лінією зв'язку. Обхідний маршрут знаходиться заздалегідь, до відмови лінії, і заздалегідь прокладається між цими пристроями таким чином, щоб обійти лінію зв'язку у разі її відмови. Захист лінії є тимчасовим заходом, оскільки паралельно з початком використання обхідного шляху початковий вузол основного шляху починає процедуру його відновлення за допомогою протоколу маршрутизації. Після відновлення основного шляху використання обхідного шляху припиняється. Тимчасовий захист лінії не гарантує TE-тунелю необхідної пропускної спроможності.
- Захист вузла. Обхідний шлях прокладається так, щоб обійти пристрій, що відмовив. Механізм захисту вузла теж відноситься до механізмів швидкої перемаршрутизації і теж є тимчасовим заходом.
- Захист шляху. В якості додатку до основного шляху в мережі прокладається шлях, що зв'яже ті ж кінцеві пристрої, але проходить по можливості через пристрої LSR та лінії зв'язку, що не зустрічаються в основному шляху.[3]

Література

1. Семенов Ю.А. «Телекоммуникационные технологии». – «Москва», 2014. – 600с.
2. А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн «Технология и протоколы MPLS». – «БХВ – Санкт-Петербург», 2005. – 306с.
3. Вивек Олвейн «Структура и реализация современной технологии MPLS», «Москва», 2010 г. – 606с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРІОДУ ОБРОБКИ ПАКЕТІВ У МЕРЕЖІ З РІЗНОРІДНОЮ СТРУКТУРОЮ

Мухтаров Р.Е.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: radmir_em@bigmir.net

Optimization of packets treatment period in the network with heterogeneous structure

For optimality service delivery network based distributed computing system using load balancing. Load balancing involves uniform load compute nodes, besides balancing involves the transfer of the computation of the busiest compute nodes to a less loaded nodes. This paper deals with the importance of the indirect service time packet in a wireless network, measured from the date of receipt of the package or an empty queue station, or the end of the previous service pack from the queue and the time of receipt or confirmation.

Для оптимальності виконання розподілених обчислень на базі розподіленої (паралельної) обчислювального комплексу використовується балансування навантаження (*Load Balancing*). Балансування навантаження припускає рівномірне навантаження обчислювальних вузлів (процесора багатопроцесорної ЕОМ або комп'ютера в мережі). Крім того, балансування припускає перенесення (*migration* – міграція) частини обчислень з найбільш завантажених обчислювальних вузлів на менш завантажені вузли [2, 4].

Основна мета роботи – знайти опосередковане значення часу обслуговування пакету, відлічуваного від моменту або надходження пакету в порожню чергу станції, або закінчення обслуговування попереднього пакету з цієї черги, і до моменту або отримання підтвердження *ACK*, або закінчення інтервалу *EIFS* після останньої невдалої спроби передачі, тобто у разі втрати пакету.

Називатимемо пакети, передача яких починається у момент надходження, переданими асинхронно, а всі інші – переданими синхронно.

Асинхронна передача має місце, якщо у момент приходу пакету станція була в стані простою, а канал був вільний впродовж захисних інтервалів, як мінімум, *DIFS* або *EIFS*. Таким чином, асинхронна передача відбувається тільки за відсутності синхронних передач інших станцій, а оскільки $\lambda N \sigma \ll 1$, то можна вважати, що за час одного слоту затримки в мережі може відбутися не більш ніж одна асинхронна передача [3]. Отже, асинхронна передача завжди успішна.

Для оцінки часу T побудуємо модель поведінки станції у вигляді ланцюга Маркова з дискретним цілочисельним часом, одиницею якого є віртуальний слот – проміжок часу між послідовною зміною лічильника затримки у кожній станції, що не знаходиться в стані простою.

Хай $b(t)$ – стохастичний процес зміни лічильника затримки для даної станції, часи t і $t+1$ відповідають початку двох послідовних віртуальних слотів, причому станція передає, коли $b(t)=0$. У той же час, $s(t)$ – стохастичний процес зміни стадії затримки $0, \dots, m$, до якого додано значення

–1 для ситуації, коли в черзі немає пакету. Тому реальний час, що пройшов між t і $t+1$, більше слота затримки a , за наявності передачі іншої станції. Таким чином, маємо 3 види віртуальних слотів:

- “порожній” слот, під час якого жодна станція не вела передачу;
- “успішний” слот, коли одна і лише одна станція вела передачу;
- “колізійний” слот, під час якого відбулася колізія.

Двовимірний процес $\{s(t), b(t)\}$ описується ланцюгом Маркова. Стани, коли станція не має пакету для передачі, але виконує процедуру затримки після вдалої передачі або відмови – це $(-1, 1 \dots W_0 - 1)$. Нарешті, стани, коли станція має пакет і виконує процедуру затримки – це вся решта, де $k = 0, \dots, W_i - 1$ характеризує значення лічильника затримки, а $i = 0, \dots, m$ – стадію затримки.

Переміщення частинки може походити із стану s_0 через стани s_{1i} в стан s_2 і назад, рис. 1. Очевидно, стан s_{1i} є якимсь ідеальним станом, імовірність якого $p_{1i} = P(s = s_{1i})$ рівна нулю [1,5]. Тому даний процес, строго кажучи, не є марківським. Для формального приведення процесу до марківського введемо деякі додаткові стани $s_{1i+\varepsilon}$ і $s_{1i-\varepsilon}$. Імовірності $p_{1i+\varepsilon} = P(s = s_{1i+\varepsilon})$ і $p_{1i-\varepsilon} = P(s = s_{1i-\varepsilon})$ цих станів (так звані фіктивні імовірності) є величинами другого порядку малості в порівнянні з імовірністю $p_0 = P(s = s_0)$ і $p_2 = P(s = s_2)$ станів s_0 і s_2 відповідно. Тут $S_{1i \pm \varepsilon}$ – мала околиця точки S_i .

Тоді процес можна розглядати як блукання частинки між пружними жорсткими екранами S_0 , S_{1i} і поглинаючим екраном S_2 . Наявність екранів означає наступне:

- якщо частинка потрапляє в точку S_0 , то в наступний момент часу частинка з імовірністю r потрапить в точку $S_{0+\varepsilon}$ або з імовірністю $1-r$ залишиться в точці S_0 ;
- якщо частинка потрапляє в точку S_2 , то в наступний момент часу частинка з імовірністю q потрапить в точку $S_{2-\varepsilon}$ або з імовірністю $1-q$ залишиться в точці S_2 .

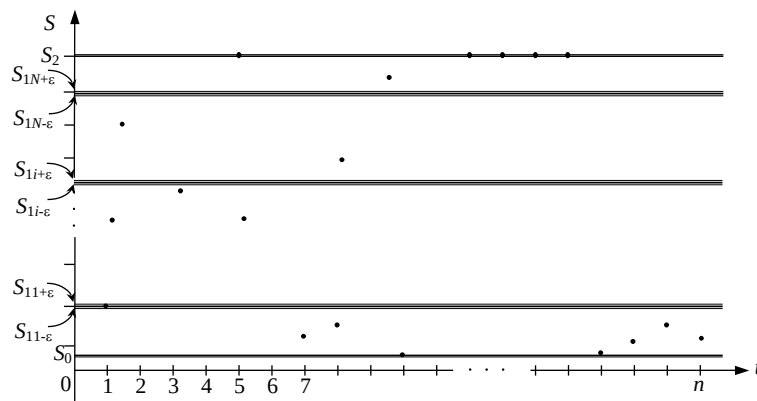


Рис.1 Поточний стан процесу обміну даними

Без втрати узагальнення можна для обчислення стаціонарної імовірності стану системи розглянути окремий випадок $N=1$. Тоді $s_{1i} = s_1$, $s_{1i \pm \varepsilon} = s_{1 \pm \varepsilon}$.

Враховуючи, що імовірність стану S_1 рівна нулю, розглянемо можливі стани s_0 , $s_{1-\varepsilon}$, $s_{1+\varepsilon}$, s_2 . На рис. 2 зображений розмічений граф станів системи. Проти кожної стрілки проставлена відповідна імовірність переходу.

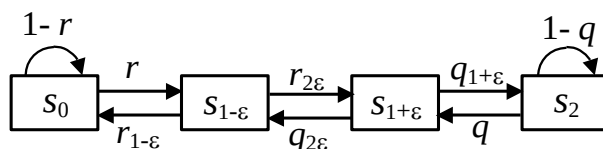


Рис. 2 Граф станів і перехідної імовірності

Зміни в часі відповідних імовірностей стану p_0 , $p_{1-\varepsilon}$, $p_{1+\varepsilon}$, p_2 задовольняють рівнянням Колмогорова [6,7]. Для даного випадку система рівнянь має наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_0(t)}{dt} &= -rp_0(t) + (1-r)p_0(t) + r_{1-\varepsilon}p_{1-\varepsilon}(t), \\ \frac{dp_{1-\varepsilon}(t)}{dt} &= -r_{1-\varepsilon}p_{1-\varepsilon}(t) - r_{2\varepsilon}p_{1-\varepsilon}(t) + rp_0(t) + q_{2\varepsilon}p_{1+\varepsilon}(t), \\ \frac{dp_{1+\varepsilon}(t)}{dt} &= -q_{2\varepsilon}p_{1+\varepsilon}(t) - qp_{1+\varepsilon}(t) + r_{2\varepsilon}p_{1-\varepsilon}(t) + q_{1+\varepsilon}p_2(t), \\ \frac{dp_2(t)}{dt} &= -qp_2(t) + (1-q)p_2(t) + q_{1+\varepsilon}p_{1+\varepsilon}(t). \end{aligned} \right\}$$

Початкові умови вибираються залежно від того, як був стан системи у момент початку відліку ($t = 0$). Зокрема, для прикладу, якому відповідає графік на рис, початкові умови такі: при $t = 0$ $p_{1-\varepsilon} = 1$, $p_0 = p_{1+\varepsilon} = p_2 = 0$.

У свою чергу, імовірність переходів визначається відношенням миттєвої інтенсивності заявок на передачу $\lambda_{i \text{ ай}}$ до швидкості реакції мережі. Цю швидкість можна трактувати як інтенсивність потоку обслуговування заявок на передачу μ . Для випадку незмінної на інтервалі спостереження інтенсивності посилок λ стаціонарне рішення системи рівнянь тривіальне. Воно є експоненціальною функцією, параметри якої повністю визначаються співвідношенням λ/μ і початковим станом системи.

Література

1. Сокол, Ш. Прогнозирование состояний дискретного канала / Ш.Сокол. – Л. : ЛЭИС, 1985. – 17 с.
2. Бигелоу С. Сети: поиск неисправностей, поддержка и восстановление: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1200 с.
3. Коричнев, Л. П. Статистический контроль каналов связи / Л. П. Коричнев, В. Д. Королев. – М. : Радио и связь, 1989. – 240 с.
4. Иванов, А. Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи: Измерения, анализ, тестирование, мониторинг. Ч.1/А.Б. Иванов.- М.: Компания Сайрус Системс, 2001. - 376 с.
5. Надежность технических систем: Справочник / Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. и др.; Под ред. Ушакова И.А. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
6. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 848 с.
7. Каппелини В., Константи́нидис А. Дж., Эмилиани П. Цифровые фильтры и их применение. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.

АНАЛІЗ ЧАСУ ЗБІЖНОСТІ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ OSPFV2 І OSPFV3

Максимов В.В., Кравченко Д.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: maksimov46@ukr.net, gmlkravhenkodima@gmail.com

Comparison of convergence time of routing protocols OSPFv2 and OSPFv3

In this work, you can find out results of comparison of the convergence time for the routing protocols OSPFv2 and OSPFv3 in the identical terms.

OSPF(англ.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).[1] В останні роки значні зусилля спрямовані на поліпшення швидкості збіжності протоколу OSPF. [2]

Збіжність мережі - це процес відновлення/синхронізації таблиць маршрутизації між маршрутизаторами після зміни топології мережі. Коли мережа сходиться, це означає що відбувається розрахунок/пошук альтернативного маршруту, за «деякий» проміжок часу. [3] «Деякий» проміжок часу визначається максимальним часом, необхідним для відновлення мережі.

Збіжність протоколу OSPF може бути знайдена за формулою:

$$\text{Convergence} = \text{Failure\_Detection\_Time} + \text{Event\_Propagation\_Time} + \text{SPF\_Run\_Time} + \text{RIB\_FIB\_Update\_Time},$$

де Failure_Detection_Time - час, необхідний для виявлення проблем на фізичному рівні (наприклад обрив каналу); Event_Propagation_Time - час, необхідний для поширення LSA пакетів сусідам в мережі; SPF_Run_Time - час, необхідний для запуску розрахунку алгоритму SPF, після отримання нових даних; RIB_FIB_Update_Time - час, необхідний для оновлення таблиць маршрутизації (RIB / FIB).

Використання даної формули можливе лише при знанні всіх її складових, які не завжди легко отримати.

Метою даної роботи є розробка методики дослідження часу збіжності і порівняння його для протоколів OSPFv2 та OSPFv3. [4]

Методика дослідження часу збіжності протоколів маршрутизації OSPFv2 та OSPFv3

Для вимірюванні часу збіжності протоколів маршрутизації OSPFv2 та OSPFv3 в GNS3 пропонується наступна методика:

1. побудувати мережу в GNS3 та налаштувати протокол динамічної маршрутизації, що досліджується;
2. по чергово відмикати командою shutdown досліджувані маршрутизатори (їх інтерфейси) в точках, які були обрані для дослідження.

3. зачекати, доки досліджувана мережа видалиться з таблиці маршрутизатора (перевіряється командою <show ip route>, запущеною з привілейованого режиму на будь-якому маршрутизаторі. Для цього необхідно дочекатись, доки видалиться та мережа, де знаходиться адресат команди ping);

4. увімкнути аналізатор пакетів Wireshark на досліджуваних лініях зв'язку, наприклад на лінії зв'язку між досліджуваним маршрутизатором (який буде відмикатись) та іншим (функціонуючим),

5. за допомогою командної строки на комп'ютері, який виконує роль експериментатора, виконати команду «ping <бажаний інтерфейс> repeat 1000». Дана команда розпочне відправляти ICMP запити до мережі, що підключається (після передачі 1000 запитів, команда ping сама закінчить своє виконання);

6. увімкнути інтерфейс досліджуваного маршрутизатора. Включити секундомір;

7. зупинити секундомір при отриманні першого повідомлення-відповіді ICMP. Отриманий час – є сумою часу збіжності протоколу та часу увімкнення інтерфейсу.

Даний метод можливо застосовувати для дослідження будь-якого протоколу маршрутизації.

Дослідження часу збіжності протоколів маршрутизації OSPFv2 та OSPFv3

Схеми, за допомогою яких в GNS3 досліджено час збіжності протоколів маршрутизації OSPFv2 та OSPFv3, зображено на рисунках 1 і 2 відповідно.

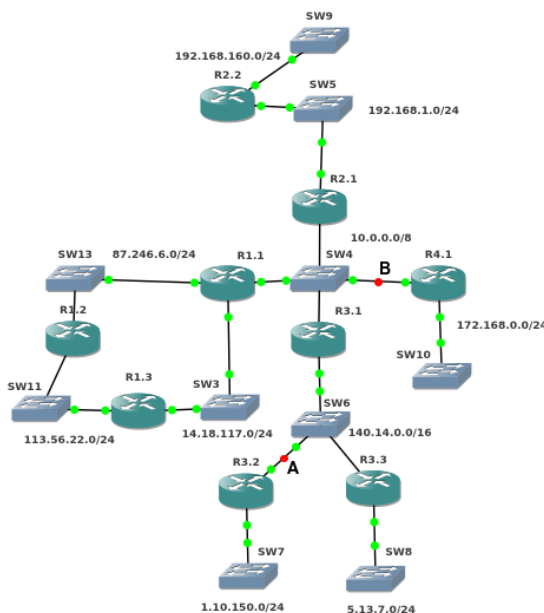


Рис. 1. Експериментальна топологія для протоколу IPv4

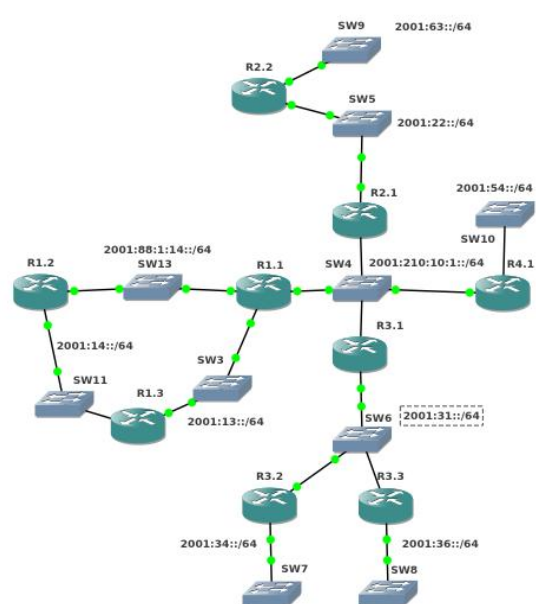


Рис. 2. Експериментальна топологія для протоколу IPv6

Схеми складаються із маршрутизаторів R1.1, R1.2, , R1.3 , R1.4, R2.1, R2.2, R3.1, R3.2, R3.3, R4.1 які утворюють деревоподібну топологію. Комутатори SW3, SW4, SW5, SW6, SW7, SW8, SW9, SW10, SW11, SW13 емітують Ethernet мережу, якою з'єднані маршрутизатори.

Було проведено серію з трьох вимірів для мереж IPv4 та IPv6. Виміри проводились з маршрутизатору R4.1, який обрано як маршрутизатор, в одній з мереж якого розташований персональний комп'ютер експериментатора. Результати зведені в таблиці 1:

Таблиця 1. Час збіжності протоколів OSPFv2 та OSPFv3

Маршрутизатор, який підключається	Мережа IPv4, протокол OSPFv2			Мережа IPv6, протокол OSPFv3		
	Вимірний час, с.	Вимірний час, с.	Вимірний час, с.	Вимірний час, с.	Вимірний час, с.	Вимірний час, с.
R1.2	3,14	2,44	2,73	15,56	15,06	15,39
R1.3	6,13	6,43	6,76	14,4	13,13	14,17
R1.1	4,14	3,98	4,56	13,96	14,09	14,3
R2.2	6,95	7,93	7,33	13,33	14,92	13,79
R2.1	7,65	7,15	6,57	13,58	14,06	14,36
R3.3	7,50	7,93	7,15	14,44	15,37	14,22
R3.2	7,19	6,54	7,27	13,58	14,15	14,75
R3.1	6,85	6,78	7,64	14,87	13,73	14,24

З отриманих результатів видно, що час збіжності в мережі IPv6 більший, ніж в мережі IPv4. Це зв'язано з тим, що OSPFv3 використовує протокол IPv6, заголовки якого складніші для опрацювання центральним процесором персонального комп'ютеру, на противагу OSPFv2, який працює на IPv4, заголовки і структура якого простіші

В подальшому, доцільно провести дослідження запропонованої методики вимірювання часу збіжності на реальній мережі.

Література

1. Moy John T, 'OSPF version 2', Internet Engineering Task Force, Request For Comment 2328, квітень 1998.
2. R. Coltun, D. Ferguson, J. Moy, "OSPF for IPv6", Network Working Group, Request for Comments: 5340, червень 2008 .
3. OSPF Fast Convergence // INE, jun 02 (Електронний ресурс <http://blog.ine.com/2010/06/02/ospf-fast-convergence/>).
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Convergence_\(routing\)/](http://en.wikipedia.org/wiki/Convergence_(routing))
5. Програма Ping (ICMP луна-запити та луна-відповіді) (Електронний ресурс <http://uk.wikipedia.org/wiki/Ping>).

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ TCP VENO

Максимов В.В., Чмихун С.О.

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна**E-mail: maksimov46@ukr.net, serega4sa@yandex.ru***Research of algorithm TCP Veno**

Possible way of increasing throughput of network by modifying algorithm TCP Veno is presented. Theoretical assumption of possible increasing throughput of network are proved by simulation in NS-2.

На даний час широко розповсюджені бездротові мережі, які, на відміну від дротових, більше підлягають впливу зовнішніх завад. Підвищення швидкості передачі даних в них веде до перевантажень мережі. В зв'язку з цим актуальними стають питання як використання алгоритмів боротьби з перевантаженням, так і підвищення пропускної здатності цих мереж. Серед алгоритмів боротьби з перевантаженням слід відзначити TCP Veno, який враховує особливості середовища передачі даних і тим самим збільшує пропускну здатність мережі в порівнянні з іншими алгоритмами.

В TCP Veno можливі два способи визначення характеру втрат.

Перший спосіб в TCP Veno реалізований аналогічно до TCP Reno. Тобто пакет може бути оголошено як втрачений, якщо не прийшло підтвердження від приймальної сторони за відведений час. В цьому випадку, ініціюється алгоритм повільного старту з пороговим значенням $ssthresh = cwnd/2$ та $cwnd = 1$. Це має ефект раптового зменшення швидкості відправки на велику величину. Тобто, закінчення таймеру інтерпретується як наявність значного перевантаження [1].

Другий спосіб – швидка повторна передача. Кожного разу, коли приймач отримує пакет, що йде не по порядку, він ретранслює останній АСК (Acknowledgment - підтвердження доставки пакету) відправнику. Наприклад, приймач отримав 3-ий пакет, після чого замість 4-го, прийшов 5-ий пакет, тоді він передає АСК з номером рівним 4. Таким чином відправник розуміє, що приймач досі не отримав 4-ий пакет. Для відправника це дублюючий АСК, бо після прийняття 3-го пакету приймач вже відправляв АСК з номером 4. Якщо 6-ий пакет прийде раніше 4-го, приймач знов відправить АСК з номером 4. Коли відправник отримує три дублюючих АСК, це означає, що пакет втрачено, навіть якщо таймер ще не закінчився. Алгоритм швидкої повторної передачі доповнюється алгоритмом швидкого відновлення, для того щоб зменшити перевантаження. В TCP Veno він має наступний вигляд:

If ($N < \beta$) //випадкова втрата, що сталася через бітові помилки
 $ssthresh = cwnd * (4/5)$;

else $ssthresh = cwnd/2$; //втрата, що сталася через перевантаження

де $ssthresh$ – поріг повільного старту; β – верхня межа кількості пакетів в черзі; N – кількість пакетів в буфері, що розраховується по формулі:

$$N = DIFF \cdot BaseRTT,$$

$$\text{DIFF} = (\text{Expected} - \text{Actual}),$$

де RTT – поточне значення часу, витраченого на проходження зазначеного пакету від клієнта до сервера і назад; BaseRTT – найменше у даному циклі RTT, зазвичай береться RTT першого відправленого сегменту.

Іншими словами, якщо з'єднання не знаходиться в перевантаженому стані ($N < \beta$), TCP Veno вважає, що втрата носить випадковий характер. Відповідно, зменшується $ssthresh$, та як наслідок $cwnd$, на більш малу величину ($1/5$ замість $1/2$). В даному випадку можна використовувати будь-який коефіцієнт (γ), який буде більше $1/2$ та менше 1. За цих умов зменшення розміру вікна буде виконуватись менш різко, ніж у випадку, коли втрата викликана перевантаженням. На практиці, доведено що цей коефіцієнт, бажано, має бути більше $3/4$ [1].

Пропускна здатність даного алгоритму може бути описана наступною формулою [2]:

$$B(p) \approx \frac{1}{RTT \sqrt{\frac{2b(1-\gamma)p}{1+\gamma}} + T_0 \min\left(1, 3\sqrt{\frac{b(1-\gamma^2)p}{2}}\right) p(1+32p^2)}$$

де b – кількість пакетів, які підтверджені отриманим ACK; p – ймовірність того, що пакет загублений (як випадково, так і пов'язано з перевантаженням); T_0 – період часу, після якого повторно передаються непідтверджені пакети.

Із даної формули випливає, що від величини γ залежить величина пропускної здатності. Тобто зі збільшенням γ буде збільшуватись і пропускна здатність. Виходячи з вище сказаного, алгоритм TCP Veno можна покращити шляхом зміни цього коефіцієнту в інтервалі $\gamma \in [1/2, 1)$.

Метою даної роботи є експериментальна перевірка можливості збільшення пропускної здатності мережі шляхом зміни коефіцієнту γ в інтервалі $\gamma \in [1/2, 1)$.

Моделювання проведено в симуляторі NS-2, за допомогою якого побудована мережа (рис. 1), що складається з двох вузлів з пропускною здатністю 100 Мбіт/с, затримкою пакетів 10 мс, розміром пакетного буфера 50 Кб, розмір пакету 1 Кб. Пакети передаються від вузла Src 1 до вузла Dst 1.

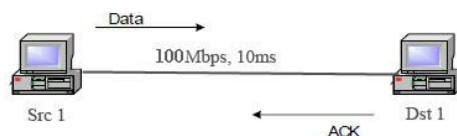


Рис. 1. Топологія експерименту в симуляторі NS-2

У процесі моделювання вносились зміни до вихідного коду алгоритму TCP Veno, а саме: змінювався так званий «коефіцієнт TCP Veno» (γ) - коефіцієнт зміни розміру вікна перевантаження при випадкових втратах. Було досліджено еволюцію вікна перевантаження і еволюцію пропускної здатності при наступних значеннях цього коефіцієнту: $0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$. Отримані графічні залежності для алгоритмів TCP Veno і TCP Reno показані на рис. 2-5.

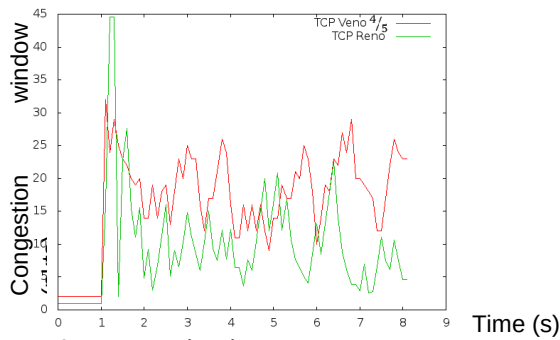


Рис. 2. Еволюція вікна перевантаження алгоритмів TCP Veno і TCP Reno за наявності 1% випадкових втрат при $\gamma=4/5$

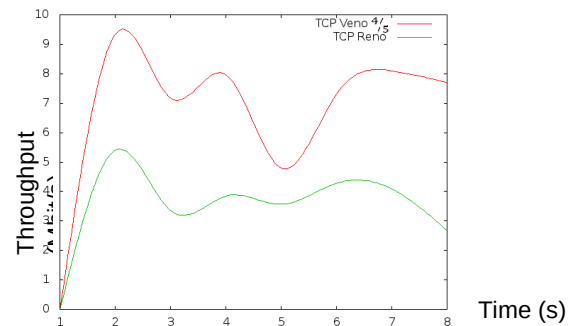


Рис. 3. Еволюція пропускної здатності алгоритмів TCP Veno і TCP Reno за наявності 1% випадкових втрат при $\gamma=4/5$

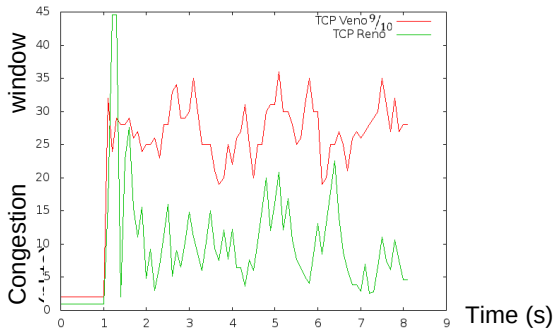


Рис. 4. Еволюція вікна перевантаження алгоритмів TCP Veno і TCP Reno за наявності 1% випадкових втрат при $\gamma=9/10$

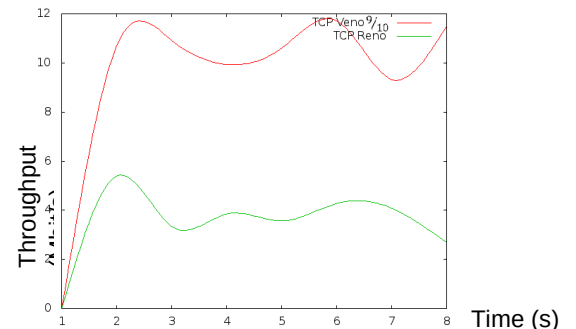


Рис. 5. Еволюція пропускної здатності алгоритмів TCP Veno і TCP Reno за наявності 1% випадкових втрат при $\gamma=9/10$

Аналіз трейс файлів, на основі яких побудовані графіки, дав наступні чисельні результати:

- при $\gamma=4/5$ та часі моделювання $t = 8$ с :
 - сумарна пропускна здатність склала 52,40 Мбіт/с;
 - середнє значення розміру вікна перевантаження склало 16,707 пакетів/с;
- при $\gamma=9/10$ та часі моделювання $t = 8$ с :
 - сумарна пропускна здатність склала 74,672 Мбіт/с;
 - середнє значення розміру вікна перевантаження склало 23,915 пакетів/с;

Виходячи з графіків та результатів аналізу трейс файлів, можна зробити висновки, що TCP Veno при $\gamma=9/10$ залишається в області більшого вікна в 1,43 рази довше ніж при стандартному значенні $\gamma=4/5$. Це пояснюється тим, що він більш плавно зменшує розмір вікна в момент досягнення критичної області. Як результат, збільшення вікна перевантаження призводить до збільшення пропускної здатності в 1,43 рази.

Таким чином моделювання підтвердило теоретичні данні, щодо збільшення коефіцієнту γ та відповідно пропускної здатності. Також визначено, що максимальне значення коефіцієнту γ , яке забезпечує найбільшу пропускну здатність, становить $\gamma=9/10$.

Література

1. C. P. Fu, "TCP Veno: End-to-End Congestion Control Over Heterogeneous Networks", Ph.D. dissertation, The Chinese Univ. Hong Kong, Hong Kong, 2001.
2. J. Padhye, V. Firoiu, D. Towsley, and J. Kurose "Modeling TCP Throughput: A Simple Model and its Empirical Validation." SIGCOMM 98, ACM, 1998.

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ETHERNET В СЕТЯХ ОПЕРАТОРСКОГО КЛАССА И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Новиков В.И., Шаповалов Р.С.

Институт телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail:sharom94@gmail.com

Problems of implementation Ethernet in networks carrier-class and their solutions

Methods and algorithms for networks Carrier Ethernet, in particular, basic properties. And also, what features you want to add classic Ethernet to become a network of Carrier Ethernet.

Ethernet операторского класса (Carrier Ethernet, или Carrier Grade Ethernet) — это сравнительно новый термин, а также новые виды услуги, которые операторы связи предоставляют в глобальном масштабе.

Хотя технология Ethernet является наиболее популярной технологией локальных сетей, успех Ethernet в локальных сетях привел к напрашивающейся идее об использовании этой технологии в сетях операторского класса.

В наиболее широком смысле под Ethernet операторского класса понимают как услуги Ethernet, которые операторы связи предоставляют в глобальном масштабе, так и технологии, на основе которых эти услуги организуются. В эти технологии входит усовершенствованная версия Ethernet, а также MPLS и технологии первичных сетей, такие как SDH, OTN и DWDM.

Потенциальные преимущества Ethernet за пределами локальных сетей следующие [1]:

1. Для пользователей: Соединять свои территориально рассредоточенные сети LAN на уровне коммутаторов Ethernet без привлечения протокола IP.

2. Для провайдеров - технология Ethernet операторского класса важна и как популярная услуга, и как внутренняя быстрая транспортная технология канального уровня.

3. Низкая стоимость портов Ethernet по сравнению с портами любой другой технологии.

4. Унификация - сетевой уровень уже давно демонстрирует однородность, а перспектива получить однородный канальный уровень в виде Ethernet выглядит очень заманчивой.

Для того чтобы успешно работать в сетях операторов связи, технология и ее оборудование должны обладать определенным набором характеристик: надежность, отказоустойчивость, масштабируемость и управляемость. Эталонной такой технологии может служить технология SDH. Однако

технология Ethernet в своем классическом виде не готова стать технологией глобальных сетей.

Чтобы соперничать с SDH, технологии Ethernet надо улучшить свою функциональность, при этом наиболее важным является решение следующих задач:

- Необходимо принципиально обеспечить изоляцию адресных пространств сети Ethernet провайдера от адресных пространств сетей Ethernet пользователей. Пространство MAC-адресов Ethernet является плоским, поэтому если сеть Ethernet провайдера соединить непосредственно (а не через маршрутизатор) с сетями Ethernet пользователей, то всем коммутаторам сети Ethernet провайдера придется иметь дело с MAC-адресами пользовательского оборудования, а у крупного провайдера их может насчитываться сотни тысяч.

- Эксплуатационные и административные характеристики должны поддерживаться протоколами администрирования и обеспечивать мониторинг состояния соединений, а также локализацию и устранение неисправностей.

Для того, чтобы превратить Ethernet в транспортную технологию операторского класса, предлагается в классический вариант Ethernet внести следующие изменения и дополнения [3]:

1. Разделение адресных пространств пользователей и провайдера. Стандарт IEEE 802.1ad «Мосты провайдера» (Provider Bridge, PB) был первым стандартом, который решал проблему изоляции адресного пространства сети провайдера от адресного пространства его пользователей. Однако проблема изоляции адресных пространств решается в этом стандарте только частично, так как MAC-адреса пользователей по-прежнему присутствуют в коммутаторах сети провайдера и разделяются только пространства идентификаторов VLAN.

Стандарт PB вводит двухуровневую иерархию идентификаторов VLAN. На внешнем (верхнем) уровне располагается идентификатор VLAN провайдера S-VID (Service VLAN ID), а на нижнем (внутреннем) уровне — идентификатор VLAN пользователя C-VID (Customer VLAN ID).

В стандарте на магистральные мосты провайдера (Provider Backbone Bridges, PBB) адресные пространства пользователей и провайдера разделяются за счет того, что пограничные коммутаторы провайдера полностью инкапсулируют пользовательские кадры Ethernet в новые кадры Ethernet, которые затем применяются в пределах сети провайдера для доставки пользовательских кадров до выходного пограничного коммутатора.

При передаче кадров Ethernet через сеть PBB в качестве адресов назначения и источника используются MAC-адреса пограничных коммутаторов (Backbone Edge Bridges, BEB). По сути, в сети провайдера работает независимая иерархия Ethernet со своими MAC-адресами и делением сети на виртуальные локальные сети (VLAN) так, как это удобно провайдеру.

2. Функции эксплуатации, администрирования и обслуживания. Функции эксплуатации, администрирования и обслуживания (Operation, Administration, Maintenance, OAM) всегда были слабым звеном Ethernet, и это причина, которая сдерживала внедрение технологии Ethernet в сетях операторского класса. Новые стандарты призваны исправить эту ситуацию, вводя средства, с помощью которых можно выполнять мониторинг достижимости узлов, локализовывать неисправные сегменты сети и измерять уровень задержек и потерь кадров между узлами сети.

К настоящему времени разработано несколько новых стандартов Ethernet, относящихся к функциям эксплуатации, администрирования и обслуживания:

- IEEE 802.1ag. Connectivity Fault Management (CFM). Стандарт описывает протокол мониторинга состояния соединений.
- ITU-T Y.1731. Стандарт комитета ITU-T воспроизводит функции стандарта IEEE 802.1ag и расширяет их за счет группы функций мониторинга параметров QoS.
- IEEE 802.3ah. Стандарт тестирования физического соединения Ethernet.
- MEF E-LMI. Интерфейс локального управления Ethernet.

Стандарт E-LMI позволяет пограничному пользовательскому устройству, то есть устройству типа CE, запрашивать информацию о состоянии и параметрах услуги, предоставляемой сетью провайдера по данному интерфейсу. Например, пограничный коммутатор Ethernet, расположенный в сети пользователя, может запросить у пограничного коммутатора провайдера (то есть устройства PE) информацию о состоянии услуги E-LINE или E-LAN.

Выводы. Проведенный анализ показал, что технология Ethernet операторского класса является многообещающей технологией пакетной передачи данных для использования в транспортных сетях. Технологические изменения и прогресс в развитии технологии Ethernet обеспечивают ее применение в качестве такого транспорта.

Литература

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010.
2. Конвергенция мобильных и стационарных сетей следующего поколения. Под ред. К. Иньевски, Москва: Техносфера, 2012.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИНАМИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В СЕТЯХ EPON И GPON

Лемяк А. В., Новиков В. И.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: miltolstoy@gmail.com

Comparative characteristic of DBA in EPON and GPON networks

Provided an overview of technologies GPON and EPON in terms of dynamic bandwidth allocation. The result of comparison of the features DBA for EPON and GPON technologies is presented.

Сеть EPON, предусматривающая передачу данных со скоростью 1 Гбит/с, определена в стандарте IEEE 802.3-2008. Он определяет физическую скорость в нисходящем и восходящем каналах 1,25 Гбит/с, что при линейном кодировании 8B/10B обеспечивает симметричную скорость передачи данных 1 Гбит/с.

Величина издержек на передачу Ethernet кадра составляет 20 байт (12 байт - межпакетный интервал IPG (interpacket gap, IPG) и 8 байт - преамбула), что влияет на общую эффективность передачи данных и не зависит от механизма динамического распределения пропускной способности DBA (dynamic bandwidth allocation, DBA). Зависящие от DBA затраты включают в себя издержки на передачу блоков данных и служебных сообщений DBA. Значительную часть издержек на передачу блоков составляет защитный интервал между двумя соседними блоками [1].

В традиционной сети 1G EPON защитный интервал включает время включения/отключения лазера, настройку приемника и восстановление данных/синхронизации (clock and data recovery, CDR). Стандарт IEEE 802.3 определяет максимальные значения этих параметров. В стандарте EPON фрагментация кадров Ethernet отсутствует. В результате издержки на передачу блоков связаны с наличием неиспользуемых слотов (unused slot remainder, USR), размер которых не позволяет целиком вместить кадр Ethernet (табл. 1).

Величина таких издержек может быть очень значительной, но их можно снизить за счет уменьшения числа устройств оптической сети (ONU, optical network unit) и увеличения скорости передачи данных, как сделано в сети 10G EPON; кроме того использование усовершенствованных механизмов DBA позволяет полностью от них избавиться.

Стандарт GPON определен набором рекомендаций ITU-T G.984.x в рамках сети доступа с полным обслуживанием (Full Service Access Network, FSAN). Стандарт сети GPON ориентирован на требования операторов связи и

предоставляет уровень управления на основе физического и логического уровней GPON.

В стандарте определена скорость в восходящем/нисходящем каналах, равная 2,48832 Гбит/с, хотя на практике в устройствах, как правило, реализуется поддержка скорости 1,24416 Гбит/с. В протоколе GPON вместо преамбулы и межпакетного интервала используется заголовок GEM (GPON Encapsulation Method) длиной 5 байт, добавляемый к каждому кадру Ethernet и позволяющий повысить эффективность линии связи.

Таблица 1. Параметры передачи данных в восходящем канале в стандартах EPON и GPON, связанные с распределением пропускной способности [4]

	EPON	10/10	10/1	GPON	2.488/1.244
Физическая скорость соединения в восходящем канале, Гбит/с		10,3125	1,250		1,244
Линейное кодирование		64B/66B	8B/10B		Скремблированный NRZ
Скорость в восходящем канале, Гбит/с		10	1		1,244
Издержки, связанные с пакетированием	Межкадровый интервал + преамбула	20 байт	20 байт	GEM	5 байт
Защитная полоса	Время включения лазера Top	512 нс	512 нс	Защитный интервал	4 байт
	Время настройки приемника Trec_settling	800 нс	400 нс		
	Период восстановления данных/синхронизации Tcdr	400 нс	400 нс	Преамбула + разграничитель	8 байт
	Разграничитель блока	8 байт	8 байт	Заголовок блока	3 байт
	Терминатор блока	24 байт	24 байт		
Издержки на DBA	Сообщение REPORT	64 байт	64 байт	Сообщение SR	2 байт
Неиспользуемые части слотов	USR	0–1537 байт	0–1537 байт	Издержки, связанные с фрагментацией	5 байт

Требования к физическому уровню GPON по сравнению с EPON жестче, что обеспечивает значительно уменьшенный защитный интервал. Протокол GPON основан на стандартной периодичности 125 мкс, используемой в отрасли телекоммуникаций. Ее применение дает дополнительное преимущество благодаря тому, что служебные сообщения могут добавляться в заголовки 125-мкс кадров, что ведет к снижению затрат на выполнение DBA. Фрагментация кадров позволяет передавать части кадров Ethernet, используя слоты, размер которых не позволяет передавать целые Ethernet-кадры, тем самым обеспечивается эффективное использование полосы пропускания. Преимущество поддержки фрагментированных кадров зависит

от среднего размера оптических блоков (в байтах), и оно уменьшается по мере повышения битовых скоростей.

Поддержка фрагментированных кадров и сниженные затраты на передачу оптических блоков делают стандарт GPON, по сравнению с EPON, менее зависимым от схемы DBA. Как показано на Рис. 2, средний размер блока является ключевым параметром производительности DBA в EPON.

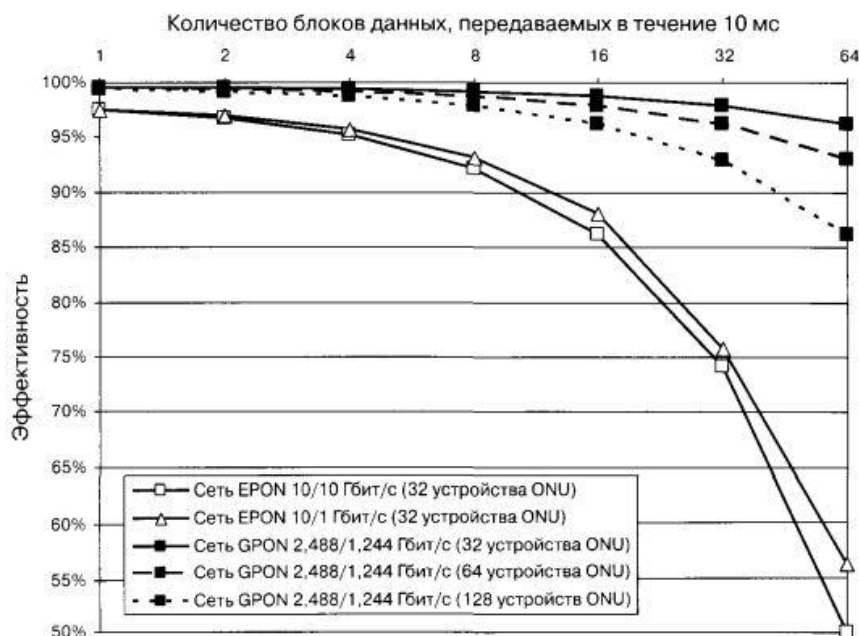


Рис. 2. Зависимость эффективности сети PON от пакетной скорости передачи, используемого протокола и числа ONU [2]

На рисунке показано, как эффективность сети PON зависит от скорости передачи блоков (частоты блоков). Оценка, представленная на рис. 2, была выполнена с использованием простой модели трафика (30% кадров имеют размер 64 байт, 70% - 1518 байт) и с худшими параметрами EPON (табл.1). Необходимо отметить, что показанная на графике эффективность измерена после линейного кодирования и FEC и не учитывает потери производительности, связанные с этими операциями. Увеличение скорости передачи блоков и коэффициента расщепления приведет к значительному снижению эффективности сети EPON из-за возросшей доли служебных данных. С другой стороны, снижение скорости передачи блоков приведет к росту задержек из-за возрастания времени, необходимого для DBA. Выбор оптимальных параметров передачи является ключевой задачей при разработке эффективного алгоритма DBA в EPON. В свою очередь, в стандарте GPON существует ряд ограничений, обусловленных протоколом DBA и представляющих собой основную трудность при разработке эффективного алгоритма DBA.

Литература

1. A. Cauvin, A. Tofanelli, J. Lorentzen, J. Brannan, A. Templin, T. Park, and K. Saito, Common technical specification of the G-PON system among major worldwide access carriers, IEEE Commun. Mag., Vol. 44, pp. 34—40, October 2006.
2. Krzysztof Iniewski, "Convergence of Mobile and Stationary Next-Generation Networks", p. 243, 245.

Галенко Е.В., Гаттуров В.К.

Институт телекоммуникационных систем ИТУУ «КПИ», Украина

E-mail: zhenyagalonko@gmail.com

Analysis of variants of building LTE network

In this paper the analysis of variants of LTE networks is done and the technology LTE is considered as the core technology for building of mobile broadband networks.

По мере роста пользователей мобильного интернета и постоянно возрастающей потребности иметь возможность мобильного широкополосного доступа (ШПД) не только в домашних условиях или на рабочем месте, а в любой точке нахождения современного пользователя интернета, мобильный ШПД становится с каждым днем, более распространенным.

Развитие беспроводной связи сопровождается непрерывной сменой технологий, основой которых являются стандарты сотовой связи двух направлений – GSM и CDMA (рис.1) [1].



Рис. 1. Технологии сотовой связи

Объем пакетных данных в сетях сотовой связи 2G/3G превышает объем голосового трафика, что связано с внедрением технологий следующего поколения [2].

Наиболее перспективной технологией в плане удовлетворения потребителей мобильным ШПД и решения представленных задач является технология LTE.

3GPP Long Term Evolution (LTE) — название технологии мобильной передачи данных. Проект 3GPP является стандартом по совершенствованию технологий CDMA, UMTS для удовлетворения будущих потребностей в скорости передачи данных. Стандарт 3GPP LTE, под которым чаще всего имеется в виду его релиз 9 и более ранние, формально, не является стандартом беспроводной связи 4G, однако стандарт LTE-Advanced, под

которым понимается релиз 10 и более поздние релизы стандарта LTE, утвержден Международным Союзом[3].

LTE поддерживает различные полосы канала: 1.4МГц, 3МГц, 5МГц, 10МГц, 15МГц, 20МГц. Но выбор полосы будет зависеть от частот, на которых работает оператор, требований к обслуживанию, географического местонахождения, возможностей eNodeB и UE, схемы повторного использования частот и т. д.[4].

LTE – технология, которая отвечает ключевым требованиям, предъявляемым к системам 4G. Переход действующих технологий 2G/3G к технологиям нового поколения возможен не скачком, а только путем последовательного развития в направлении LTE с условием совместного использования действующих аппаратных платформ, т.е. межсетевым взаимодействием сетей GSM, WCDMA/HSPA, TD-SCDMA и CDMA. На рисунке 2 показана структурная модель развития архитектуры сетей 2G/3G в направлении LTE[1].

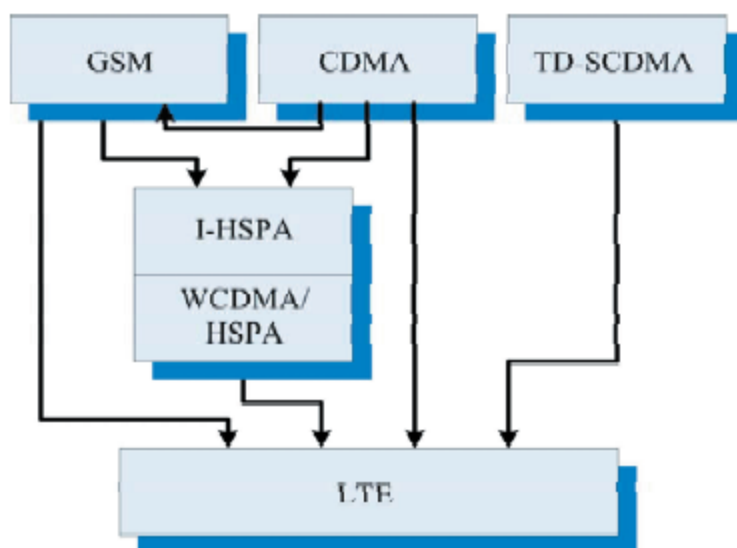


Рис. 2. Развитие архитектуры сетей 2G/3G в направлении LTE

Исходя из рассматриваемой модели, существует несколько возможных подходов к построению сети LTE:

1. При планировании сети «с нуля». Сеть разворачивается в новом районе без какой-либо опоры на действующие сети (2G, 3G). Такие сети иногда называют stand alone (отдельно стоящие). В Украине в силу ее большой территории такой подход не целесообразен.

2. Сеть LTE строится постепенно, с максимальным использованием уже имеющихся сетей 2G/3G (путем модернизации):

- В этом случае целесообразно первые базовые станции LTE ставить там, где сеть 3G/2G не справляется с обслуживанием трафика и решать проблему не покрытия, а, прежде всего, наращивания емкости (пропускной способности) сети;

- Постепенно таких хот-спотов становится больше, пока они не заместят в крупных городах и в ряде других мест покрытие 3G/2G. Для

клиента должно выглядеть так, что если он выходит из зоны покрытия LTE, его устройство все еще имеет возможность оставаться он-лайн за счет сетей 3G/2G. Такой подход в мире демонстрирует, например, TeliaSonera (Норвегия).

3. Сеть LTE строится с использованием инфраструктуры имеющейся сети 3G за счет замены базовых станций 3G/HSPA (или программного обеспечения в них) на LTE и соответствующим усилением транспортной инфраструктуры (путем модернизации). Это дорогостоящее решение, требующее немалых одномоментных инвестиций.

4. Создается единый на всю страну оператор LTE. Он может создаваться по 1 или 3 подходу, если есть такая возможность и финансирование.

Всем остальным существующим операторам обеспечивается возможность продажи услуг этого "транспортного оператора». Здесь есть ряд минусов:

- не готово законодательство,
- не задействован механизм конкуренции, а значит, себестоимость проекта и цены на его услуги могут оказаться слишком высокими,
- нет стимулов к развитию.

5. Совместное строительство сетей LTE несколькими операторами.

Государство выдает лицензии и частоты с условием, что каждая такая лицензия или некоторые из них предназначены для совместного использования двумя или большим числом операторов. Такие примеры есть за рубежом. Например, выданы «сдвоенные» лицензии в Польше (совместное предприятие операторов PTK (Orange) и P4 (Play), в Швеции (совместное предприятие операторов Tele2 Sweden и Telenor) и др [4].

Наиболее подходящим для Украины являются подходы 2 или 3. Для начала можно наращивать емкость сети, до того времени пока базовые станции LTE не заместят в крупных городах и в ряде других мест покрытие 3G/2G. Этот подход потребует меньшие денежные затраты, но более длителен по времени. Если же позволяет финансирование, то целесообразнее будет подход 3, то есть, замена базовых станций 3G/HSPA на LTE или программного обеспечения в них.

Литература

1. Токарь Л.А. Возможность внедрения технологии LTE в условиях последовательного развития действующих технологий/Л.А. Токарь//Восточно-Европейский журнал передовых технологий . – 2012. –№58.– с.4.
2. Кааранен, Х. Сети UMTS [Текст] / Х. Кааранен. – М.: Техносфера, – 2007. – 315 с.
3. Maciej Stasiak Modeling and dimensioning of mobile networks: from GSM to LTE/ M.Stasiak, M. Głabowski, A. Wi'sniewski, P. Zwierzykowski. –John Wiley & Sons Ltd.,2011. –342 p.
4. Бабков В.Ю. Общие подходы к задачам планирования и оптимизации 2G - 4G сетей подвижной связи [Электронный ресурс] /В.Ю. Бабков. – Режим доступа: http://www.rpls.ru/sem_archiv2011.html

ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ СЛУЖБОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ПРОТОКОЛІ OLSR

Максимов В.В., Панасюк М.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: maksimov46@ukr.net, panasyukkolay@gmail.com

Analyze the number of control traffic in OLSR protocol

In our work we analyze the number of control traffic generated by OLSR routing protocol. In the first part we show the measuring of control information based on our theoretical mechanism, then we do the same with our test network, but using the Network-Simulator 2. In summary we compare our results.

У час коли нові технології з'являються мало не щодня, а потоки інформації невинно зростають, виникає необхідність у принципово новому підході до побудови мобільних телекомунікаційних мереж, які б могли задовольняти зростаючі потреби. Саме тому виникла необхідність створення мереж ad hoc, які надають мобільність термінальному обладнанню без прив'язки до точки доступу. Першочергову роль у таких мережах відіграють протоколи маршрутизації, найпоширенішим серед яких є протокол Optimized Link State Routing (OLSR) [1], розроблений як проактивний протокол спеціально для мереж ad hoc і заснований на понятті багатоточкової ретрансляції MPR (MultiPoint Relay). Дослідження і оптимізація даного протоколу з точки зору зменшення часу збіжності є важливою та актуальною задачею. Одним з напрямків зменшення цього параметру є зменшення службової інформації, яка передається при встановленні зв'язків між вузлами мережі.

Метою даної роботи є теоретичне і практичне дослідження кількості службової інформації протоколу OLSR.

Аналіз кількості службової інформації

Протокол OLSR використовує два типи контрольних повідомлень: HELLO та Topology Control (TC). HELLO повідомлення використовуються для знаходження інформації про статус зв'язку та сусідні вузли. За їх допомогою складається набір Multipoint Relays Selector, що описує сусідів, що були обрані цим вузлом для MPR. Використовуючи цю інформацію, вузол може обчислити його власний набір MPRs. HELLO повідомлення посилаються тільки сусіду одного стрибку, а TC розсилаються по всій мережі. TC-повідомлення використовуються для розсилки інформації про сусідів, що містяться в списку MPR Selector. TC-повідомлення розсилаються періодично, і тільки MPR вузли можуть пересилати їх.

Кількість службової інформації, що передається в мережі за одиницю часу Hello повідомленнями:

$$C = \sum_{i=1}^{N_{olsr}} \frac{l_{hello} + l_{olsr} + l_{udp} + l_{ip} + l_{кан}}{t_{hello}}, \quad (1)$$

де N_{olsr} – загальна кількість вузлів в мережі, N_i – кількість сусідів i -го вузла. $l_{hello_i} = 8 + 4 * N_i$, $l_{olsr} = 4$ [байта], $l_{udp} = 8$ [байт], $l_{ip} = 20$ [байт], $l_{кан} = 26$ [байт], $t_{hello} = 2$ с.

В загальному вигляді, підставивши числові значення довжин, формула кількості службової інформації, що передається в мережі за одиницю часу hello-повідомленнями, прийме вигляд:

$$C_{hello} = \sum_{i=1}^{N_{olsr}} \frac{66+4*N_i}{2} = \sum_{i=1}^{N_{olsr}} (33 + 2 * N_i),$$

$$C_{hello} = 33 * N_{olsr} + 2 * \sum_{i=1}^{N_{olsr}} N_i, \quad (2)$$

Слід зазначити, що періодичність розсилки hello повідомлень згідно RFC 3626 [2] дорівнює 2 с. Тому від 0 до 2 секунди довжина hello повідомлень становитиме $l_{hello_i} = 8$ [байт], а після 2 секунди становитиме вже $l_{hello_i} = 8 + 4 * N_i$ [байт].

Таким чином загальна кількість службової інформації від hello повідомлень становить:

$$C_{hello} = C_{hello1} + C_{hello2}, \quad (3)$$

де C_{hello1} – службова інформація від hello повідомлень від 0 до 2 секунди.

C_{hello2} – службова інформація від hello повідомлень після 2 секунди.

Кількість службової інформації, що передається в мережі за одиницю часу повідомленнями ТС з урахуванням інкапсуляції дорівнюватиме:

$$C_{ТС} = \sum_{i=1}^{N_{MPR}} N_{tc_i} \frac{62+4*N_{MSi}}{5} \quad (4)$$

де N_{MPR} – загальна кількість вузлів в мережі, що були обрані у якості MPR, N_{MSi} – кількість вузлів у MS наборі i -го вузла, N_{tc_i} – кількість копій, що пересилається MPRами вузла i , яка залежить від того, скільки він має сусідів та скільки вузлів знаходяться у наборах MS цих MPR.

$$N_{tc_i} = N_i + \sum_{k=1}^l (N_{MS_k} - 1), \quad (5)$$

де N_i – кількість сусідів, що отримали ТС-повідомлення від вузла i , N_{MS_k} – кількість вузлів в MS наборі MPR вузла k .

Перевірка теоретичних розрахунків

На рис. 1. представлено топологію досліджуваної мережі.

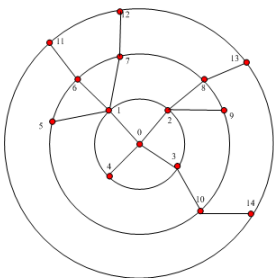


Рис. 1. Досліджувана мережа

Загальна кількість вузлів в мережі $N_{olsr} = 15$, Час моделювання 11,9 с.

Для досліджуваної мережі згідно (3) з урахуванням (2) і часу моделювання отримаємо:

$$C_{hello1} = 495 \text{ [байти]}, C_{hello2} = 5510 \text{ [байт]}, C_{hello} = 495 + 5510 = 6005 \text{ [байт]}.$$

Сумарна кількість службової інформації, що передається в мережі за одиницю часу пакетами ТС, згідно (4), (5), становитиме:

$$C_{ТС} = 1624 \left[\frac{\text{байт}}{\text{с}} \right].$$

Згідно (4), (5) $C_{TC}=1624$ [байт]. За час моделювання 11,9 с, кожен MPR вузол згенерує по 2 TC повідомлення, тому кількість службової інформації за цей час становитиме:

$$C_{TC} = 1624 * 5 * 2 = 16240 \text{ [байт]}$$

Вся службова інформація в мережі становить:

$$C = C_{hello} + C_{TC} = 6005 + 16240 = 22245 \text{ [байт]}$$

На рис. 2. представлено результати моделювання тестової мережі в NS-2 згідно рекомендацій [3].

Options Network information	
Simulation information:	
Simulation length in seconds:	11.78679814
Number of nodes:	15
Number of sending nodes:	15
Number of receiving nodes:	0
Number of generated packets:	137
Number of sent packets:	137
Number of forwarded packets:	0
Number of dropped packets:	2
Number of lost packets:	0
Minimal packet size:	48
Maximal packet size:	202
Average packet size:	89.2512
Number of sent bytes:	17114
Number of forwarded bytes:	0
Number of dropped bytes:	284
Packets dropping nodes:	0 1

Рис. 2. Результати моделювання

Порівняльний аналіз кількості службової інформації, отриманої за теоретичними розрахунками (22245 [байт]), показує, що вона більша, ніж отримана за результатами моделювання (17114 [байт]), відносна похибка складає 23,06%. Даний результат можна пояснити, з одного боку, спрощенням впливу фізичних параметрів мережі під час проведення теоретичних розрахунків, а з іншого, не

врахуванням часу збіжності протоколу OLSR.

Також слід зазначити специфічні властивості середовища моделювання NS-2: при моделюванні було помічено невідповідність розмірів фреймів та пакетів в NS-2 до тих, що наводяться в літературі [4].

Висновки. За результатами проведеної роботи можна зробити висновок, що розроблений механізм розрахунку кількості службової інформації протоколу OLSR може бути використаний при проведенні майбутніх досліджень для орієнтовної оцінки кількості службової інформації в мобільних мережах будь-якої складності, які використовують даний протокол маршрутизації.

Література

1. В. Вишнеvский, Д. Лаконцев, А. Сафонов, С. Шпилев, «Маршрутизация в широкополосных беспроводных MESH-сетях стандарта 802.11 s», 2008 г.
2. Clausen, T. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) [Electronic resource] / T. Clausen, P. Jacquet // IETF Network Working Group Request for Comments: 3626. – 2003. – URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>. – 04.11.2011.
3. http://www.winlab.rutgers.edu/~zhibinwu/html/network_simulator_2.html
4. Виктор Олифер, Наталия Олифер. «Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы». 4-е издание, 2010 г.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МЕРЕЖІ ВІД РОБОТИ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ OLSR

Максимов В.В., Литвин О.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: maksimov46@ukr.net, litvinolek@gmail.com

Investigation of bandwidth to work OLSR routing protocol

In our work, we measure and explore bandwidth for TCP and UDP flow. Research carried out among NS-2. Research results illustrated graphs and see unexpected results.

Optimized Link State Routing (OLSR) є адаптацією звичайного link state протокола маршрутизації відповідно до вимог ad-hoc мереж [1]. Протокол використовує багатоточкову ретрансляцію (MPR). Це дозволяє суттєво зменшити об'єм службової інформації, що розповсюджується, в порівнянні з традиційним процесом розсилання, в якому кожен вузол ретранслює прийняті повідомлення всім сусідам. Протокол працює через порт UDP 698., який зарезервований IANA (Internet Assigned Numbers Authority) спеціально для OLSR. Для передачі даних використовуються потоки TCP та UDP. Основна відмінність їх в тому, що протокол TCP гарантує доставку пакетів, а UDP ні.

Метою роботи було проведення дослідження розподілу пропускної здатності мережі між співіснуючими TCP і UDP потоками.

Для дослідження використана мережа, топологія якої в симуляторі NS-2, зображена на рис. 1. Враховуючи нерухомість вузлів та розміри мережі, час моделювання обрано 20 секунд, чого цілком достатньо для отримання відтворюваних результатів. В якості маршрутів передачі даних обиралися як залежні (напрямки, котрі мають спільні гілки (1 – 0 і 11 – 0, 11 – 0 і 12 – 0)), так і незалежні напрямки передачі (8 – 0 і 10 – 0, 8 – 0 і 11 – 0).

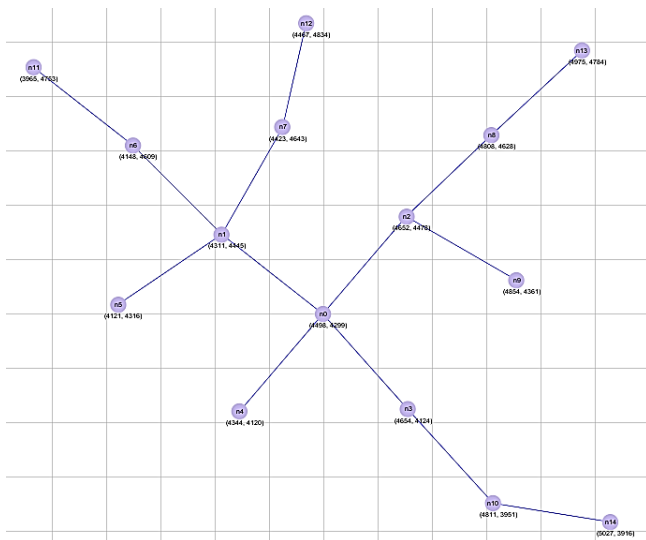


Рис. 1. Досліджувана топологія в NS-2

Досліджено як пропускна здатність ділиться між співіснуючими TCP і UDP потоками. Варіанти поширення корисного трафіку (вузли джерела і приймачі інформації, маршрути, кількість сачків, кількість переданих даних за одиницю часу) занесені в таблицю 1. Аналогічні дані по розподілу пропускної здатності між UDP потоками

зведені в таблицю 2. На рис. 2, 3 вибірково показано розподіл пропускної здатності між потоками TCP і UDP для залежних і не залежних маршрутів.

Табл. 1. Варіанти поширення TCP потоків

Джерело, № вузла	Отримувач, № вузла	Маршрут	Кількість скачків	Швидкість передачі інформації, байт/с
1	0	0	1	86628
11	0	11 6 1 0	3	40
11	0	11 6 1 0	3	0
12	0	12 7 1 0	3	5548
8	0	8 2 0	2	0
10	0	10 3 0	2	42545
8	0	8 2 0	2	44374
11	0	11 6 1 0	3	0

Табл. 2. Варіанти поширення UDP потоків

Джерело, № вузла	Отримувач, № вузла	Маршрут	Кількість скачків	Швидкість передачі інформації, байт/с
1	0	0	1	66758
11	0	11 6 1 0	3	1400
11	0	11 6 1 0	3	11900
12	0	12 7 1 0	3	17600
8	0	8 2 0	2	48918
10	0	10 3 0	2	1507
8	0	8 2 0	2	49988
11	0	11 6 1 0	3	0

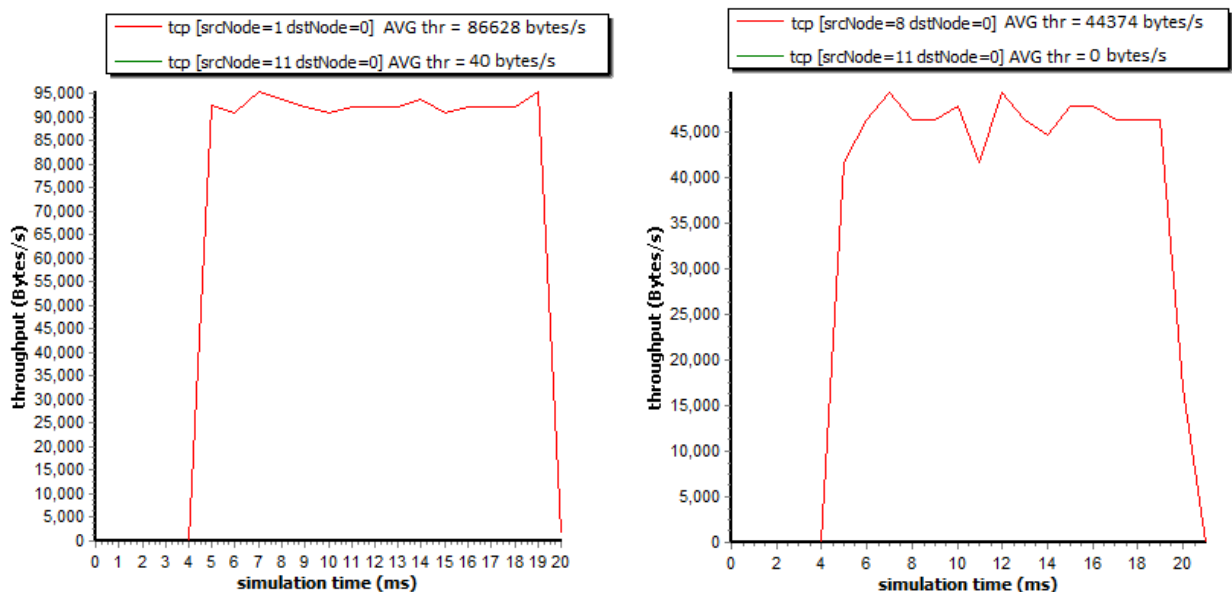


Рис. 2. Ширина смуги пропускання TCP потоків

Як видно з табл. 1 і рис.2 у кожному з чотирьох випадків спостерігається абсолютне домінування одного потоку TCP над іншим. Навіть коли маршрути на перший погляд здаються абсолютно ідентичними та в однакових умовах (8 – 10, 8 – 11). При цьому, чіткої закономірності такого розподілу ширини смуги пропускання не виявлено. З аналогічними проблемами дослідники зустрілися в роботі [2], де зроблено припущення про

невраховані ефекти нижчих рівнів моделі OSI, таких як каналний та мережевий.

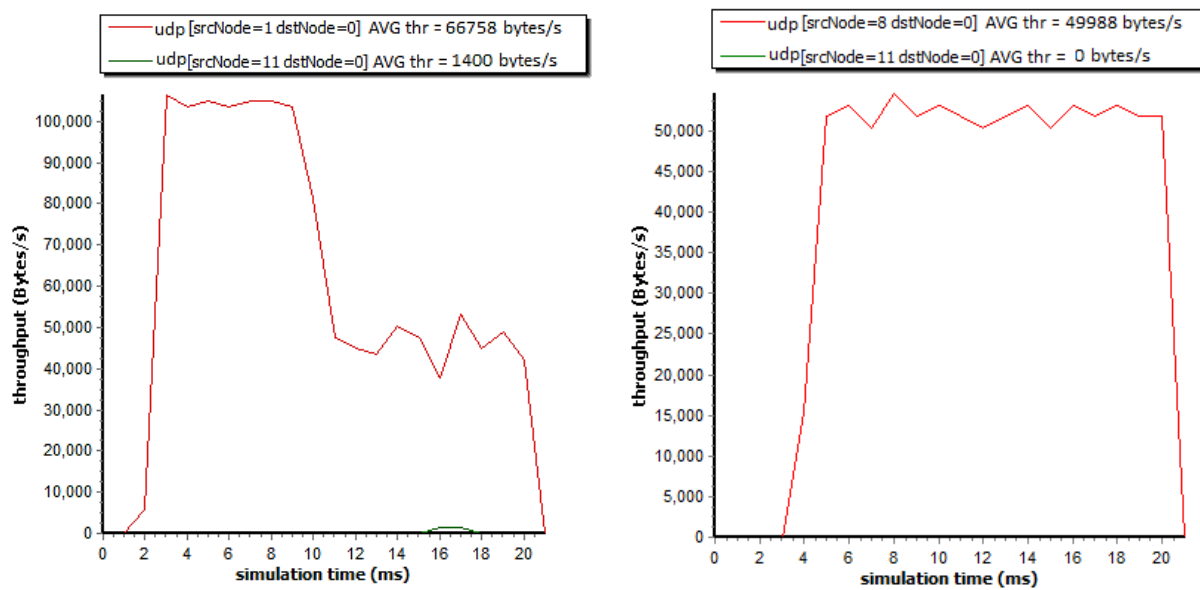


Рис. 3. Ширина смуги пропускання UDP потоків

З табл.2 і рис 3 видно, що потоки UDP для всіх чотирьох випадків дещо краще ділять між собою ширину смуги пропускання, ніж потоки TCP, але все ще спостерігається практично абсолютне домінування одного потоку над іншим, що, на перший погляд, знаходяться в однакових умовах (8 – 10, 8 – 11).

На наш погляд проблема нерівномірного використання смуги пропускання пов'язана з самою проблемою TCP/IP, а саме: стек TCP займає під передачу даних всю смугу пропускання каналу, не залежно від реальних потреб конкретних з'єднань, і при цьому методу, який би оцінив необхідну для з'єднання пропускну здатність, не існує.

Висновки. Дослідження розподілу ширини смуги пропускання між потоками TCP і UDP показало, що у кожному з чотирьох випадків моделювання спостерігалось практично абсолютне домінування одного потоку над іншим, навіть, якщо вони знаходились в однакових рівних умовах. Пояснити це можна тим, що стек TCP займає під передачу даних всю смугу пропускання каналу, не залежно від реальних потреб конкретних з'єднань. Подальша робота слід спрямувати на дослідження особливостей нерівномірного розподілу ширини смуги пропускання для потоків TCP і UDP і пошуку методів їх вирівнювання.

Література

1. Clausen, T. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) [Electronic resource] / T. Clausen, P. Jacquet // IETF Network Working Group Request for Comments: 3626. – 2003. – URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>. – 04.11.2011.
2. Thierry Plesse, Jerome Lecomte, Cedric Adjih, Marc Badel, Philippe Jacquet, Anis Laouiti, Pascale Minet, Paul Muhlethaler, Adokoe Plakoo. OLSR Performance Measurement in a Military Mobile Ad-hoc Network / Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW'04).

Секція 3. Технології транспортних телекомунікаційних систем та мережні технології

УДК 621.391

СИНТЕЗ НАЛОЖЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ВИДЕ МНОГОСЛОЙНОГО ГРАФА

Агеев Д.В., Моат Талат

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

E-mail: dm@ageyev.in.ua, moath88@mail.ru

Overlay telecommunication networks synthesis approach using the models presented in the form of a multi-layer graph

Given conference paper proposed a mathematical model for solving modern telecommunication network design problem with multi-layer graphs usage. Paper decrypted properties of multi-layer graphs; proposed overlay telecommunication network common synthesis method with multilayer graph usage and decrypted flows model for multilayer graph case.

В Украине развитие области телекоммуникаций идет в направлении перехода к мультисервисным телекоммуникационным системам, построенных согласно концепции NGN (Next Generation Network), которые на текущий момент являются наиболее перспективными. В тот же время наблюдается опережение развития технических средств относительно развития методов проектирования, которое является одной из актуальных проблем телекоммуникаций.

Современные телекоммуникационные системы по своей структуре являются многоуровневыми. Процессы, протекающие на различных уровнях, оказывают сильное влияние друг на друга. Такое же сильное влияние оказывает и структура сети на одном из уровней на характеристики другого. Поэтому при решении задач структурного и параметрического синтеза к синтезируемой системе необходимо подходить, как к единому целостному объекту.

Учет многоуровневой структуры современных телекоммуникационных систем возможен за счет применения моделей в виде многослойного графа [1], которые позволяют адекватно описывать существующие физические и логические связи между элементами системы на различных ее уровнях и эффективно решать задачи синтеза.

Наибольшую актуальность данный подход приобретает при проектировании и анализе функционирования облачных систем, когда совокупность пространственно-распределенных взаимодействующих серверов необходимо представить единым объектом: «облаком» и в то же время учесть структуру и характеристики оборудования уровня телекоммуникационной сети; ограниченную производительность отдельных

узлов и каналов сети; потоки, протекающие в сети; задержки, возникающие в системе при обслуживании запросов пользователей.

Для моделирования многослойных телекоммуникационных систем нами предлагается использовать многослойный граф $MLG = (\Gamma, V, E)$, который включает в свой состав:

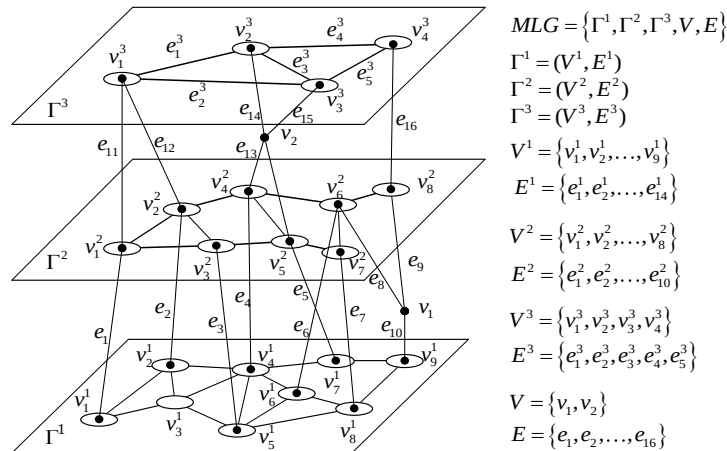


Рис. 1. Пример многослойного графа

- множество подграфов
 $\Gamma = \{\Gamma^1, \dots, \Gamma^l, \dots, \Gamma^L\}$, $\Gamma^l = (V^l, E^l)$,
 где подграф Γ^l описывает
 структуру сети на уровне l ;
 - вершины $v_i \in V$ и ребра
 $e_k = (v_i, v_j)$, $e_k \in E$
 обеспечивают связь
 подграфов Γ^l между собой
 (рис. 1).

На структуру графа MLG , моделирующего мультисер-висные телекоммуникационные системы, накладывается дополнительное ограничение, которое заключается в том, что для каждого ребра $e_k^l = (v_i^l, v_j^l)$, $e_k^l \in E^l$ подграфа Γ^l существует путь $\pi = (v_i^l, \dots, v_m^l, \dots, v_j^l)$ между вершинами v_i^l и v_j^l , $v_i^l, v_j^l \in V^l$, проходящий через подграф более низкого уровня.

Использование математической модели, построенной на базе многослойного графа, позволяет учесть технологическую иерархию современных телекоммуникационных систем, что позволяет создать структурную и функциональную модель мультисервисных телекоммуникационных систем.

Общая методика проектирования мультисервисной телекоммуникационной системы содержит следующие шаги:

1. Анализ предметной задачи и синтез исходного избыточного многослойного графа, описывающего топологическую и функциональную структуры проектируемой системы.
2. Постановка оптимизационной задачи проектирования телекоммуникационной системы.
3. Решение оптимизационной задачи (поиск оптимального многослойного подграфа исходного избыточного многослойного графа)
4. Интерпретация полученного на предыдущем шаге многослойного графа в принимаемое проектное решение.

Для описания телекоммуникационной системы многослойным графом необходимо выполнить следующие операции [2]:

1. Выделить в моделируемой телекоммуникационной системе множество уровней.
2. Описать топологию каждого уровня с помощью классического графа.

3. Выделить между объектами различных уровней логические, функциональные и физические связи и описать их с помощью графов.

4. Присвоить ребрам и вершинам графа набор параметров, характеризующих параметры соответствующих объектов и меж объектных связей, составляющих интерес для моделирования.

При моделировании телекоммуникационной системы многослойным графом процесс передачи информационных потоков моделируется протеканием потоков по ребрам графа. Согласно определению многослойного графа: для каждого ребра верхнего уровня существует путь, проходящий через нижние слои. Этим моделируется взаимозависимость процессов, происходящих на различных уровнях моделируемой системы. Следовательно, между параметрами, которые присваиваются ребрам и вершинам графов разных слоев и ребрам, связывающим слои между собой, существует взаимозависимость.

В связи с этим, условие существования отличного от нуля потока между вершинами графа, при решении задач синтеза топологии телекоммуникационной системы, используется как условие связности соответствующих узлов. Существование отличного от нуля потока между всеми вершинами является достаточным условием связности сети.

Исследование показали, что для многослойного графа справедливы условия сохранения потока классических графов, кроме вершин инцидентные ребрам графа, связывающего слои многослойного графа. Для этих вершин сумма потоков равна удвоенной величине потока генерируемой или потребляемой в этой вершине

$$\sum_{z,z>l} \left(\sum_{n,e_{ni}^{zl} \in E} \gamma_{ni}^{zl} \right) + \sum_{m,m<l} \left(\sum_{n,e_{in}^{lm} \in E} \gamma_{in}^{lm} \right) + \sum_{j,e_{ij}^l \in E^l} \gamma_{ij}^l = 2(g_i^{l+} - g_i^{l-}), \quad \forall v_i^l \in V^l.$$

Помимо рассмотренного выше процесса передачи информационных потоков через сеть, при моделировании телекоммуникационных систем необходимо учитывать ограниченность производительности структурных элементов телекоммуникационной системы, в том числе ограниченность пропускной способности каналов связи. При моделировании максимальная производительность структурных элементов учитывается посредством присваивания ребрам графа параметра $c(e_i)$, характеризующего пропускную способность ребра e_i . Тогда при распределении потоков по ребрам графа должно выполняться условие, что величина потока γ_i , протекающего по ребру e_i , не может превышать его пропускную способность

$$\gamma_{ij}^l \leq c(e_{ij}^l).$$

Литература

1. Агеев, Д.В. Моделирование современных телекоммуникационных систем многослойными графами [Электронный ресурс] / Д.В. Агеев // Проблемы телекомунікацій. – 2010. – № 1 (1). – С. 23 – 34. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_ageyev_simulation.pdf.
2. Агеев, Д.В. Метод проектирования телекоммуникационных систем с использованием потоковой модели для многослойного графа [Электронный ресурс] / Д.В. Агеев // Проблемы телекомунікацій. – 2010. – № 2 (2). – С. 7 – 22. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2010/2/2/102_ageyev_layer.pdf.

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО АЛГОРИТМУ ПЛАНУВАННЯ ЧЕРГ У МЕРЕЖАХ З ДИФЕРЕНЦІАЦІЄЮ СЕРВІСІВ

Бешлей М.І., Селюченко М.О., Колодій Р.С.

*Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки
та електронної техніки НУ «ЛП»*

E-mail: beshlebmi@gmail.com, egur2006@yandex.ru

Design and implementation of a new queue scheduling algorithm in diffserv networks

In this paper the method of modified priority based queuing is investigated. The benchmarking is conducted using the develop test bed. The test bed consists of the set of virtual routers and generators. Using MPQ in a router allows smoothing the delay variation and guarantee that the packets of real-time flow will sustain the delay that is less than critical. This is possible due to prioritized processing of such packets. Moreover, MPQ helps to optimize the utilization of buffer resource, as far as the buffer can store low-priority packets on the behalf of immediate processing of the high priority packets.

Вступ. З впровадженням нових технологій і запуском швидкісних мобільних мереж (3G і 4G) споживання трафіку і контент-послуг буде тільки рости (рис.1). Так, згідно з дослідженням Cisco Visual Networking Index "Індекс розвитку візуальних мережних технологій: прогноз розвитку світового мобільного IP трафіку на 2015-2020 роки" буде зростати на 29% з 2015 по 2020 рік .

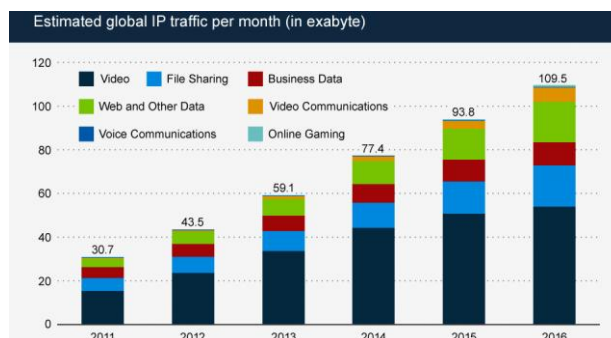


Рис. 1. Прогноз росту IP трафіку

Оператори зв'язку впроваджують нові послуги, що призводить до переходу телекомунікаційних мереж до мультисервісності. Основна задача мультисервісної мережі полягає в забезпеченні співіснування та взаємодії різномірних інфокомунікаційних підсистем в єдиному транспортному середовищі, а також надання заданої якості обслуговування (Quality of Service, QoS). Таким чином, розширення спектру надаваних послуг та зростаюча складність структур телекомунікаційних систем і мереж вимагає вирішення проблеми розробки адекватних методів аналізу і синтезу цих

систем з метою отримання достовірних оцінок їх характеристик, реалізації задач їх оптимізації щодо обраного критерію якості обслуговування та розробки відповідних алгоритмів керування ними.

Тестування модифікованого алгоритму пріоритетного обслуговування черг. Поява мультисервісних мереж, поява нових властивостей мережного трафіку, необхідність забезпечення високої якості обслуговування різних категорій додатків, роблять необхідним розробку нової теорії управління трафіком мультисервісних мереж. Ефективність функціонування інформаційних систем, істотно залежить від ефективності управління їхніми ресурсами. У роботах [1,2] показано, що функціонування мережі з поділом фізичних черг в мережевих пристроях обробки, має меншу ефективність у порівнянні з обробкою мультиплексованих потоків, коли в одній фізичній черзі організуються три віртуальні. Перевага даних моделей в тому, що пакети із пріоритетної віртуальної зони оброблятимуться завжди перші тим самим забезпечуючи необхідну якість надання пріоритетних послуг, проте при такому обслуговуванні при пульсуючому трафіку пріоритетної послуги може виникнути проблема значної затримки менш пріоритетних послуг. Тобто можливе виникнення високого ризику подавлення низькопріоритетних потоків потоками з найвищим пріоритетом, що значно погіршує якість надання послуг менш пріоритетним сервісам.

Для вирішення цієї проблеми пропонується для кожної зони пріоритетності буферного ресурсу встановлювати свій допустимий лічильник часу затримки пакетів, який на основі аналізу рівнів затримок t_{25} маркуватиме пакети, шляхом встановлення двох зарезервованих останніх бітів у полі DSCP та 3 бітів для встановлення ймовірності відкидання пакетів та обслуговуватиме їх в залежності від встановленої кодової комбінації. Таким чином, пакети час затримки буферизації, яких досягнув критичного рівня $t_{25}=T_{доп}*100\%$ отримує найвищий пріоритет обслуговування на всьому шляху передавання до пункту призначення (адресата) і не піддається буферизації у вузлах. На рисунках 2-4 показано виграш при застосуванні модифікованого алгоритму у затримці та джиттеру з кінця в кінець.



Рис. 2. Затримка з кінця в кінець при передаванні IPTV трафіку через агрегуючий маршрутизатор



Рис. 3. Джиттер при передаванні IPTV трафіку через агрегуючий маршрутизатор



Рис. 4. Ефективність використання ресурсів маршрутизатора та тривалість обслуговування пакетів в маршрутизаторі

Також перевага даної моделі у тому, що гарантується забезпечення якості надання послуг на всьому шляху передавання за рахунок не використаних ресурсів пріоритетних послуг, наприклад коли пакет послуги реального часу передається від джерела до одержувача із загальною затримкою 50мс, із 150 мс максимально допустимих для забезпечення QoS, то із використанням даного алгоритму пакет затримується на 150мс, в цей же час менш пріоритетні послуги, які досягнули свого критичного рівня, займають ресурси високопріоритетних (100мс) для негайного передавання, тим самим забезпечуючи надання якості послугам не критичних до затримок і не погіршуючи якість трафіку реального часу.

Висновки. У роботі запропоновано модифікований алгоритм пріоритетного обслуговування черг. Тестування запропонованого підходу проводилось з використанням розробки віртуальної мультисервісної мережі підтверджуючи адекватність моделі функціонування агрегуючого маршрутизатора. Випробувальний макет складається з безлічі віртуальних маршрутизаторів і генераторів. Результати, отримані в ході моделювання в режимі реального часу показують, що із застосуванням нового алгоритму обслуговування черг, дає змогу підвищити якість обслуговування потоків реального часу в мережі з диференціацією сервісів.

Література

1. M.Beshley, V. Romanchuk, M. Seliuchenko, A. Masiuk. Investigation the modified priority queuing method based on virtualized network test bed. IEEE Proceedings of international conference CADSM'2015. Polyana-Svalyava. – 2015. p. 1-4.
2. Beshley M., Klymash M., Stryhaluk B., Shpur O., Bugil B., Kagalo I., SOA "Quality Management Subsystem on the Basis of Load Balancing Method Using Fuzzy Sets" International Journal of Computer Science and Software Engineering (IJCSE), Volume 4, Issue 1, January 2015, Page: 10-21.

МЕТРИКИ ОЦЕНКИ СТАТИСТИК СТАБИЛЬНОСТИ СЕТЕЙ ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ С ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ СООБЩЕНИЙ

Бирюков Н.Л., Касим А.М., Триска Н.Р.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ “КПИ”

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины

ГП “Украинский научно-исследовательский институт связи”

E-mail: nlbir@mail.ru

Metrics for timing stability statistics estimation for packet transmission mode

The new metrics proposed for measurement of synchronization and timing parameters in packet networks are summarized. The advanced research of conventional synchronization metric – Maximum Time Interval Error (MTIE) is presented.

В условиях перехода к сетям следующего поколения NGN актуальность приобретают задачи обеспечения требуемого качества услуг реального времени, поддержания высокой точности тактовой сетевой синхронизации и сообщений точного времени в пакетной транспортной среде. Изменения транспортных технологий и всей сетевой инфраструктуры в соответствии с концептуальными положениями NGN обусловили появление новых подходов к решению задач синхронизации. Так, одним из актуальных направлений исследований является отработка методов оценки статистик стабильности сетей тактовой синхронизации с пакетной передачей сообщений. В этом контексте возникает задача подбора подходящих метрик, которые позволили бы наиболее эффективно оценить качество синхронизации в современном оборудовании пакетных сетей.

Традиционные метрики оценки качества сигналов синхронизации, к которым относятся максимальное отклонение временного интервала – МОВИ (MTIE – Maximum Time Interval Error) и девиация временного интервала ДВИ (TDEV – Time Deviation), продолжают изучаться и развиваться. Последнее издание терминов и определений, используемых в синхронизации пакетных сетей [1], дополняющее “классическую” Рекомендацию G.810, включает дополнительные определения и оценочные формулы minTDEV и percentile TDEV (процентиль TDEV). Характеристики minTDEV и percentile TDEV, как и традиционный параметр девиации временного интервала TDEV, дают представление о шумах и, в данном случае, о характере “шумов” задержек пакетов в сети. Функция bandTDEV, по сравнению с minTDEV и percentile TDEV, обладает более гибкими возможностями вычисления. Функция percentileTDEV более чувствительна к малым отклонениям параметров, чем TDEV, но уступает в этом смысле minTDEV.

Появились также новые усредняющие метрики, подобные TDEV, которые описывают максимальные фазовые или частотные девиации [1]:

MATIE (maximum average time interval error) – максимальная средняя ошибка временного интервала ОВИ (МСОВИ); MAFE (maximum average frequency error) – максимальная средняя ошибка частоты МСОЧ; minMATIE и minMAFE.

Целесообразность и эффективность использования предложенных функций подлежит дальнейшему изучению. Авторы отмечают, что функция MAFE хорошо подходит для представления погрешности частоты, но, в отличие от TDEV, не годится для изучения шумов. Функция MAFE, подобно minTDEV и percentileTDEV, основана на отборе в нижней области, чувствительна к малым значениям выходных переменных.

Интересную тенденцию представляет расширение сферы применения функций, используемых для оценивания стабильности, на другие телекоммуникационные приложения, например, оценивание трафика [2, 3]. Так, предлагается использовать модифицированную дисперсию Адамара для улучшения оценки параметров всплесков долговременного трафика. Изменение трафика Интернет на различных временных интервалах обнаруживает повторяемость и долгосрочные зависимости. Поэтому, для оценивания параметров всплесков нагрузки по результатам серий временных измерений, предложено использовать анализ спектра с высоким разрешением с помощью модифицированной дисперсии Адамара (MHVAR). Функция MHVAR обобщает хорошо известные идеи применения модифицированной дисперсии Аллана (MAVAR), широко используемой с 1981 года при анализе стабильности частоты, в сериях измерений, значения в которых отличаются на несколько порядков. Исследовались свойства функций MHVAR при обработке массивов данных степенных случайных процессов и некоторых детерминированных сигналов, а именно, дрейф, синусоида, скачки. Показатели MHVAR оценивались по результатам анализа и моделирования и сравнивались с диаграммами MAVAR. Исследования показали, что MHVAR обеспечивает более высокую точность и достоверность в оценивании порядка показателей степени шумов, даже несколько лучше MAVAR, а также обладает рядом других достоинств.

В контексте оптимизации методов оценки статистик стабильности в сетях с пакетной передачей сообщений (в частности, при синхронизации с использованием двустороннего протокола точного времени RTP) представляет интерес углубленное исследование свойств функции МОВИ [4-6]. Эта функция традиционно используется при обработке результатов измерений высокоточных сигналов тактовой частоты и определяется как максимальный размах (от пика до пика) временных отклонений (ошибок) $x(t)$ на всех возможных интервалах наблюдения τ в течение периода измерения T :

$$\text{МОВИ}(n \tau_0) \cong \max_{1 \leq k \leq N-n} [\max_{k \leq i \leq k+n} x_i - \min_{k \leq i \leq k+n} x_i], \quad n = 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

Выражение в квадратных скобках в (1) представляет максимальный размах на данном интервале наблюдения $\tau_i \in [1\tau_0, 2\tau_0, \dots, (N-1)\tau_0]$. Поэтому функцию МОВИ(τ) можно записать как $\max[\text{PtP}(\tau)]$. Выражение (1) можно

также интерпретировать как известный в инженерной практике метод “скользящего окна”, который используется для просмотра массивов данных с переменной шириной окна. $\text{МОВИ}(n \tau_0)$ обладает многими замечательными свойствами, облегчающими интерпретацию данных измерений. В частности, как следует из определения, функция $\text{МОВИ}(n \tau_0)$ неотрицательная, монотонная, неубывающая, вогнутая (выпукла вверх) [5, 6].

В [4] предложены метрики, основанные на ансамблях из L функций МОВИ , а в [5, 6] исследовались общие свойства функции МОВИ и, на их основе, некоторые свойства ансамблей МОВИ , а также их связь с другими метриками, в частности, автокорреляционными функциями. Кроме того, предложено семейство функций от размахов ОВИ , а именно минимальное $\min[\text{PtP}(\tau)]$ и среднее $\text{mid}[\text{PtP}(\tau)]$ отклонения размахов $\text{PtP}(\tau)$ на интервалах наблюдения τ . Функции $\min[\text{PtP}(\tau)]$ и $\text{mid}[\text{PtP}(\tau)]$ обладают теми же свойствами, что и функция $\text{МОВИ}(n\tau_0)$ – неотрицательная, монотонная, неубывающая, вогнутая (выпукла вверх). Также эти функции отображают линейное смещение частоты и дрейф. На любом интервале наблюдения для данной выборки объемом N верно неравенство:

$$\min[\text{PtP}(\tau)] \leq \text{mid}[\text{PtP}(\tau)] \leq \max[\text{PtP}(\tau)] \equiv \text{МОВИ}(\tau), \quad (2)$$

откуда следует, что оценивание последовательности ОВИ по, например, $\min[\text{PtP}(\tau)]$, дает лучшие результаты для подстройки часов по относительной разнице фаз тактовых частот передающих и приемных часов, чем традиционная функция ОВИ . Кроме того, данные функции удобно использовать в алгоритмах максимального правдоподобия оценивания статистик.

Сравнение предлагаемых оценок $\min[\text{PtP}(\tau)]$ и $\text{mid}[\text{PtP}(\tau)]$ с МАТІЕ и minМАТІЕ подлежит дальнейшему изучению.

Литература

1. ITU-T Recommendation G.8260 (02/2012) Definitions and terminology for synchronization in packet networks.
2. Accurate Estimation of the Hurst Parameter of Long-Range Dependent Traffic Using Modified Allan and Hadamard Variances// Bregni S., Jmoda L. / IEEE Transactions on Communications.
3. Improved Estimation of the Hurst Parameter of Long-Range Dependent Traffic Using the Modified Hadamard Variance /Stefano Bregni, Luca Jmoda// IEEE ICC 2006 proceedings //Documents/IEEE/ 10.1.1.137.2836.
4. Коновалов Г.В. Определение характеристик качества ансамбля из L синхросигналов с использованием ускоренных методов вычислений // Метрология и измерительная техника в связи, 2002, № 5. – С. 25-30.
5. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р. Использование функции максимальной ошибки временного интервала для оценки состояния цифровых трактов. “Зв’язок”-2004, № 1 – С. 50-54.
6. Бірюков М.Л. Оцінювання якості двохстороннього обміну повідомленнями точного часу за функціями відхилю часового інтервалу // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ” 2011, - № 1 - С. 24-29.

ОСОБЕННОСТИ ПЛЕЗИОХРОННОЙ ПЕРЕДАЧИ В СЕТЯХ NGN И FN

Бирюков Н.Л., Триска Н.Р.

*Институт телекоммуникационных систем НТУУ “КПИ”
ГП “Украинский научно-исследовательский институт связи”
E-mail: nlbir@mail.ru*

Plesiochronous transmission features in NGN and FN networks

The actual issues of frequency and time support in telecommunications during the transition to next generation networks are analyzed. Specifically, the mismatches of packet transmission in the plesiochronous network are estimated for a given probability of packet loss. The problems for further study are outlined.

В последние годы в сфере телекоммуникаций произошли фундаментальные изменения, направленные на формирование единой сетевой инфраструктуры – сетей следующего (NGN – Next Generation Network) и будущего FN (Future Network) поколений. Независимо от используемого сценария перехода к сетям NGN/FN, определяющим фактором процесса замены технологий остается доведение основных качественных показателей транспортной сети нового поколения до уровня, способного обеспечить требуемое качество обслуживания (так называемый “уровень сетей операторского класса”) [1, 2]. Это касается, в частности, временного и частотного обеспечения (ВЧО) телекоммуникационных сетей, поскольку качество синхронизации по тактовой частоте и/или времени прямо или косвенно оказывает влияние на многие важные качественные показатели сети [1-3].

С учетом концептуальных изменений структуры современных сетей, появляются новые подходы к решению задач ВЧО. С одной стороны, переход к сетям NGN охарактеризовался бурным развитием пакетных технологий с асинхронным режимом передачи АРП (ATM, Frame Relay, Ethernet, IP/MPLS и т.д.), которые все больше вытесняют традиционные сети с синхронным режимом передачи СРП (PDH, SDH) [1, 2]. С другой стороны, передача пакетами представляет способ передачи, не нуждающийся в тактовой сетевой синхронизации (ТСС), другими словами, позволяет работать в условиях плезиохронной сети (ПС) без дорогостоящих мероприятий по организации ТСС. Однако опыт построения и эксплуатации сетей NGN с частично или полностью пакетной инфраструктурой показал, что при отсутствии четких требований к качеству синхронизации сетей с АРП обеспечить необходимое качество обслуживания очень сложно. Поэтому практический интерес представляет количественная оценка качества передачи в плезиохронной сети и его зависимости от параметров синхронизации.

Условия плезиохронной сети, благодаря их обобщенности,

Формально, изучение данной задачи сводится к оцениванию [3]: (1) функций распределения частот генераторов; (2) композиции законов распределения в эластичной памяти (ЕМ – Elastic Memory); (3) вероятностей случайных величин расхождения скоростей записи и считывания; (4) интервалов времени прохождения ЕМ информационным блоком; (5) интервалов времени контролируемого проскальзывания.

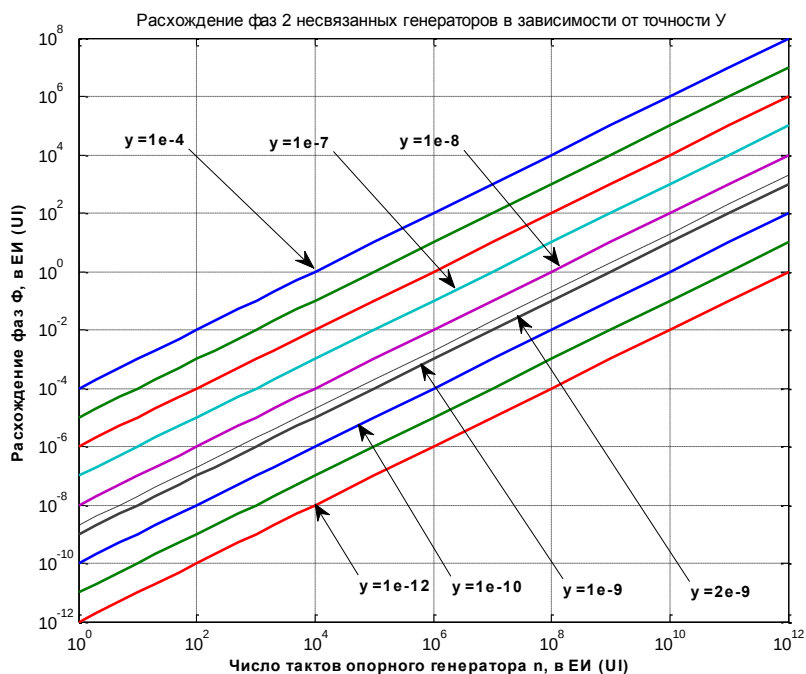


Рис. 2 Расхождение фаз тактовых частот записи и считывания в зависимости от числа тактовых интервалов при заданной относительной точности y

На рис. 2 представлены графики расхождения фаз Δx тактовых частот в процессе передачи (выраженные в единичных интервалах – ЕИ) в зависимости от числа тактовых интервалов при заданной величине y относительной разности частот записи и считывания. Эти данные были использованы для оценивания величины задержки Δt в устройствах эластичной памяти (ЕМ). Задержка равна $\Delta t = \Delta x = \mathfrak{Z}_{\text{ЕМ}}/2$, где $\mathfrak{Z}_{\text{ЕМ}}$ – емкость ЕМ, выраженная в единицах ЕИ. Полученные результаты могут быть использованы для выбора оптимальной длины пакета при заданных на рис. 2 параметрах, а также при заданной степени риска потери пакета, определяемой по вероятности расхождения частот записи и считывания.

Литература

1. Бирюков Н.Л. Синхронизация транспортных технологий при переходе к NGN // Электросвязь. – 2009, № 10. – С.30-35.
2. J.-L. Ferrant, S. Ruffini Evolution of the standards for Packet Network Synchronization. // IEEE Communication Magazine, February 2011, pp.
3. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р. Вероятностный анализ передачи информации в плезиохронной сети // Інфокомунікації – сучасність та майбутнє: матеріали четвертої міжнар. наук.-пр. конф. м. Одеса 30-31 жовт. 2014 р. – Ч.1. – Одеса: ОНАЗ, 2014. – 180 с. – С. 115-119.

ВИДЫ ИНТЕРФЕЙСОВ И ИХ ФУНКЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ IMS

Верес Л.А., Семендяк Е.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: aned@i.ua; semendyak@gmail.com

Types of interfaces and their functions in the IMS architecture

The relevance of this topic is to uncover the curtain operation with each other head element of the IMS architecture using interfaces.

Появление технологии IMS (IP Multimedia Subsystem) обусловлено эволюцией телефонных интеллектуальных платформ. Их история началась в 1993 г., когда были утверждены первые стандарты в области IN (Intelligent Network). С этого момента в телекоммуникационной сети появился сервисный узел, позволяющий реализовать любые сценарии услуг.

Концепция IMS определяет направление реализации сетей, основой которых является общераспространенное семейство протоколов TCP/IP [1,2,3]. При этом архитектура предоставления сервисов и услуг обеспечивает управление сеансами связи и доставку в рамках этих сеансов любых типов информации — речи, данных, видео, мультимедиа. Принципиально важно то, что в системах, отвечающих концепции IMS, услуги могут предоставляться разными сервис-провайдерами и доставляться до пользователей по различным (проводным и беспроводным) сетям доступа.

Структура сети на базе технологии IMS представлена на рис.1 [4,5].

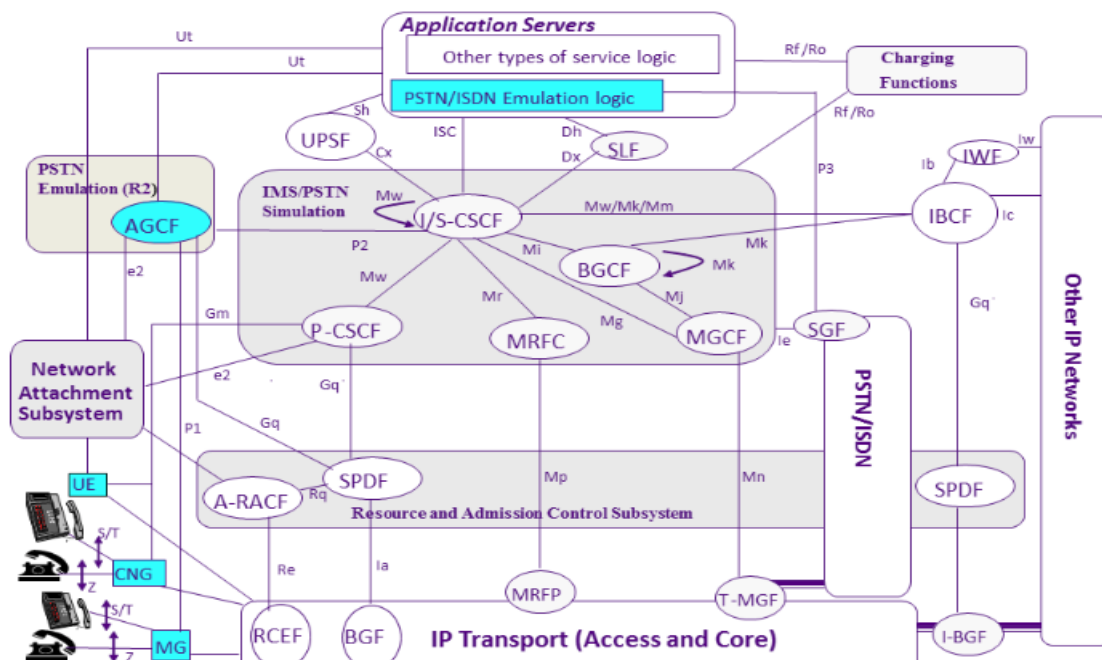


Рис. 1 Структура сети на базе технологии IMS

Взаимодействие элементов сети осуществляется через интерфейсы. Интерфейсы являются важным элементом системы. Так как они определяют

возможность совместной работы устройств сети в условиях использования оборудования различных производителей. Поэтому, в настоящее время уделяется большое внимание стандартизации интерфейсов, принципам их построения и выполняемым функциям. Количество интерфейсов, которое поддерживает оборудование, во многом определяет его стоимость.

Рассмотрим основные виды интерфейсов, их назначение и функции в сети IMS:

- интерфейс C_x используется для взаимодействия сервера абонентской базы данных HSS с S-CSCF. При этом решаются задачи фильтрации по показателям уровня приоритета.

- интерфейс D_h используется для , чтобы найти HSS, владеющих информацией профиля пользователя в многопользовательской среде HSS.

- интерфейс D_x используется I-CSCF или S-CSCF, чтобы найти нужный HSS в среде нескольких HSS;

- интерфейс G_m используется для обмена сообщениями между SIP пользовательского оборудования (UE) или VoIP-шлюз и P-CSCF.

- интерфейс G_o позволяет оператору управлять QoS в плоскости пользователя и обмена зарядной корреляции информации между IMS и GPRS сети;

- интерфейс G_q используется для обмена управляющей информацией между P-CSCF и PDF;

- интерфейс ISC (internal Service Control Interface) - это интерфейс между коммутатором S-CSCF и контроллером OSA SCS, основанный на протоколе SIP;

- интерфейс M_g – обеспечивает преобразование ISUP сигнализации в SIP сигнализацию для дальнейшей обработки сигнальных сообщений в I-CSCF;

- интерфейс M_j используется для межсетевого взаимодействия с ТфОП своего домена с коммутацией каналов;

- интерфейс M_k используется для межсетевого взаимодействия с телефонной сетью с коммутацией каналов в домене другой сети IMS для обмена SIP сообщениями между BGCF разных сетей.

- интерфейс M_m используется для обмена сообщениями между доменом IMS и внешними сетями IP.

- интерфейс M_r позволяет MRFC анализировать поток сигнальной информации от оконечных устройств, который проходит через MRFP.

- интерфейс M_r используется для обмена данными между S-CSCF и MRFC .

- интерфейс M_w используется для обмена сообщениями между элементами CSCF, а именно P-CSCF, I-CSCF и S-CSCF;

- интерфейс U_t обеспечивает управление абонентской сигнальной информацией, связанной с настройками и предоставлением услуг.

Особое внимание следует уделить интерфейсам $I_c i$ / $I_z i$, которые 3GPP разработал специально для модели IMS NNI и определил их для граничных узлов по взаимодействию разных доменов IMS [6]. Интерфейс $I_c i$ используется для транспортировки сигнальной информации SIP, а интерфейс

Izi обеспечивает взаимодействие медиа трафика. Межсетевое взаимодействие IMS с использованием Ici и Izi интерфейсов представлено на рис.2

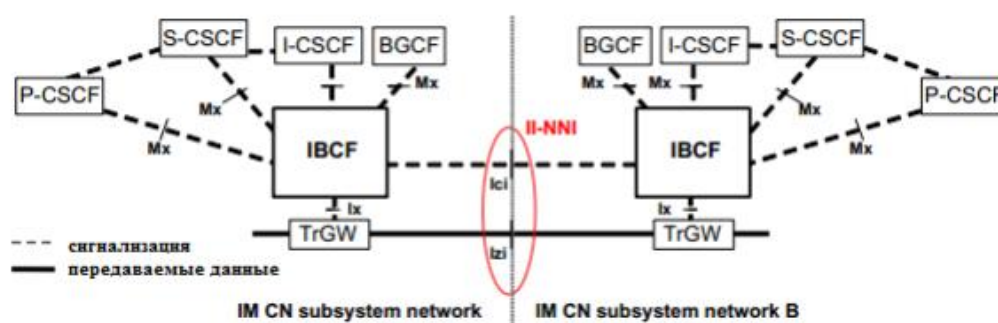


Рис. 2 Межсетевое взаимодействие IMS с использованием Ici и Izi интерфейсов

На рис. 3 представлен общий процесс взаимодействия оконечных устройств в разных доменах IMS в соответствии с рекомендациями 3GPP. Для этого используются интерфейсы MW / Gi/ SGI. Сигнальная информация SIP передается через интерфейс MW а пользовательский поток транспортируется через интерфейс Gi / SGI. Фактический пользовательский трафик IMS (например, видео поток) инкапсулируется с использованием туннеля Generic Routing в магистральную сеть интернет провайдера. А SIP сигнализация всегда передается через базовые сети IMS.

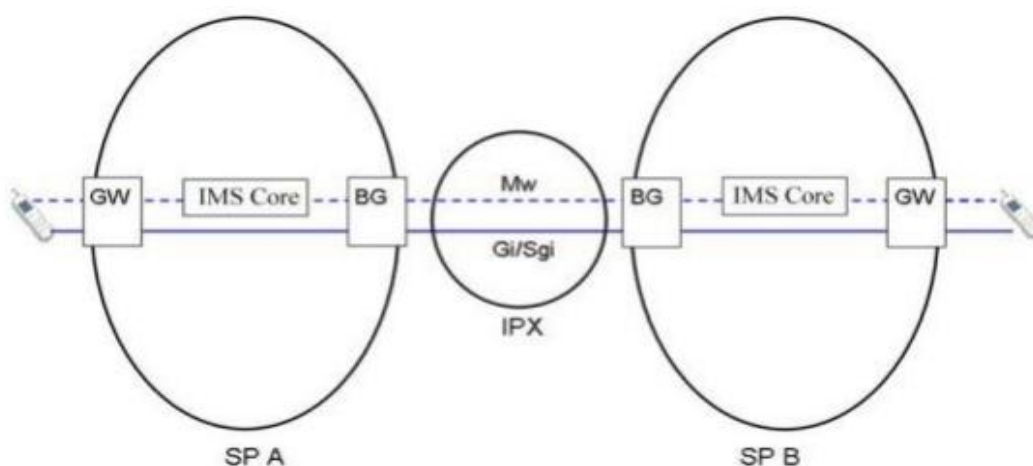


Рис. 3 Общий процесс взаимодействия оконечных устройств в разных доменах IMS в соответствии с рекомендациями 3GPP

Граничный шлюз BG, показанный на рисунке выше не является SIP элементом. Его основное предназначение обеспечить управление входящим трафиком из магистральной сети в ядро системы оператора, например, осуществить фильтрацию IP трафика.

Литература

1. <http://www.3gpp.org> сайт 3GPP.
2. <http://www.3gpp.org/specs/numbering.htm> 3GPP спецификации.
3. <http://www.tech-invite.com/> SIP/IMS технический портал.
4. http://www.rennes.enst-bretagne.fr/~gbertran/files/IMS_an_overview.pdf - краткий обзор архитектуры IMS.
5. <http://www.imsforum.org> - IMS форум.
6. http://www.sipknowledge.com/IMS_Specs.htm - полный список спецификаций.

ПРИНЦИП ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ IP-ТЕЛЕФОНІЇ НА БАЗІ SOFTSWITCH CLASS V

Гордашник Є.С., Маньківський В.Б.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: gordashnik@ukr.net; vmankivskiy@mts.com.ua

VoIP SoftSwitch class V based network designing

SoftSwitch class IV and class V overview is given. The basics of VoIP network designing are reviewed. SoftSwitch module structure and network architecture is presented. Implementation advices are given in conclusion.

В даний час, міжнародним комітетом стандартизації ITU розроблена концепція побудови мереж NGN (Next Generation Network), яка визначає основні напрями побудови нових і модернізації існуючих телекомунікаційних мереж [1]. ITU рекомендовано використання багаторівневої архітектури, яка має чітке розмежування наступних рівнів: рівень послуг і додатків, рівень управління, рівень магістральної транспортної мережі і рівень мереж доступу. Всі рівні повинні взаємодіяти між собою через відкриті інтерфейси.

Велике значення в цій архітектурі відводиться рівню управління, який повинен забезпечити поєднання мереж, побудованих з використанням різних технологій, методів комутації та обладнання різних виробників. В якості головного елемента системи управління було запропоновано використання Softswitch.

Перші Softswitch (class IV) були з апаратного-програмною реалізацією. Таким чином, вони фактично залишалися все тим же звичним комутаційним вузлом, тільки без цифрового комутаційного поля і абонентських комплектів. Це дозволяло інтерпретувати його функції в різних сценаріях модернізації телефонної мережі загального користування та спрощувало процес практичної реалізації [2].

Однак, суттєвою проблемою Softswitch class IV [3] була відсутність суворої стандартизації з боку ITU. Таким чином, реалізація Softswitch цілком залежала від концепцій фірми виробника, що призводило до проблем несумісності між Softswitch продуктами різних компаній.

Внаслідок цього почалися пошуки можливих рішень цієї проблеми. Так, в області інтелектуальних і мобільних мереж, з'явилася концепція IMS. В рамках цієї концепції запропоновано використання серверів додатків. В області звичайної та IP-телефонії використовували тенденцію переходу на хмарні технології і замінили програмно-апаратні комплекси на чисто програмні. В результаті чого з'явилися Softswitch class V, які забезпечили як транспортні послуги, так і додаткові види обслуговування. Крім того, більш вузька спеціалізація вирішення завдань в області передачі голосових повідомлень, дозволила спростити рішення задачі сумісності обладнання різних виробників. При цьому, поява на ринку телекомунікацій Softswitch class V стирає чіткі межі між Softswitch і IMS.

Розглянемо принцип побудови і функціонування мережі IP телефонії на

базі Softswitch class V, структурна схема якого наведена на рис.1.

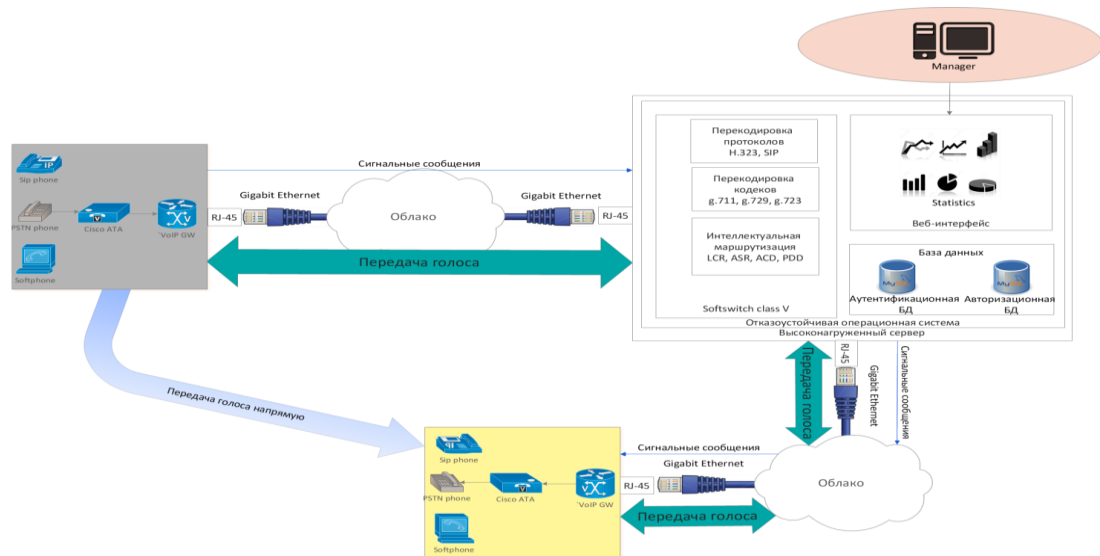


Рис.1 Структурна схема побудови і функціонування мережі IP телефонії на базі Softswitch class V

У мережі можна виділити наступні основні елементи:

1. Абонентське обладнання у вигляді аналогового телефону, Sip-телефону, H.323-телефону і Softphone (пристрою з програмним забезпеченням, емулюється IP-телефон).

2. Сервера, що знаходиться в дата-центрі компанії або дата-центрі провайдера хмарних технологій.

3. Softswitch, розгорнутий на базі сервера, що забезпечує вирішення наступних завдань:

- взаємодія різних видів сигналізації: OKC-7, H.323, SIP, MGCP, MEGACO;
- рішення задач маршрутизації;
- забезпечення взаємодії транспортних потоків при використанні різних кодеків.

- бази даних, що забезпечує зберігання створеного профілю абонента при авторизації та його подальшого використання в процесах аутентифікації;

- веб-інтерфейсу управління Softswitch

У процесі розгортання і функціонування мережі IP телефонії на базі Softswitch можна виділити два етапи:

Етап 1. Реєстрація профілю абонента в базі даних.

Етап 2. Обслуговування абонента Softswitch відповідно до даних створеного профілю.

Перший етап передбачає виконання таких операцій:

1. Створення профілю користувача оператором Softswitch.
2. Призначення абоненту статичного чи динамічного IP-адресу.
3. Закріплення абонента за Softswitch з певним IP-адресою.
4. Підключення абонентського обладнання до мережі Інтернет (або корпоративної мережі).
5. Проходження абонентом аутентифікації на Softswitch і запис профілю абонента в домашній базі даних.

Основний набір необхідних параметрів профілю користувача може бути наступним: IP-адреса, логін/пароль абонента, сума на рахунку і можливості кредитування абонента, список доступних напрямків зв'язку, рівень пріоритету.

Після цього користувач включається в абонентську базу і може обслуговуватися мережею IP-телефонії, тобто готовий до другого етапу.

Процес обслуговування абонента потребує вирішення завдань трьох видів:

1. Проходження абонентом аутентифікації на Softswitch.
2. Рішення задач сигнальної мережі.
3. Рішення завдань організації тракту передачі голосової інформації.

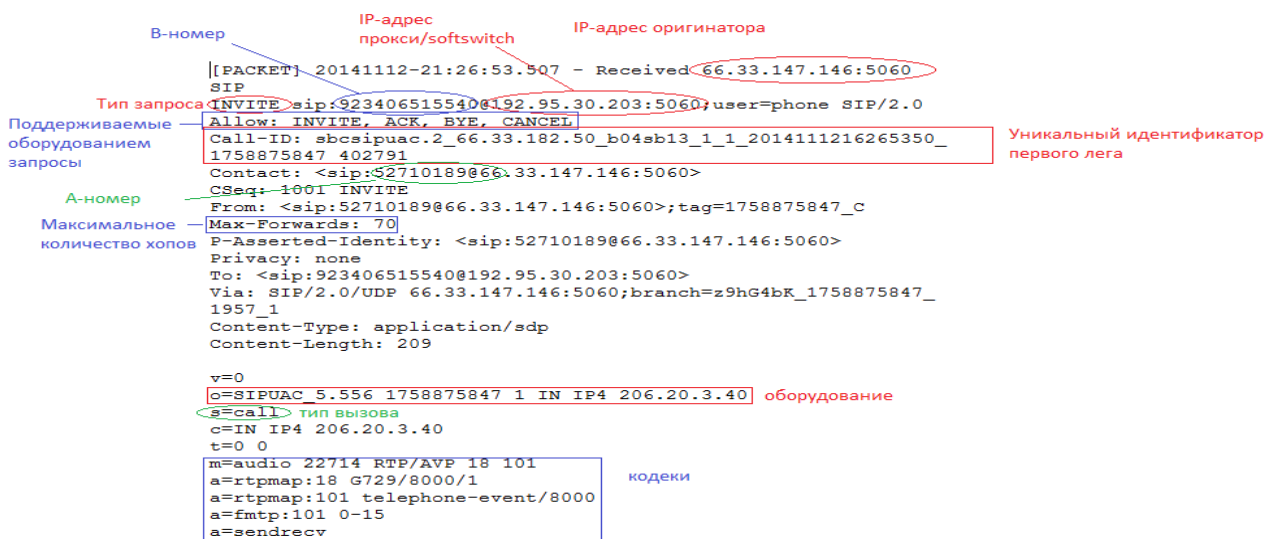
Аутентифікація абонента на Softswitch передбачає виконання таких операцій:

1. Абонентське обладнання генерує повідомлення Register, що містить аутентифікаційні дані.

2. Softswitch записує аутентифікаційні дані в ОЗУ і запитує профіль абонента з бази даних.

3. Проводить порівняння даних, і в разі збігу, користувачеві відправляється повідомлення OK. Якщо ні - користувачеві забороняється доступ до послуг Softswitch і відправляється повідомлення Unauthorized.

Повідомлення OK є дозволом на набір номера абонента, що викликається і відкриття сигнальної сесії, яка має вигляд, представлений на рис.2.



Таким чином, програмна реалізація Softswitch розв'язує проблеми вирішення завдань взаємодії різних мереж, сумісності обладнання різних виробників, масштабованості та продуктивності. Архітектура процесора повинна бути 64-бітна, а в якості бази даних доцільно використовувати об'єктно-реляційні СУБД.

Література

1. General overview of NGN // ITU-T Recommendation Y.2001, 2004
2. Quality of service, network management and traffic engineering – Network management – International network management // ITU-T E.411, 2000
3. Гольдштейн В.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. // IP-Телефония. — М.: Радио и связь, 2001. — 336с.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБМІНУ ДАНИМИ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ НА БАЗІ ПРОТОКОЛУ HTTP/2

Денисюк С.В., Ермаков А.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: serhiy.denysiuk@gmail.com

Increasing productivity in communication network based on internet protocol HTTP/2

Implementation of HTTP/2 as the beginning of a new era hypertext transfer protocol, the problems facing developers, and ways in which to move to improve the protocol.

На сьогоднішній день дуже тяжко уявити своє життя без використання мережі Інтернет. Кожного дня ми використовуємо її, щоб передавати дані, надсилати та отримувати файли, шукати інформацію.

Якісне надання послуг в мережі Інтернет припускає використання наступних основних компонентів [1]:

- універсальної системи пошуку адрес (URL) для переадресації документів;
- гіпертекстової мови розмітки HTML для форматування веб – документів;
- гіпертекстового протоколу передачі даних HTTP;

Адресація ресурсів в мережі Інтернет проводиться за допомогою єдиного ідентифікатора ресурсів URI (Uniform Resource Identifiers). URI забезпечує прості засоби для ідентифікації ресурсів. Специфікації URI відповідають функціональним рекомендаціям для локації ресурсів Інтернету URL, і єдиній системі імен ресурсів URN (Uniform Resource Names).

Інформація на Web-сервері зберігається у вигляді Web-сторінок або Web-документів. Web-сторінка – це файл у форматі мови гіпертекстової розмітки HTML (Hypertext Markup Language), який ідентифікується адресою URL. URL визначає протокол доступу до документа.

HTML – документ містить дві області: заголовок (Head) і тіло (Body). У заголовку вказуються: ім'я документа, URL-адресу, використовувані шрифти. Тіло містить Web-сторінку, виведену на екран браузера.

Протокол HTTP (Hypertext Transfer Protocol) є основою взаємодії браузерів з Web – серверами, завдяки чому здійснюються завантаження и відображення Web – сторінок [5]. HTTP заснований на моделі "запит – відповідь (request – response)".

По мірі того, як розвивалися мережі, завантаження вимагало все більше і більше ресурсів, тому виникла серйозна потреба у створенні нового протоколу.

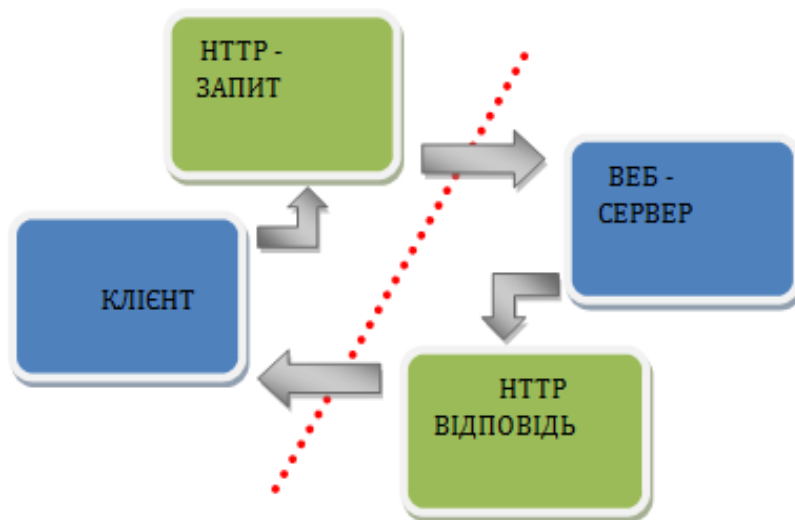


Рис. 1 Принцип взаємодії HTTP з веб – браузером

Перша версія, яка отримала назву HTTP/0.9, з'явилася в 1991 році [4]. Специфікація протоколу описувала впорядковані правила взаємодії між клієнтами і серверами HTTP, а також чітко розділяла функції між цими компонентами.

Новим протоколом зайнялася Інженерна рада Інтернету - організація, яка розробляє Інтернет - стандарти. Робоча група під назвою HTTPbis була сформована влітку 2007 року. Обговорення в групі нової версії HTTP протоколу почалося в кінці 2012 року. За основу HTTP/2 було взято протокол SPDY (від speedy – швидкий), розроблений Google в 2009 році і інтегрований в Chrome, Internet Explorer і Firefox [2]. Робота над HTTP/2 згодом почалася з чернетки SPDY/3.

Основна концепція, яку команда враховувала при розробці, полягає в наступному:

- нова версія повинна підтримувати парадигми HTTP;
- посилання `http://` і `https://` не можуть бути змінені, кількість контенту, який використовує подібну адресацію, занадто велика, щоб коли-небудь очікувати подібної зміни;
- HTTP1 сервери і клієнти будуть існувати ще десятиліття;
- видалити або зменшити число опційних частин у протоколі;
- більше не існує мінорних версій, тобто клієнти і сервери можуть бути або сумісні з `http2`, або ні.

Головною метою поновлення було підвищення швидкості завантаження сторінок. Наскільки вона стане швидше, ще тільки належить дізнатися. Але, відомо, що не варто очікувати збільшення швидкості на 50%. Новий протокол швидше є способом видалити деякі ключові перешкоди на шляху до більшої продуктивності.

Головним прийомом, який допоможе досягти цієї мети, є мультимплексування потоків.

Його принцип роботи можна пояснити на простому прикладі:

«Мультиплексування потоків означає, що пакети безлічі потоків змішуються в рамках одного з'єднання. Два (або більше) окремих потяги даних збираються в один, а потім розділяються на іншій стороні». Тобто два «потяги», які в поточній версії протоколу «їхали» б окремо (і довше), будуть збиратися разом і відправлятися по одному з'єднанню в змішаному режимі.

HTTP – це протокол без стану. Коротко, це означає, що кожен запит повинен містити максимальне число деталей, які потрібні серверу для запиту без необхідності зберігати безлічі метаданих від попереднього запиту. Так як HTTP/2 не придумано нічого нового, йому доводиться робити те ж саме.

Це робить HTTP повторюваним. Коли клієнт запитує безліч ресурсів з одного сервера, наприклад, зображення веб-сторінки, це перетворюється у велику серію запитів, що виглядають майже однаково. Для послідовності чогось майже однакового само собою напрошується стиск.

Так з'явився HPACK, стиснення заголовків для HTTP/2, який, як і підказує назва, формат стиснення, призначений спеціально для HTTP/2 – заголовків [3,6].

Насправді багато користувачів Інтернету вже користуються перевагами даної технології, самі того не підозрюючи, адже частина функцій вже була реалізована в SPDY. Але настання «ери HTTP/2» потрібно ще чекати. Вважається, що пройде багато місяців (якщо не років), перш ніж протокол буде використовуватися скрізь.

За випуском стоять кілька відомих браузерів. Принаймні представники Firefox, Chrome і Internet Explorer висловили готовність випускати браузер з підтримкою HTTP/2.

Існують і кілька серверних провайдерів, які ймовірно незабаром запропонують HTTP/2, включаючи Google, Twitter і Facebook, і очікується побачити підтримку HTTP/2 в популярних реалізаціях веб-серверів, таких як Apache HTTP Server і nginx.

Велике число важких рішень і компромісів було зроблено в HTTP/2. Після розгортання HTTP/2 існує шлях для поновлення до інших робочих версій протоколу, що відкриває можливість для створення більшого числа ревізій протоколу згодом.

Література

1. М.А.Шнепс-Шнеппе.Лекції по мережам нового покоління NGN.-М.МАКС-ПРЕСС, 2005 – 232с.
2. <https://http2.github.io/>.
3. <http://daniel.haxx.se/blog/2014/04/26/http2-explained/>.
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol.
5. <http://en.wikipedia.org/wiki/HTTP/2>.
6. <http://tjournal.ru/paper/http2>.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ PON ДЛЯ ПЕРЕДАВАННЯ СИГНАЛІВ ТОЧНОЇ ЧАСТОТИ

Дяченко А.П., Бірюков М.Л.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ “КПІ”, Україна

E-mail: dyachenko_a_p@ukr.net

Prospects of using PON technology for transmission of signals exact frequency and time

Considered technology PON, principles of its work and a summary of the types of technology and the prospects of its use as telecommunications distribution network signals exact frequency.

Фундаментальні зміни, що відбуваються в телекомунікації в значній мірі обумовлені досягненнями волоконно-оптичних технологій. Втілення мереж наступного NGN та майбутнього FN поколінь передбачає крім іншого широке впровадження волоконно-оптичних мереж доступу FTTx до будь якого помешкання. Серед переваг особливо цінною є можливість одночасної доставки по одному волокну сигналів з різними довжинами хвиль. Це явище отримало назву "спектральне ущільнення, або мультиплексування сигналів по довжинах хвиль" (Wave Division Multiplexing - WDM) [1]. Така доставка дозволяє істотно підвищити пропускну здатність каналу зв'язку та ефективність використання оптичного волокна. Прикладом вдалого застосування принципу WDM на ділянці доступу є технологія PON – Passive Optical Network (пасивна оптична мережа), яка використовується як при новому будівництві, так і для підвищення пропускну здатності вже існуючих ВОЛЗ. Крім економічного підвищення пропускну здатності технологія PON має широкий спектр застосування від приватного жила до корпоративних та технологічних мереж, зокрема мереж стільникового зв'язку третього та вищого поколінь.

В даній роботі досліджується питання якості передавання сигналів точної частоти на ділянках PON. Топологічна особливість архітектури PON, яка має структуру дерева приваблива до її використання в якості телекомунікаційної розподільчої мережі сигналів точної частоти та часу, потенційно не схильній до збудження за рахунок виникнення петель сигналів синхронізації і тому дослідження особливостей передавання мереж з технологіями PON представляє практичний інтерес з точки зору якості передавання сигналів точного часу і частоти (ТЧЧ).

На даний час існують декілька технологій PON, кожна з яких має свої переваги і недоліки [2–5]. На мережі можуть бути як дещо застарілі технології APON, BPON, EPON, так і новітні, конкуруючі GEPON (10GEPON) і GPON. Тому провідні виробники спільно з операторами активно займаються розробкою і досвідченим впровадженням систем PON наступного покоління – NG-PON2 [3] та XG-PON [2]. Основні цілі цих

систем – збільшення бітової швидкості, радіуса дії і кількості користувачів. Також вирішуються питання міграції від існуючих GPON або IEEE EPON до NG-PON2 та XG-PON. На даний час проходять тестування нових стандартів – XG-PON [2] (10 Гбіт/с) і NG-PON2 [3] (40 Гбіт/с). Застосування WDM технологій сприятиме підвищенню потенціалу PON мереж до 40/100 Гбіт/с відповідно. Основні характеристики технологій PON в таблиці 1.

Таблиця 1. Загальні характеристики різновидів технології PON

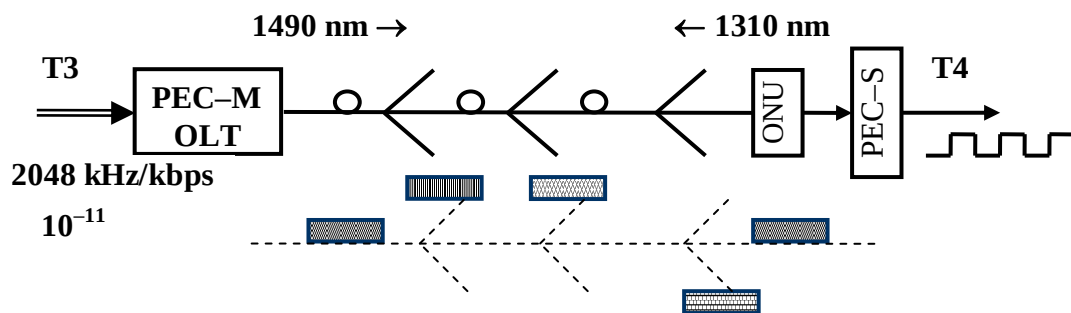
Технологія PON	A -PON (BPON)	E-PON	G-PON	XG-PON	NG-PON2
Стандарт	G.983.x (x = 1-5)	IEEE 802.3ah,	ITU-T G.984.x (x = 1-7)	ITU-T G.987.1	ITU-T G.989.1
Базовий протокол	ATM	Ethernet IEEE 802.3	Ethernet* IEEE 802.3	Ethernet* IEEE	Ethernet* IEEE
Максимальна кількість ONU на волокно	32	16	64;128	32;64 (128;256)	≥256
Відстань, км	20	30(20)	20	20 (40;60)	≥60
Швидкість → / ←, Гбіт/с	0,155/0,155 0,622/0,155 0,622/0,622	1/1	2,4/1,2 2,4/2,4	10/10;2,5	4÷8 × (2,5; 10/ 2,5;10)
Хвилі → / ←, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/1310)	1550/1310 (1480/1310)	1260÷1280/ 1260÷2800	DWDM

Основна особливість структури PON полягає в використанні одного приймально-передавального модуля OLT (optical line terminal) для передачі та прийому інформації по одному волокну з багатьма абонентським пристроям ONT або ONU (optical network terminal/unit). Модель тракту PON з точки зору передачі сигналу точної частоти можна подати в вигляді рис.1.

Крім того, наявність в обладнанні OLT, принаймні в A-PON, G-PON, стандартних інтерфейсів синхронізації (точка T3 на рис.1) SDH/SyncEthernet, які відповідають вимогам [G.703] дозволяє забезпечити взаємодію з традиційними мережами синхронізації отримання від них опорних сигналів ТЧЧ з необхідними показниками точності та стабільності $\pm 1 \cdot 10^{-11}$. Через абонентські термінали ONU можуть бути підключені як приватні, так і корпоративні користувачі, базові станції стільникового зв'язку, технологічні комплекси тощо. В порівнянні з рішеннями доступу, заснованими на інших технологіях, реалізація PON вимагає набагато менших витрат на інфраструктуру. Зокрема, вузол доступу з'єднується з розгалужувачем тільки одним волокном, а на проміжних пунктах використовується пасивне обладнання, яке не потребує живлення.

Структура PON, розгалуженість, довжина лінії, відсутність комутаторів і маршрутизаторів, можливість резервування – все це сприяє її використанню в якості розподільчої мережі синхронізації, до якої через ONU можна

приєднати технологічні комплекси, базові станції, тощо для отримання точної частоти та часу.



PEC-M –Провідний пакетний годинник ONU – Оптичний мережевий блок
PEC-S – Ведений пакетний годинник ONT – Оптичний термінал

Рис.1 Основні структурні елементи PON

В цілому структура PON має задовольняти вимогам Рекомендацій МСЕ-T з пакетної передачі щодо еталонного ланцюга [G.8261]. Але, по-перше, за виключенням з використання синхронного режиму передавання (SDH, SyncEthernet) асинхронні, пакетні режими з розгалуженням (рис.1) створюють великі прогалини в потоці що призводить до деградації сигналу синхронізації,яке необхідно визначити та експериментально перевірити. По-друге, синхронізація у часі залежить від асиметрії часу $\mathfrak{R}$ передавання в прямому і зворотному напрямках. Порівнюючи вимоги до точності синхронізації у часі перспективних технологій, наприклад, для LTE TDD, UTRA-TDD, Wimax-TDD потреба в точності складає 1,5 мкс–5 мкс [G.8271], що за приблизними даними таблиці 2 потребує подальшого вивчення.

Таблиця 2. Основні часові параметри передавання

Об'єкт	Затримка	Відхил	Асиметрія - $\mathfrak{R}$
Апаратна частина	0,1 – 3 мкс	0,1 – 3 мкс	< 3 мс
Фізичний стик	< 50 нс	< 1 нс	< 100 нс
Лінія	< 3 нс/м	<< 1 нс	< 0,5 нс/м

Але для інших 95 % користувачів, потреби яких вище 1–1.5мс технологія PON має задовольнити.

Література

1. Бірюков М.Л., Стеклов В.К., Костік Б.Я. Транспортні мережі телекомунікацій: Системи мультимплексування: Підручник для студентів вищ. техн. закладів; За ред. В.К. Стеклова. – К.: Техніка, 2005. – 312 с., іл.
2. ITU-T Recommendation G.987.1 (01/10) 10-Gigabit-capable passive optical networks. (XG-PON): General requirements.
3. ITU-T Recommendation G.989.1 (03/13) 40-Gigabit-capable passive optical networks. (NG-PON2): General requirements.
4. PON – оптические сети с пассивной оптической магистралью [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://deps.ua/>.
5. Всеукраинский проект UA.PON [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ic-line.ua/projects/ua-pon>.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В ОПТИЧЕСКИХ MLR СЕТЯХ

Евсеева О.Ю., Ильяшенко Е.Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

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

Model for resource control in MLR optical networks

Packet optical networks are converged solutions that allow to reduce amount of used equipment, operational complexity and cost. At same time the convergence doesn't allow to solve control tasks at different levels independently but requires cross-layer control decision. The paper offers mathematical model for cross-layer optimal resource control in mixed-line rate optical networks. The model takes into account different line rates at optical layer, dynamics of incoming traffic at IP-layer, and it's aimed at joint allocation of resources at both of them.

Как показывают результаты исследований, проведенные компанией Infinera Corporation [1], крупные сервис провайдеры в основе своей транспортной сети, как правило, используют многоуровневую архитектуру, объединяющую в себе пакетные IP-сети, технологии многопротокольной коммутации меток (MPLS), оптических транспортных сетей (OTN) и волнового мультиплексирования (WDM). При этом на фоне экспоненциального роста объемов трафика возникает интерес к конвергированным решениям (платформам), в рамках которых функции нескольких уровней объединяются и возлагаются на единую техническую систему с целью уменьшения объема используемого оборудования, снижения сложности как самой сети, так и процесса ее обслуживания, а также стоимости. С этой точки зрения конкурирующими являются два подхода: IP-over-WDM и IP-over-OTN, представляющие собой различные варианты реализации пакетных оптических сетей. Сеть IP-over-WDM имеет в своей основе совокупность IP/MPLS-маршрутизаторов, оснащенных WDM-интерфейсами, соединение между которыми осуществляется при помощи реконфигурируемых оптических мультиплексоров ввода/вывода (Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer, ROADM), где WDM-интерфейсы могут иметь одинаковые скорости передачи (Single-Line Rate, SLR) или разные (Mixed-Line Rate, MLR). В рамках IP-over-OTN маршрутизаторы оснащаются различными Ethernet-интерфейсами, например, 10, 40 и 100 Гбит/с, т.е. обеспечивается многоскоростная передача. Связность при этом обеспечивается через реконфигурируемую OTN/WDM-сеть, где совмещены задачи волнового мультиплексирования и оптической коммутации [1].

Как показано в литературе, в условиях гетерогенного современного трафика, где запрашиваемые скорости передачи могут варьироваться от десятых долей до десятков Гбит/с, многоскоростной режим функционирования оптической сети является более эффективным с точки

зрения использования сетевых ресурсов [2]. Таким образом, в сетях IP-over-OTN или IP-over-WDM в режиме MLR благодаря линейке скоростей передачи упрощается задача отображения IP-потоков на множество световых путей и оптических несущих, но при этом усложняется задача распределения оптических несущих на уровне WDM (т.н. задача Routing and Wavelength Assignment, RWA). Тогда предложенная ранее авторами математическая модель оптимального управления ресурсами оптической SLR сети [3] становится неприменимой и должна быть пересмотрена. Поскольку различные скорости передачи при одних и тех же расстояниях между приемо-передающими устройствами означают различные уровни ошибок (Bit Error Rate, BER) на канальном уровне, условие сохранения потока для мультиплексоров WDM-сети принимает вид

$$\sum_{\substack{n=1, \\ n \neq m}}^N \sum_{l=1}^{N_{m,n}^w} \gamma_{i,j}^{l,m,n} c^{l,m,n} w_{i,j}^{l,m,n}(k) - \sum_{\substack{r=1, \\ r \neq m}}^N \sum_{l=1}^{N_{r,m}^w} \gamma_{i,j}^{l,m,n} c^{l,r,m} w_{i,j}^{l,r,m}(k) = \begin{cases} f_{i,j}(k), & \text{если } m = i; \\ 0, & \text{если } m \neq i, j; \\ -f_{i,j}(k), & \text{если } m = j, \end{cases} \quad (1)$$

где $w_{i,j}^{l,m,n}(k)$ – булева переменная, равная единице, если на k -м интервале управления l –я несущая в оптическом тракте (m,n) используется для создания светового пути между мультиплексорами i и j ; $c^{l,m,n}$ – пропускная способность l -й оптической несущей в тракте передачи (m,n) ; $\gamma_{i,j}^{l,m,n} = \{0,1\}$ – коэффициент, отражающий приемлемость использования l -й несущей в оптическом тракте (m,n) для создания светового пути (i,j) в соответствии с допустимым порогом BER; $N_{m,n}^w$ – число оптических несущих в тракте передачи (m,n) ; N – число мультиплексоров в сети WDM; $f_{i,j}(k)$ – пропускная способность формируемого светового пути (i,j) .

Искомая переменная $w_{i,j}^{l,m,n}(k)$ кроме системы уравнений (1) должна удовлетворять ряду ограничений:

$$\sum_{i=1}^{N^r} \sum_{\substack{j=1, \\ j \neq i}}^{N^r} \sum_{l=1}^{N_{m,n}^w} w_{i,j}^{l,m,n}(k) \leq N_{m,n}^w, \quad \sum_{i=1}^{N^r} \sum_{\substack{j=1, \\ j \neq i}}^{N^r} w_{i,j,h}^{l,m,n}(k) \leq 1, \quad (2)$$

$$w_{i,j}^{l,m,n}(k) = w_{i,j}^{l,r,m}(k), \quad \sum_{l=1}^{N_{m,n}^w} w_{i,j}^{l,m,n}(k) = \sum_{\substack{q=1, \\ q \neq m}}^N \sum_{l=1}^{N_{m,q}^w} w_{i,j}^{l,m,q}(k), \quad (3)$$

где N^r – количество маршрутизаторов на уровне IP-сети.

Условие (2) связано с ограниченным количеством оптических несущих в каждом тракте передачи, каждая из них может быть использована один раз. Условия непрерывности длины волны и использования единого для формируемого светового пути маршрута (3) не являются обязательными, но могут быть введены в соответствии с физикой рассматриваемой сети.

В целом выражения (1) – (3) описывают задачу RWA, где величина $f_{i,j}(k)$ должна удовлетворять требованиям относительно связности между маршрутизаторами на уровне IP, т.е.

$$f_{i,j}(k) \geq b_{i,j}(k), \quad (4)$$

где $b_{i,j}(k)$ – требуемая на уровне IP пропускная способность соединения (светового пути) между маршрутизаторами i и j .

В свою очередь величина $b_{i,j}(k)$ определяется текущими объемами поступающего в сеть трафика и может быть рассчитана на основе выражений:

$$x_{i,j}(k+1) = x_{i,j}(k) - \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^{N^r} b_{i,l}(k) \cdot \Delta t \cdot u_{i,l}^j(k) + \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq i,j}}^{N^r} b_{m,i}(k) \cdot \Delta t \cdot u_{m,i}^j(k) + y_{i,j}(k), \quad (5)$$

$$0 \leq x_{i,j}(k), \quad \sum_{\substack{j=1, \\ j \neq i}}^{N^r} x_{i,j}(k) \leq x_i^{\max}, \quad 0 \leq u_{i,l}^j(k) \leq 1, \quad \sum_{n=1}^{N^r} u_{i,l}^n(k) \leq 1, \quad (6)$$

где $i, j = 1, N^r$, $i \neq j$; $\Delta t = t(k+1) - t(k)$ $x_{i,j}(k)$ – объем данных, которые находятся на i -м маршрутизаторе и предназначены для передачи j -му маршрутизатору в момент времени t_k ; $u_{i,l}^j(k)$ – маршрутная переменная, которая указывает на долю пропускной способности канала (i, l) , выделяемую в момент времени t_k для передачи потока с адресом j ; $y_{i,j}(k)$ – объем нагрузки, поступающей в момент времени t_k на маршрутизатор i и предназначенной для передачи маршрутизатору j ; $x_i^{\max}$ – максимально допустимая длина очереди на i -м маршрутизаторе.

Таким образом, в рамках предложенной модели управляющими являются переменные трех типов: $u_{i,l}^j(k)$, $b_{i,j}(k)$ и $w_{i,j}^{l,m,n}(k)$. Их расчет в соответствии с (1) – (6) обеспечивает совместное распределение ресурсов как на IP уровне, так и на уровне нижележащей оптической сети, где в качестве критерия принятия решения может выступать, например, минимум потребляемой энергии [3]. Основными отличительными особенностями модели (1) – (6) являются: учет многоскоростного режима функционирования, учет динамики поступающего на обслуживание трафика, возможность формирования управляющего решения, оптимального с точки зрения сети в целом, а не в рамках отдельных уровней и подсистем.

Литература

1. Kline R. Better Network Economics with IPoOTN / Ron Kline. – Infinera Corporation, 2013. – 9 p. – (Document Number: WP-ITN-6-2013).
2. Евсеева О.Ю. Модель энергоэффективного управления ресурсами сети IP-over-DWDM / О.Ю. Евсеева, Е. Н. Ильяшенко // Системи обробки інформації. – 2014. – № 8 (124). – С. 107 – 113.
3. Feres M.M. Power Consumption and Blocking Probability Tradeoffs in Mixed-Line-Rate and Mixed-Formats (MLR-MF) Optical Networks” / M.M. Feres, M. de Lacerda Rocha, M.A. Romero // SBMO/IEEE MTT-S International Microwave & Optoelectronics Conference (IMOC), 4-7 Aug. 2013: proc. of conf. – 2013. – P. 1-5.

ПОБУДОВА ПРОГРАМНО-ВИЗНАЧЕНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛУ OPENFLOW

Латуха А.В., Штепа В.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: tx7.vic@gmail.com

Software-Defined Networks creating using OpenFlow protocol.

This paper describes advantages of Software-Defined Networking and its realization.

Інтернет перетворився на федеративну мережу, яка підтримує значні широти різних сервісних пропозицій. Надання таких мережевих сервісів, як IP VPN припускає активацію різноманітних можливостей, які включають (але не обмежуються цим переліком):

- транспортування та маршрутизація трафіку – управління персональними схемами адресації, динамічне обрахування та визначення шляхів до заданих мереж, динамічне встановлення тунелів, тощо;
- якість обслуговування (QoS) – класифікація, маркування, кондиціонування трафіку, робота з чергами;
- безпека – налаштування фільтрів для захисту користувачів від зовнішніх атак, уникання неправильних мережевих анонсів;
- управління – пошук збоїв та їх усунення.

Так як ці сервіси розростаються не тільки в різноманітності, а й в складності, їхня розробка, надання та функціонування перетворилися на складну проблему, яка часто вимагає різних рівнів особливих знань. В подальшому ця ситуація посилюється широким переліком мережевих технологій та засобів, реалізація яких є часто вендорно специфічними. В той же час ці сервіси повинні розгортатися в найменший проміжок часу, мати запас масштабованості, підтримувати мобільність користувачів.

На теперішній момент, більшість із вищезгаданих сервісів була впроваджена впродовж минулого десятиліття, в основному, базуючись на статичних виробничих процедурах впровадження сервісів, які піддані ризику помилкових конфігураційних команд. До того ж, більшість з цих сервісів не припускають яких-небудь специфічних домовленостей між користувачем та сервісним провайдером, окрім звичних фінансових угод.

Застосування Програмно-Визначених Мереж надає наступні можливості та переваги:

- гнучке управління мережами та мережевими ресурсами;
- швидке впровадження нових сервісів;
- незалежність від виробників мережевого обладнання;
- широкі можливості забезпечення мобільності користувачів.

Програмно-Визначені Мережі являють собою нову архітектуру побудови мереж, яка бере за основу розділення рівнів управління та передачі трафіку [1]. Організація «Open Networking Foundation (ONF)» займає

лідируючу позицію у стандартизації SDN. Вона визначає архітектуру SDN наступним чином:

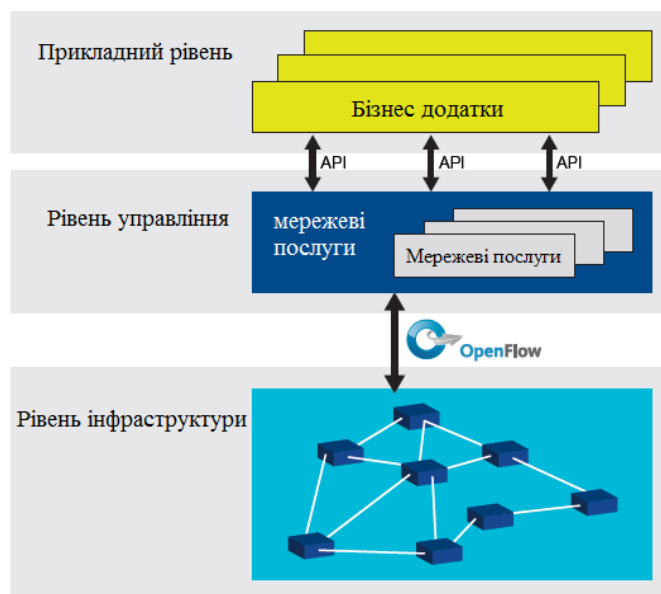


Рис.1 Архітектура Програмно-Визначених Мереж

Як бачимо з Рис.1 архітектура складається з 3-х рівнів:

- Прикладний Рівень. Складається з бізнес-додатків користувачів.
- Рівень Управління. Запроваджує логічно централізовану функцію управління, яка керує поведінкою передачі мережевого трафіку у вигляді відкритого інтерфейсу.
- Рівень Інфраструктури. Складається з мережевих елементів та пристроїв, що запроваджують пакетну комутацію.

Як було вище згадано SDN розділяє функції передачі та контролю. В традиційних мережах (Рис.2) на кожному мережевому пристрої – комутаторі або маршрутизаторі працюють необхідні протоколи, які забезпечують функціонування сервісів. В SDN мережах (Рис.3) на комутатори та маршрутизатори покладається завдання передачі трафіку, всі управляючі функції покладаються на контролер. Контролер з використанням протоколу OpenFlow «розповідає» всім мережевим пристроям про те як, куди і кому передавати трафік у різних випадках.

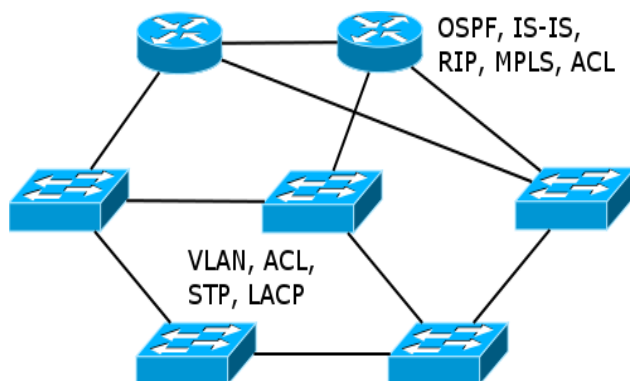


Рис. 2 Традиційна пакетна мережа

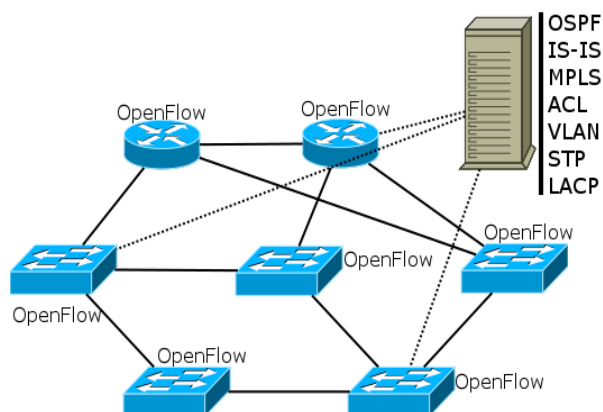


Рис. 3 Мережа з використанням SDN

При цьому контролер може як використовувати існуючі протоколи (наприклад, динамічної маршрутизації), так і бути запрограмованим специфічним алгоритмом.

На даний момент пропонуються дві тенденції впровадження технології SDN [2]:

- Поступовий перехід. В разі поступового переходу частина існуючого мережевого обладнання буде замінюватися на SDN-сумісне. Операційна система (ОС) такого обладнання міститиме як функціонал вже існуючих ОС відповідних вендорів (IOS від Cisco Systems, JunOS від Juniper Networks та інш.), так і роботу з використанням протоколу OpenFlow.
- Миттєвий перехід. В даному випадку використовується обладнання, яка працює виключно через протокол OpenFlow (або інший аналогічний протокол).

Таким чином, одним з подальших напрямків розвитку сучасних телекомунікаційних систем є перехід на мереж SDN, де управління мережевими елементами буде здійснюватися з єдиного центрального органу управління. Це дозволить вирішити проблему взаємодії мережевого обладнання різних вендорів. Крім того, це позитивно позначиться на ефективності функціонування систем управління, внаслідок уніфікації процесів збору і обробки вихідної інформації, прийняття рішення про методи підтримання характеристик мережі в межах необхідних норм і доведення прийнятих рішень до виконавчих органів.

В загальному випадку, технологія є еволюційною – очікується поступовий перехід до її використання, хоча переваги її застосування очевидні.

Подальші дослідження в цій темі спрямовані на:

- реалізацію високоефективних методів TE (Traffic Engineering);
- розробку контролера з базовими функціями управління мережі;
- забезпечення QoS (Quality of Service);
- реалізацію динамічного конфігурування мереж на базі інформації від протоколів SNMP (Simple Network Management Protocol) та NetFlow.

Література

1. OpenFlow-enabled SDN and Network Functions Virtualization // ONF Solution Brief // February 17, 2014.
2. <https://tools.ietf.org/html/rfc7149>.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЙ ПО МНОГОАДРЕСНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕДАЧИ МУЛЬТИПОТОКОВОГО ТРАФИКА

Лемешко А.В., Арус К.М., Еременко А.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

E-mail: avlem@ukr.net

Fault-tolerance ensuring for the multicast routing solutions in telecommunication network within the multiflow traffic transmission

Conditions for the node, link and path protection within the fault-tolerant routing for the multiflow case were proposed. Presented conditions are based on a nonlinear flow model which uses the terms for the links overload prevention modified for the case when just some of the flows switched to the backup paths, but not all of them.

Все чаще для передачи разнородного сетевого контента с целью минимизации загруженности телекоммуникационной сети (ТКС) используют средства (модели, методы и протоколы) многоадресной маршрутизации. К сожалению, в случае отказа того или иного маршрута на его пересчет требуется, как правило, несколько десятков секунд, что может привести к потере значительного объема передаваемых данных. Поэтому для повышения отказоустойчивости маршрутных решений наряду с расчетом основного маршрута обеспечивается одновременно поиск и резервного пути [1].

Однако в условиях передачи в ТКС мультимедийного трафика переключаться на резервные маршруты могут не все потоки одновременно, а лишь некоторые из них. Учет этого фактора требует адекватной математической формализации на уровне используемой математической модели, т.к. могут возникнуть проблемы с перегрузкой каналов связи, которые входят во вновь используемые резервные пути. В этой связи в данной работе получил дальнейшее развитие подход, ориентированный на потоковую многоадресную отказоустойчивую маршрутизацию при реализации различных схем резервирования сетевых ресурсов [2, 3] с целью решения проблем, связанных с предотвращением перегрузки каналов связи ТКС.

В ходе математического описания процесса многоадресной маршрутизации использована потоковая модель, в рамках которой структура ТКС описывается с помощью ориентированного графа $\Gamma = (V, E)$, где $V = \{v_i, i = \overline{1, m}\}$ – множество вершин – узлов (маршрутизаторов) сети, а $(i, j) \in E$ – множество дуг графа, моделирующих каналы связи (КС) ТКС. Для каждого КС, моделируемого дугой $(i, j) \in E$, задана пропускная способность,

измеряемая в пакетах в секунду (1/с), которая будет обозначаться как $\varphi_{(i,j)}$. С каждым k -м потоком связан ряд параметров: r_k – средняя интенсивность потока на входе в сеть; s_k – узел-отправитель; $d_k^* = \{d_k^1, d_k^2, \dots, d_k^{m_k}\}$ – множество узлов-получателей, m_k – число получателей пакетов k -го потока.

В ходе решения задачи многоадресной маршрутизации необходимо рассчитать множество булевых переменных

$$x_{(i,j)}^k \in \{0;1\}, \quad (1)$$

каждая из которых характеризует долю интенсивности k -го потока в КС $(i,j) \in E$; $k \in K$, где K – множество потоков в сети.

На маршрутные переменные (1) накладывается ряд ограничений:

$$\sum_{j:(i,j) \in E} x_{(i,j)}^k \geq 1 \quad \text{при } k \in K, v_i = s_k, \quad (2)$$

$$\sum_{i:(i,j) \in E} x_{(i,j)}^k = 1 \quad \text{при } k \in K; v_j \in d_k^*. \quad (3)$$

Ограничение (2) вводится для узла-отправителя, а условия (3) – для каждого узла-получателя. Для каждого транзитного узла $v_j \in V$ дополнительно вводятся следующие условия:

$$\sum_{i:(i,j) \in E} x_{(i,j)}^k \geq x_{(j,p)}^k \quad \text{при } k \in K; v_j \notin s_k, \quad (4)$$

выполнение которых делает возможным наличие потока на любом из исходящих интерфейсов транзитного узла $((j,p) \in E)$ лишь в том случае, когда этот поток поступает хотя бы на один из входных интерфейсов этого же узла $((i,j) \in E)$.

Если в структуре сети возможно образование контуров (циклов), то при выполнении условий (1)-(4) не будет обеспечиваться связность отдельных каналов в маршрут. Для предотвращения образования контуров в предлагаемую модель вводятся условия (по числу контуров в сети) вида

$$\sum_{(i,j) \in E_\pi^i} x_{(i,j)}^k < |E_\pi^i|, \quad (5)$$

где E_π^i – множество дуг графа, образующих i -й контур (π); $|E_\pi^i|$ – мощность множества E_π^i . Выполнение условия (5) гарантирует то, что контур в рассчитываемый маршрут входить не будет.

Для определения резервного маршрута необходимо наряду с неизвестными (1) рассчитать дополнительные переменные $\bar{x}_{(i,j)}^k$, которые характеризует долю k -го потока, протекающего в канале $(i,j) \in E$ резервного маршрута. На переменные $\bar{x}_{(i,j)}^k$ также накладываются ограничения, подобные (1)-(5). Кроме того, в структуру модели для предотвращения пересечения основного и резервного маршрутов с реализацией различных схем резервирования входит ряд дополнительных условий-ограничений, связывающих маршрутные переменные для основного и резервного путей. При реализации схемы защиты (i,j) -канала

используются условия вида:

$$x_{(i,j)}^k \bar{x}_{(i,j)}^k = 0, \quad (6)$$

при использовании схемы защиты i -го узла задействуется условие:

$$\sum_{i:(i,j) \in E} x_{(i,j)}^k \bar{x}_{(i,j)}^k = 0, \quad (7)$$

а для обеспечения защиты пути (путей) введены условия-равенства

$$\sum_{(i,j) \in E} x_{(i,j)}^k \bar{x}_{(i,j)}^k = 0. \quad (8)$$

Новизна предлагаемого решения заключается в том, что в качестве условий предотвращения перегрузки каналов связи в ТКС будут использоваться выражения

$$\sum_{k \in K} r^k \left(\frac{x_{(i,j)}^k + \bar{x}_{(i,j)}^k}{x_{(i,j)}^k \bar{x}_{(i,j)}^k + 1} \right) \leq \varphi_{(i,j)}, \quad (i,j) \in E. \quad (9)$$

Их выполнение в условиях реализации отказоустойчивой многоадресной маршрутизации в рамках модели (1)-(9) приведет к тому, что суммарная интенсивность потоков, протекающих по выбранному КС, будет рассчитываться для «худшего случая», т.е. во внимание будет приниматься большая из интенсивностей k -го потока, относящихся к основному или резервному маршруту.

В ходе расчета переменных x_{ij}^k и $\bar{x}_{ij}^k$ минимизируется функция

$$F = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in E} c_{(i,j)}^k x_{(i,j)}^k + \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in E} \bar{c}_{(i,j)}^k \bar{x}_{(i,j)}^k, \quad (10)$$

которая определяют условную стоимость использования ресурсов ТКС в ходе решения задачи отказоустойчивой многоадресной маршрутизации, где $c_{(i,j)}^k$ и $\bar{c}_{(i,j)}^k$ – метрики маршрутизации для основного и резервного маршрутов соответственно.

Литература

1. Hussain I. Fault-Tolerant IP and MPLS Networks, Cisco Press. – 2004, 336 p.
2. Lemesko O., Romanyuk A., Kozlova H. Design schemes for MPLS Fast ReRoute // XIIth International Conference «The experience of designing and application of CAD systems in microelectronics», Polyana-Svalyava-(Zakarpattya), UKRAINE 19-23 February 2013: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2013. – P. 202-203.
3. Лемешко А.В., Арус К.М. Повышение отказоустойчивости решений задач многоадресной и широковещательной маршрутизации в телекоммуникационных сетях // Труды международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC - 2013), часть 5, 2 – 6 декабря 2013 г. – Москва, 2003. – С. 91-94.
4. Лемешко А.В. Тензорная модель многопутевой маршрутизации с гарантиями качества обслуживания одновременно по множеству разнородных показателей [Электронный ресурс] / А.В. Лемешко, О.Ю. Евсеева // Проблеми телекомунікацій. – 2012. – № 4 (9). – С. 16 - 31. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_lemeshko_tensor.pdf.

УПРАВЛІННЯ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯМИ У МЕРЕЖАХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ОРГАНІЗАЦІЇ ЧЕРГ

Москвитіна А.А., Романов А.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

Київський коледж зв'язку

E-mail: fuffypickly@gmail.com

Congestion management of data network using queue strategies

This article provides queue strategies as the one of the concepts of QoS. Also the example of organization of LLQ strategy is reviewed.

Будь-яка реальна мережа передачі даних схильна до перевантажень. Для відповідності параметрів якості зв'язку параметрам, заявленим в угоді про надання послуг, в мережу впроваджуються політики якості обслуговування (QoS, Quality of Service). По суті, QoS показує ймовірність проходження пакетів між двома точками мережі.

Одним з механізмів QoS є управління перевантаженнями мережі, що досягається організацією черги. Зазвичай використовується метод FIFO (перший прийшов - перший вийшов), однак при інтенсивному трафіку створюється «затор», і всі пакети, які не зайняли місце у буфері черги FIFO - губляться. Тому, оптимальніше використовувати «розумну» чергу, в якій пріоритет у пакетів залежить від типу сервісу. Найбільш широке застосування отримали механізми зважених справедливих черг CBWFQ і черг з малою затримкою LLQ (модифікація CBWFQ).

Налаштування черг включає конфігурацію класів (class-map), групування у policy-map і прив'язку визначеного інтерфейса до service-map.[1] Орієнтована структура призначення політик та класів показана на рис. 1:

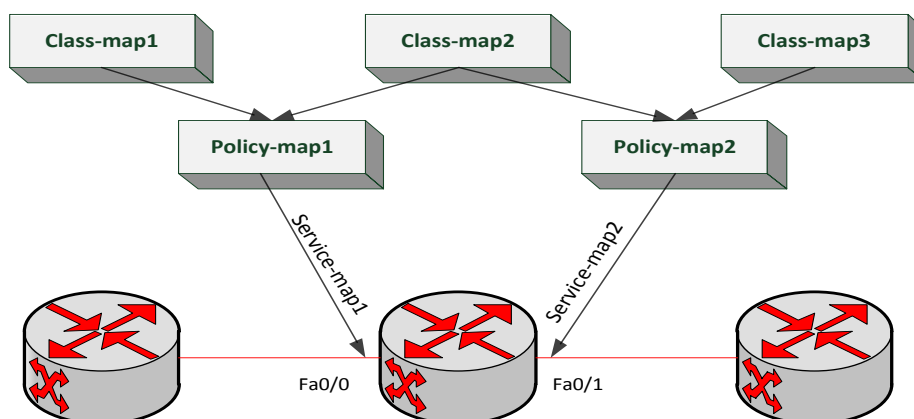


Рис. 1 Орієнтована структура призначення політик та класів

Поставимо задачу: Заборонити потік ICMP-пакетів від користувача VPCS1 до VPCS2 розміром більше 700 біт, а для ICMP-пакетів від 300 до 700 обмежити швидкість до 8000 bps. Змоделюємо стенд (див. рис. 2) в емуляторі

GNS3.

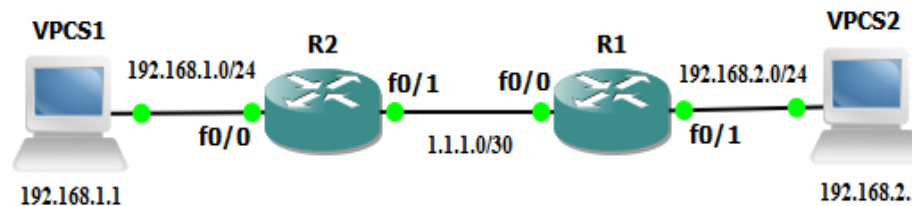


Рис. 2 Змодельований стенд

Проведемо налаштування відповідно до адресації, зазначеної на малюнку.

R2(config)#access-list 1 permit 192.168.1.0 0.0.0.255. Налаштуємо на R2 class-map іsr [2], для якого будемо задавати обмеження по швидкості і BIG іsr для заборони пакетів більше 700 біт. Атрибут [match-all | match-any] визначає порядок застосування правил класу [логічне І | логічне АБО] відповідно.

```
R2 (config) #class-map match-all isr
R2 (config-cmap) # match access-group 1
R2 (config-cmap) # match protocol icmp
R2 (config-cmap) # match packet-length min 300 max 700
R2 (config-cmap) #class-map match-all BIG isr
R2 (config-cmap) # match access-group 1
R2 (config-cmap) # match protocol icmp
R2 (config-cmap) # match packet-length min 701
```

Налаштуємо policy-map POLICY іsr [2], в якому задамо додаткові умови:

```
R2 (config-cmap) # policy-map POLICY isr
R2 (config-pmap) # class isr
R2 (config-pmap-c) # police rate 8000 bps
R2 (config-pmap-c-police) # conform-action transmit
R2 (config-pmap-c-police) # exceed-action drop
R2 (config-pmap) # class BIG isr
R2 (config-pmap-c) # drop
```

У директорії config-pmap-c задається основне правило політики для класу, в config-pmap-c-police задаються правила для даних, що потрапили в область класу.

Для того, щоб застосувати правила політики до певного інтерфейсу, вкажемо service-map [2]

```
R2 (config-pmap-c) # int fa0/1
R2 (config-if) # service-policy output POLICY isr
```

Протестуємо створену конфігурацію утилітою PING. При цьому будемо задавати різні розміри пакетів даних. Результати перевірки зведені у таблицю 1.

	NAME	IP/MASK	GATEWAY	MAC	LPOR	RHOST:PORT
VPCS1		192.168.1.1/24	192.168.1.254	00:50:79:66:68:00	20000	127.0.0.1:30000
VPCS2		192.168.2.1/24	192.168.2.254	00:50:79:66:68:01	20001	127.0.0.1:30001

Таблиця 1. Результати перевірки конфігурації за допомогою утиліти PING

VPCS[1]>ping 192.168.2.1 -c 15 -l 299	VPCS[1]>ping 192.168.2.1 -c 15 -l 300
192.168.2.1 icmp_seq=1 ttl=62 time=49.003 ms	192.168.2.1 icmp_seq=1 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=2 ttl=62 time=45.004 ms	192.168.2.1 icmp_seq=2 ttl=62 time=46.003 ms
192.168.2.1 icmp_seq=3 ttl=62 time=36.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=3 ttl=62 time=35.002 ms
192.168.2.1 icmp_seq=4 ttl=62 time=36.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=4 ttl=62 time=53.005 ms
192.168.2.1 icmp_seq=5 ttl=62 time=35.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=5 ttl=62 time=32.001 ms
192.168.2.1 icmp_seq=6 ttl=62 time=49.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=6 ttl=62 time=37.002 ms

Таблиця 1(продовження). Результати перевірки конфігурації за допомогою утиліти PING

192.168.2.1 icmp_seq=7 ttl=62 time=47.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=7 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=8 ttl=62 time=37.003 ms	192.168.2.1 icmp_seq=8 ttl=62 time=30.001 ms
192.168.2.1 icmp_seq=9 ttl=62 time=14.003 ms	192.168.2.1 icmp_seq=9 ttl=62 time=61.003 ms
192.168.2.1 icmp_seq=10 ttl=62 time=34.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=10 ttl=62 time=33.002 ms
192.168.2.1 icmp_seq=11 ttl=62 time=36.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=11 ttl=62 time=58.003 ms
192.168.2.1 icmp_seq=12 ttl=62 time=31.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=12 ttl=62 time=33.001 ms
192.168.2.1 icmp_seq=13 ttl=62 time=34.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=13 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=14 ttl=62 time=54.003 ms	192.168.2.1 icmp_seq=14 ttl=62 time=48.003 ms
192.168.2.1 icmp_seq=15 ttl=62 time=31.004 ms	192.168.2.1 icmp_seq=15 ttl=62 time=36.002 ms
VPCS[1]>ping 192.168.2.1 -c 15 -l 700	VPCS[1]>ping 192.168.2.1 -c 15 -l 701
192.168.2.1 icmp_seq=1 timeout	192.168.2.1 icmp_seq=1 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=2 ttl=62 time=36.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=2 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=3 ttl=62 time=36.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=3 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=4 ttl=62 time=32.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=4 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=5 ttl=62 time=46.003 ms	192.168.2.1 icmp_seq=5 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=6 timeout	192.168.2.1 icmp_seq=6 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=7 ttl=62 time=21.005 ms	192.168.2.1 icmp_seq=7 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=8 timeout	192.168.2.1 icmp_seq=8 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=9 ttl=62 time=34.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=9 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=10 timeout	192.168.2.1 icmp_seq=10 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=11 ttl=62 time=47.004 ms	192.168.2.1 icmp_seq=11 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=12 ttl=62 time=38.004 ms	192.168.2.1 icmp_seq=12 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=13 timeout	192.168.2.1 icmp_seq=13 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=14 ttl=62 time=39.002 ms	192.168.2.1 icmp_seq=14 timeout
192.168.2.1 icmp_seq=15 timeout	192.168.2.1 icmp_seq=15 timeout

Перевіримо роботу заданої політики POLICY ICMP командою [3]:

```
#showpolicy-mapinterface [name]
R2#sh policy-mapinter fa0/1
FastEthernet0/1
Service-policyoutput: POLICYicmp
```

```
###Для класу icmp:
Class-map: icmp (match-all)
  60 packets, 27500 bytes
  5 minuteofferedrate 0 bps, droprate 0
bps
Match: access-group 1
Match: protocolicmp
Match: packetlengthmin 300 max 700
police:
  rate 8000 bps, burst 1500 bytes
  conformed 60 packets, 27500 bytes; actions:
  transmit
  exceeded 9 packets, 0 bytes; actions:
  drop
  conformed 0 bps, exceed 0 bps
```

```
###Для класу BIGicmp:
Class-map: BIGicmp (match-all)
  40 packets, 29680 bytes
  5 minuteofferedrate 0 bps, droprate 0
bps
Match: access-group 1
Match: protocolicmp
Match: packetlengthmin 701
drop
Class-map: class-default (match-any)
  121 packets, 12560 bytes
  5 minuteofferedrate 0 bps, droprate 0
bps
Match: any
```

Результати перевірки показують, що алгоритм управління обслуговуванням пакетів працює справно.

Аналізуючи результати моделювання процесу обслуговування відповідно до заданих показників можна відзначити, що ICMP пакети до 299 біт проходять без затримок, минаючи політику класу. Пакети від 300 біт до 700 потрапляють під політику обмеження швидкості передачі інформації, тому відбуваються втрати пакетів (3/15 при розмірі пакета 300 біт, і 6/15 пакетів при розмірі пакета 700 біт). Пакети розміром більше 700 біт повністю втрачаються. Таким чином, в умовах перевантаження, є можливість знизити загальне навантаження на даній ділянці мережі

Література

1. Федоров С. Курс молодого бойца Cisco (v 1.1). Стаття. Електронна версія доступна за посиланням: <http://groall.ru/wp-content/uploads/2011/05/YoungSoldierCisco.pdf>.
2. Афонцев Э. Cisco QOS для начинающих. Стаття. Електронна версія доступна за посиланням: http://network.xsp.ru/3_11.php.
3. QOS в Cisco. Електронний ресурс: http://xgu.ru/wiki/QoS_%D0%B2_Cisco.

МЕТОДИ ЗАХИСТУ МЕРЕЖЕВИХ СЛУЖБ ВІД TCP SYN-FLOOD АТАК

Нестеренко М.М., Доманчук В.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: nesterenko_nik@ukr.net

Methods defence of network services from TCP SYN – flood attacks

The modern methods of protecting from TCP SYN-flood attacks unadapted to the overloads and cast aside surplus queries. Development of probabilistic model, which will take into account the productivity of servers

Сучасний розвиток ІТ-сфери вказує на розширення спектру надання інформаційних послуг, при чому велика увага приділяється надійності роботи відповідних сервісів в умовах постійної конкуренції [1]. Особливо гостро дане питання постає при розміщенні інформаційних ресурсів та побудови інфраструктури організації в зовнішній мережі, що притаманне „хмарним технологіям”. В свою чергу, платформою будь-якого сервісу є мережева операційна система на базі якої проводиться розгортання основних мережевих служб (серверів) таких, як *DNS*-, *mail*-, *FTP*- *Web*-сервер.

В зв’язку з цим, актуальність питань захисту інформаційних ресурсів та мережевих служб, які забезпечують надання інформаційних послуг кінцевим користувачам ні в кого не викликає сумнівів [2].

В наш час, набули широкого застосування та постійно удосконалюються, мережеві атаки, щодо блокування та збоїв роботи основних мережевих служб. Згідно офіційної статистики, зафіксовано велику кількість масштабних (*Distributed Denial Of Service Attack* – атака типу „відмова в обслуговуванні”) *DDoS*-атак, яким важко протистояти навіть сучасним системам захисту інформації.

Нижче приведена класифікація *DDoS*-атак за предметом ураження:

- блокування каналів зв’язку і маршрутизаторів (за рахунок величезного потоку (flood) безглузвих запитів повністю забивається вся ширина каналу даних або продуктивність роботи пограничного маршрутизатора);
- атаки на рівні протоколів (обмеження устаткування за рахунок використання уразливості існуючих протоколів);
- атаки на рівні application layer (призводять до непрацездатності будь-якого додатку або ОС в цілому).

Одним з основних типів *DDoS*-атак є *TCP SYN-flood*, механізм проведення якого базується на використанні вразливостей протоколу *TCP*.

На теперішній час відомі наступні методи протидії *TCP SYN-flood* атакам [3]:

- *TCP SYN Cookies* (блок управління передачею – *TCB* на сервері кодує порядковий номер і зберігає закодовану комбінацію у хеші, після чого відправляє *SYN-ACK* з закодованим *cookie* і закриває з’єднання. Якщо у відповіді клієнта *ACK cookie* співпадає то сервер відкриває *TCP* - з’єднання);

- *TCP RST Cookies* (сервер відправляє клієнту, який надіслав запит на *TCP*-з'єднання *SYN+ACK* пакет з невірними параметрами. У відповідності до специфікації протоколу *TCP* клієнт повинен надіслати *RST*-пакет. Якщо сервер отримує від клієнта даний *RST*-пакет, то сервер додає клієнта до списку легітимних користувачів);

- *Floodgate* (фізичний або програмний засіб, який випадковим чином відкидає *TCP*-з'єднання, може розміщуватись як на самому сервері так і на маршрутизаторі);

- передмаршрутизаційна фільтрація/*Blacklisting* (маршрутизатори мережі контролюють всі *IP*-адреси відправників та відфільтровують (відкидають) пакети з неіснуючими *IP*-адресами);

- *Random / Old Drop* (видаляє напіввідкриті *TCP*- з'єднання випадковим чином або ті з'єднання встановлений ліміт яких вичерпано);

- *SYN-Proxy* (використовується додатковий *проху*-сервер, призначенням якого є обробка *SYN* пакетів. Якщо *проху*-серверу вдалось встановити *TCP*-з'єднання з клієнтом, то клієнт допускається до ресурсів сервера);

- *Stack Tweaking* (полягає в зміні налаштувань протоколу *TCP*, а саме: таймаут перед закриттям напіввідкритого *TCP*-з'єднання, максимально допустима кількість напіввідкритих з'єднань і час очікування *ACK*-відповіді від клієнта);

- *Blacklisting* (сервер не обслуговує запити від клієнтів, які потрапили в *blacklist*);

- мережеві система виявлення вторгнень *IDS – Intrusion Detection System* (система виявлення та запобігання атак, яка комбінує в собі методи зіставлення по сигнатурам, засоби для інспекції протоколів і механізми для виявлення аномалій).

Однак, дані методи в основному працюють по принципу відсікання запитів по інтенсивності, без додаткових механізмів перевірки легітимності запитів, або вимагають складних налаштувань збоку серверного обладнання.

Також, дані методи не дозволяють адаптивне реагувати на перенавантаження або протидії *TCP/SYN flood*-атакам. Це пояснюється тим, що атака розрахована на обмеження кількості напіввідкритих *TCP*-з'єднань в модулі *TCP/IP* будь-якої мережевої операційної системи.

В наслідок цього, якість обслуговування користувачів, щодо доступності та часу відклику мережевих служб не враховується.

Особливої уваги заслуговує мережева система виявлення вторгнень *Snort*, яка може виступати основою для розгортання та удосконалення існуючих систем захисту, за рахунок можливості написання та використання власних правил обробки трафіку, можливості підключення нових модулів та гнучкої системи оповіщення про атаки (*Log*-файли, БД і т.д.).

Основні модулі *Snort* та порядок їх взаємодії приведені на рис. 1 [4].

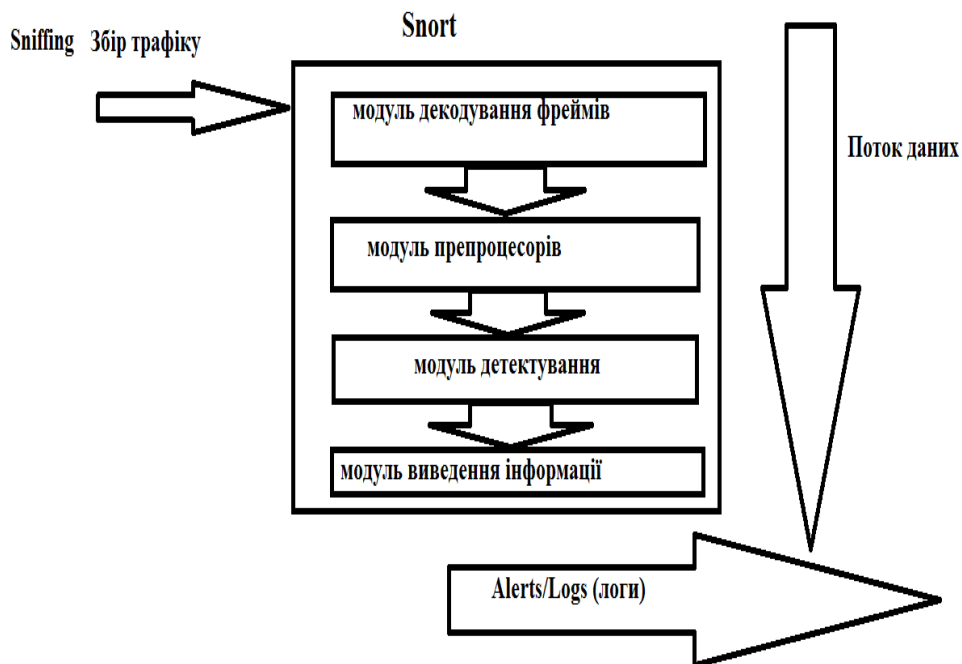


Рис. 1 Архітектура системи *IDS Snort*

На основі вище приведенного, розробка моделей та методик виявлення *flood*-атак вимагає визначення конкретних значень при конфігуруванні параметрів захисту адміністратором безпеки.

В зв'язку з цим, пропонується розробка аналітичної моделі, на базі якої буде проводитись оцінка ймовірності проведення *TCP/SYN flood*-атаки з врахуванням забезпечення якості обслуговування користувачів в залежності від продуктивності апаратних засобів та можливостей програмного забезпечення. Практичною реалізацією даної моделі може бути плагін в системі *IDS Snort*.

Література

1. Шаньгин В. Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: учеб. пособие / В. Ф. Шаньгин. – М.: ФОРУМ, 2013. – 416 с.
2. Белов Е. Б. Основы информационной безопасности: учеб. пособие / Е. Б. Белов, В. П. Лось, Р. В. Мещеряков, А. А. Шелупанов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 544 с.
http://www.npk.ru/pub/presentations281010/Kaspersky_DDoS_prevention.pdf
3. Feinstein L., Schnackenberg D., Balupari R., Kindred D. Statistical Approaches to DDoS Attack Detection and Response. // DARPA Information Survivability Conference and Exposition
http://faculty.nps.edu/ncrowe/oldstudents/monteiro_thesis.htm
4. Джей Бил и др. Snort 2.1. Обнаружение вторжений. 2-е изд. Пер. с англ. - М.: ООО "Бином-Пресс", 2006;
<http://rst.void.ru/papers/snort.txt>

ПОБУДОВА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ZABBIX

Омельченко Р.Ю., Солопихін П.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: enternadore@ukr.net

Компанія ВОЛЯ, E-mail: psolopikhin@gmail.com

Features of monitoring system Zabbix

Zabbix structure, types of monitoring, applying web scenarios, automation methods for monitoring, capabilities of the system Zabbix

Моніторинг телекомунікаційних мереж був і залишається найважливішою частиною системного і мережевого адміністрування. Але якщо для невеликої мережі часто достатньо час від часу слідкувати за файлами реєстрації чи протоколами, то в разі великих систем доводиться використовувати спеціалізовані засоби. Одним із таких є система моніторингу мереж Zabbix [1].

ZABBIX – це вільна система моніторингу та відстеження статусів різноманітних сервісів комп'ютерних мереж, що містять UNIX-подібні чи Windows хости, серверів та мережевого обладнання. Вона була розроблена в 1998 році Олексієм Владишевим як проект внутрішнього програмного забезпечення. Перша публічна версія Zabbix була випущена 2001 р., а перша стабільна версія системи 1.0 з'явилась в 2004 р [2].

Архітектура Zabbix складається з кількох підсистем, які можуть бути розміщені на різних машинах:

- Сервер моніторингу, в обов'язки якого входить отримання і обробка даних, їх аналіз і вироблення певних дій, залежно від ситуації. В основному це сповіщення адміністратора;

- База даних, в якості якої можуть використовуватися SQLite, MySQL, та Oracle;

- Веб-інтерфейс, який відповідає за управління моніторингом та діями, а також за візуалізацію. Веб-інтерфейс системи написаний на PHP;

- Агент Zabbix, який запускається на тій машині / пристрої, з якої необхідно знімати дані. Його наявність хоч і бажана, але, якщо встановити його на пристрій неможливо, можна обійтися протоколом SNMP (Simple Network Management Protocol);

- Zabbix proxy - використовується в основному в тих випадках, коли необхідно вести моніторинг сотень і тисяч пристроїв для зниження навантаження на сервер моніторингу [1].

Узагальнена архітектура системи Zabbix представлена на рис. 1.

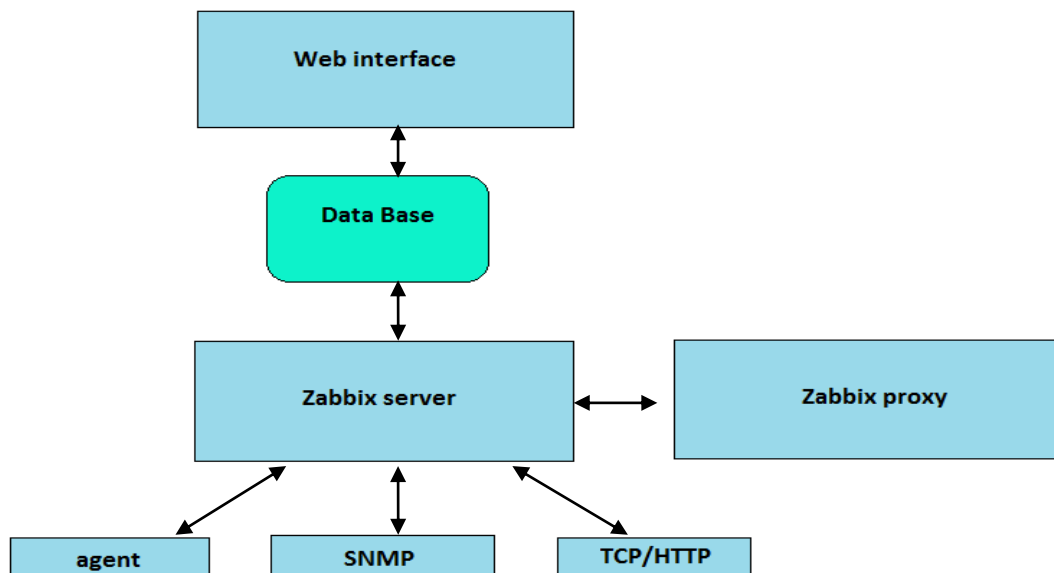


Рис. 1 Узагальнена архітектура системи Zabbix

Якщо необхідно провести моніторинг стану серверів та інших комп'ютеризованих робочих місць за допомогою Zabbix, то це можна зробити двома способами. Перший спосіб- за допомогою SNMP-запитів, з відправкою яких Zabbix чудово справляється. Другий полягає у використанні Zabbix агента, який запускається на системі, за якою ведеться спостереження [3].

Список спостережуваних параметрів включає в себе як такі прості речі, як завантаження процесора, використання пам'яті, так і більш складні, такі як відстеження факту зміни будь-якого файлу. Можливості Zabbix агента ростуть від версії до версії.

Моніторинг великої кількості пристроїв вимагає в допомогу інструменти автоматизації, інакше складно проводити «вручну» налаштування параметрів моніторингу для великої кількості вузлів, до того ж завжди є можливість допустити помилку. Zabbix має набір інструментів для автоматизації: це шаблони, виявлення мережевих пристроїв, автореєстрація Zabbix-агентів [3].

Також дана система дозволяє проводити веб-моніторинг. Для активації веб-моніторингу необхідно створити веб-сценарії. Сценарій станів з одного або декількох запитів HTTP або "кроків". Зібрані дані з виконання веб-сценаріїв зберігаються в базі даних. Ці дані автоматично використовуються для графіків, тригерів і оповіщень.

Серед основних можливостей системи моніторингу Zabbix можна виділити наступні:

- Розподілений моніторинг до 1000 вузлів;
- Сценарії на основі моніторингу;
- Централізований моніторинг лог-файлів (перевірка файлів реєстрації на помилковість);
- Автоматичне виявлення (автоматичне виявлення за діапазоном IP-адрес і SNMP-перевірка);

- SLA (Service Level Agreement) моніторинг (регулювання взаємовідносин між підрозділами організацій, перелік параметрів якості тощо) [3];

- Комплексна реакція на події;
- Гнучка система шаблонів і груп;
- Можливість створювати карти мереж [3].

Приклад виконання карти мережі з використанням програмного продукту Zabbix представлений на рис. 2.

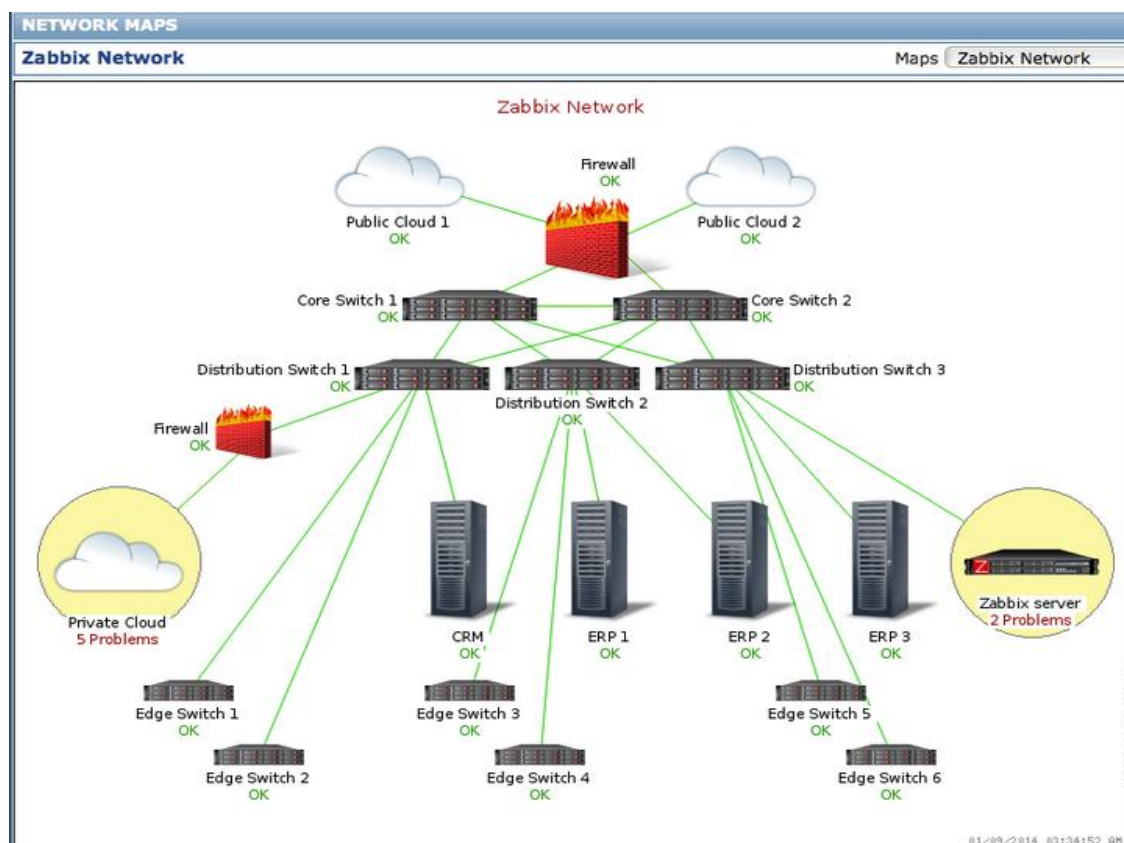


Рис. 2 Приклад виконання карти мережі з використанням програмного продукту Zabbix

Таким чином, система моніторингу Zabbix є досить ефективним засобом контролю параметрів телекомунікаційних мереж, що дозволяє вести спостереження за великою кількістю кінцевих вузлів, своєчасно надавати інформацію про стан мережі і проводити дії щодо управління нею.

Література

1. <https://xakep.ru/2014/08/13/using-zabbix>.
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Zabbix>.
3. <http://habrahabr.ru/company/zabbix>.

ЗНАХОДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ВТРАТИ ПАКЕТІВ ВНАСЛІДОК ЗАВАНТАЖЕНОСТІ МЕРЕЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Пасько С. П., Пасько В. П.

S&T Ukraine, Факультет електроніки 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 набір законів розподілу $F(x)$. Він визначається на основі показників знятих з телекомунікаційної мережі.

Для розв'язку задачі необхідно перерахувати навантаження котре обслуговує кожен прилад (маршрутизатор) відомими методами розрахунку телекомунікаційних мереж. Проте, як показує практика, чим більша мережа тим складніше виконати такі обчислення. На існуючій мережі краще взяти дані з системи моніторингу по цільовому напрямку зв'язку. 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:

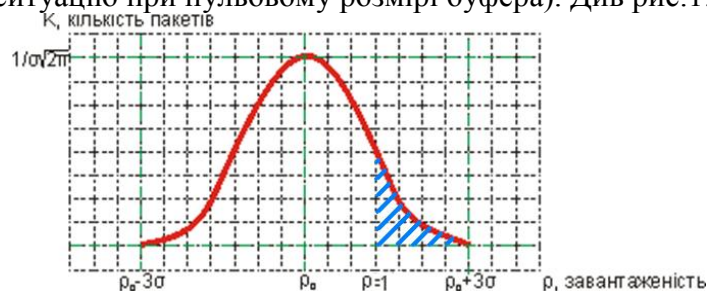


Рис.1. Поступаюче навантаження. Показано частку в якій відбуваються втрати пакетів в результаті зайнятості обладнання (на прикладі нормального закону розподілу)

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:

$$p = \int_1^{\infty} (F(x) - 1) dx$$

На кожний наступний вузол надходить навантаження без пакетів, втрачених на попередньому. Таким чином втрати на наступному маршрутизатору 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 (на більшості транспортних мереж можна прийняти як таке) практично всі втрати виникають на 1-ому маршрутизаторі в ланцюгу.

Для оцінку впливу розподілу трафіку на коефіцієнт втрати пакетів, та визначення доцільності використання буферу на мові програмування Java був створений програмний продукт для напряду 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.

Наразі виконано реалізацію для (закони розподілу, які при певних параметрах відповідають характерним розподілам навантаження):

1. Нормальний закон розподілу $F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\rho_0)^2}{2\sigma^2}}$, σ, ρ_0 - параметри
2. Експоненціальний закон розподілу $F(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \end{cases}$, λ - параметр
3. Експоненціальний закон розподілу $F(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [a, b] \\ \frac{1}{b-a}, & x \in [a, b] \end{cases}$, a, b - параметри
4. Закон розподілу Ерланга $F(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{b^a}{\Gamma(a)} x^{a-1} e^{-bx}, & x \geq 0 \end{cases}$, a, b - параметри
5. Логістичний закон розподілу $F(x) = \frac{e^{-(x-\mu)/s}}{s(1+e^{-(x-\mu)/s})^2}$, μ, s - параметри
6. Логнормальний закон розподілу $F(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-a)^2}{2\sigma^2}}$, $y > 0$, σ, a - параметри
7. Бета закон розподілу $F(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}$, α, β - параметри

Поступаюче, виконане та втрачене навантаження представлено як відносні величини, пропускна здатність маршрутизатора за відлік рівна одиниці. Графічний інтерфейс на рис.3.

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.

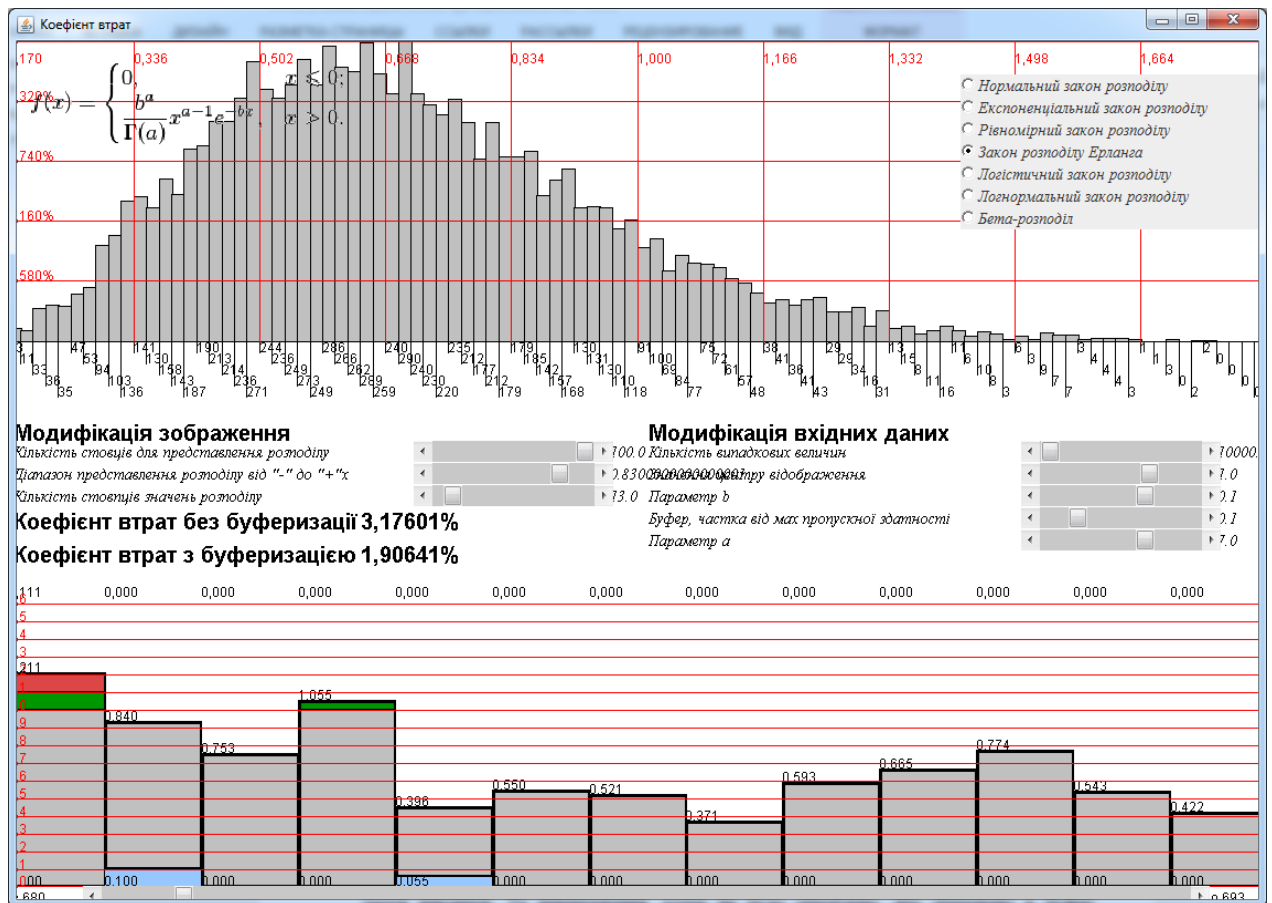


Рис.3. Графічний інтерфейс програми для знаходження коефіцієнту втрат

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. Курузов О.И., Татарникова Т. М. Моделирование телекоммуникационных сетей // Электронное издание, 1999г.
2. Романов О.И., 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.
3. ETSI TR 101 329-7 V2.1.1. Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) Release 3. End to End Quality of Service in TIPHON Systems. Part 7.

АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ СПОЛУЧЕННЯ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ IPV6 З ГЛОБАЛЬНОЮ МЕРЕЖОЮ IPV4

Пилипенко Б.В., Голь В.Д.

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУУ "КПІ"

E-mail: dens1087@bk.ru

Analysis option for corporate networks IPv6 with a global network IPv4

The analysis technologies that will solve the problem of communication with the corporate network IPv6 addressing global network through IPv4. Recommendations for an optimal choice of these technologies, depending on the source and destination requirements of traffic transmitted.

Проведений аналіз технологій, що дозволять вирішити завдання сполучення корпоративної мережі з адресуванням IPv6 через глобальну мережу IPv4. Обґрунтовані рекомендації щодо оптимального вибору зазначених технологій в залежності від джерел, вимог та призначення трафіку, що передається.

На початку 2011 року американська некомерційна організація IANA видала останні п'ять блоків IP-адрес (IPv4) з маскою /8 регіональним інтернет-регістраторам. З цього моменту інтернет-провайдерам стало вкрай складно одержувати нові блоки адрес IPv4, отже постало питання дбайливого використання адрес IPv4 і поступової міграції на IPv6.[3]

Логічно, що для переходу на IPv6 необхідно, щоб кожен вузол і канал зв'язку на шляху між кінцевими користувачами і запрошуваним сервісом знав і вмів працювати з протоколом IPv6. Але такий перехід не можливо провести миттєво. Проблема плавної міграції протоколу IPv6 пропонується вирішувати за допомогою технологій:

- 6to4;
- IPv6 rapid deployment (6rd);
- NAT64/DNS64.

6to4 – це технологія тунелювання, яка з'єднує сегменти мережі IPv6 з іншими такими ж сегментами мережі, а також глобальним інтернетом IPv6 через глобальну мережу IPv4 (рис. 1). Шлюз 6to4 забезпечує створення динамічних тунелів шляхом інкапсуляції пакетів IPv6 в IPv4 для передачі через глобальну мережу IPv4 до другого сегменту. Для визначення приймаючого кінця тунелю, шлюз вибирає адресу IPv4, яка є адресою приймаючого шлюзу 6to4, з IPv6-адреса отримувача. Для забезпечення зв'язку з глобальною мережею IPv6 використовують транслятор (релей) 6to4, який є інтерфейсом між мережами 6to4 і глобальною мережею IPv6.[2]

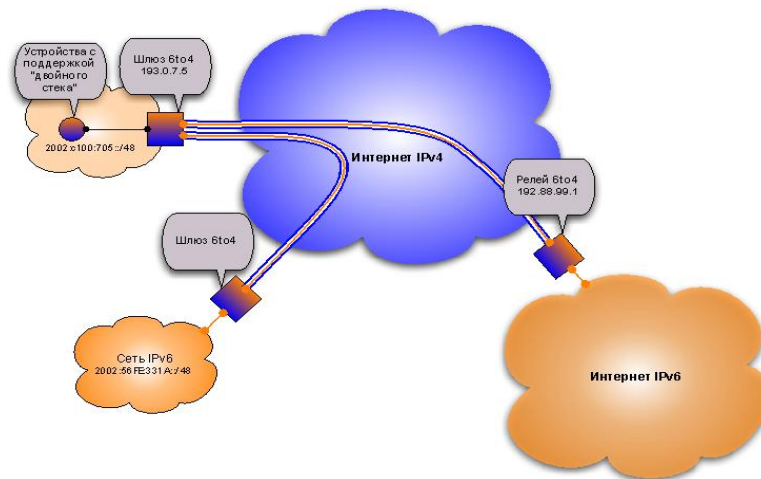


Рис. 1.Схема работы технологии 6to4

IPv6 rapid deployment (6rd) – даний підхід використовує мережеву інфраструктуру IPv4 оператора зв'язку для забезпечення IPv6 користувачів доступу к сервісам IPv6 і навпаки (рис 2). IPv6 трафік інкапсулюється в інцевому обладнанні з підтримкою 6rd в IPv4 і відправляється на шлюз 6rd, який використовує деінкапсуляцію перед відправленням його в IPv6 мережу.[2]

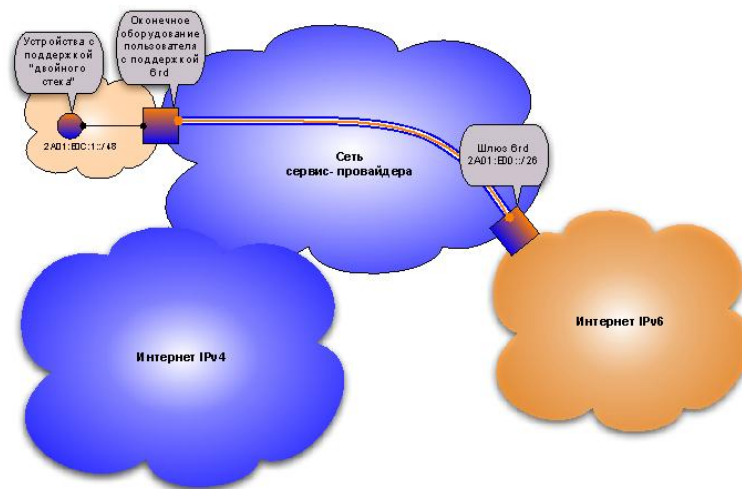


Рис. 2. Схема работы технологии 6rd

NAT64 и DNS64 – ця комбінація дозволяє вирішити проблему доступу користувачам IPv6 до контенту IPv4. DNS запит IPv6 користувача відправляється на DNS64 пристрій, який співставляє IP-адресу з текстовим іменем домену і відправляє відповідь клієнту (рис 3). Якщо існує IPv6 DNS запис (AAAA), то відповідь відправляється зворотно користувачу і він отримує доступ до запитуваного ресурсу напряму через IPv6 мережу оператора. Якщо для запитуваного ресурсу немає IPv6 адресу, але має IPv4 адрес (A запис), то DNS64 пристрій конвертує A-запис в AAAA-запис використовуючи NAT64 префікс і відправляє відповідь користувачу. В

такому випадку користувач через NAT64 пристрій отримує доступ до IPv4 ресурсу.[2]

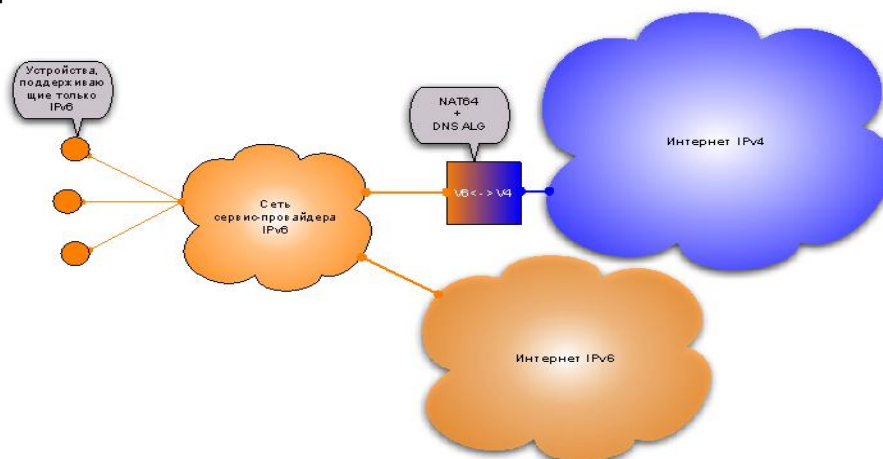


Рис. 3. Схема роботи трансляції протоколів NAT64/DNS64

Отже, проаналізувавши ці 3 технології можна зробити висновки, що вибір той чи іншої технології буде залежить від потреб корпоративних мереж і провайдерів. Наприклад, якщо сегменту мережі, який працює на IPv6 потрібно передати інформацію такому ж сегменту мережі, то доцільно використовувати технології 6rd та 6to4. Підкреслю, що технологія 6to4 є однією з найперших, яку почали використовувати з 2001 року, але одним з недоліків 6to4 є відсутність контролю над транслятором, який забезпечує вихід в глобальну мережу IPv6, і тому не можливо гарантувати параметри якості і зв'язності, тому на зміну їй прийшла технологія 6rd, в якій виправлено деякі недоліки 6to4.

У випадку коли корпоративній мережі, яка працює на протоколі IPv6 потрібно получить доступ до сервісів, які працюють за допомогою протоколу IPv4, доцільно використовувати технологію NAT64/DNS64, яка надає таку можливість.

Всі вищенаведені технології, які ми розглянули, можливо реалізувати за допомогою обладнання компанії A10 Networks, апаратний комплекс (маршрутизатор) CG-NATThander 3030S.[1]

Література

1. Аппаратный комплекс CG-NAT Thander 3030S [Електронний ресурс]. – <http://www.tele-a.ru/index.php?c=2512>
2. IPv6:вчера, сегодня,завтра [Електронний ресурс]. – <http://www.kemchuk.ucoz.com/blog/>
3. Протокол IPv6 [Електронний ресурс]. – <https://version6.ru/>

СЦЕНАРІЙ ІНТЕРАКТИВНОГО ПОДАННЯ ЗАПИТУ ДО ГРАФОВОЇ БАЗИ ДАНИХ

Щасливий С.П., Глоба Л.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: shchaslyvyi.sergii@gmail.com, lgloba@its.kpi.ua

Scenario for interactive query to the graph database

In the article the problem of intricate for inexperienced users process of querying to the graph databases was considered. A simple scenario for interactive querying to the graph databases, which could simplify this process for above-mentioned users, was presented.

Концепція графових баз даних [1] стає все більш широковживаною і популярною при роботі з різного роду прикладними сценаріями, такими, наприклад, як Семантична павутина (Semantic Web), соціальними і біологічними мережами, а також, базами даних, орієнтованими на роботу з географічними даними. Графова база даних - різновид баз даних з реалізацією мережевої моделі у вигляді графа і його узагальнень[2]. Багато механізмів були запропоновані саме для запиту до графової бази даних, концепція якої, зазвичай, є важкозрозумілою, а інколи, зовсім незрозумілою для недосвідченого користувача, який, не має достатнього знань чи досвіду, щоб задати певний запит до бази даних з використанням спеціальної формальної мови.

Проблема надання допомоги в роботі зі складними базами даних для малодосвідчених користувачів стає все більш актуальною. "Зазвичай, написання певного запиту до бази даних на спеціальній формалізованій мові для користувача займає більше часу, ніж виконання самого запиту, хоч і при цьому не використовуються будь-які внутрішні ресурси бази даних"[3]. У той час як у [3] дана проблема досліджується в контексті реляційних баз даних, можна з впевненістю заявити, що вона стає ще більш актуальною для графових баз даних. Дійсно, графові бази даних, як правило, не мають метаданих, оскільки немає ніякої різниці між екземпляром реалізації і схемою. Також, складною може бути візуалізація, можливо, дуже великих реалізацій.

Для об'ємів даних будь-якого розміру, графові бази даних є кращим способом для представлення і організації запитів до таких даних, що мають певні зв'язки. Зв'язаними є дані, інтерпретація і значення яких вимагає від нас спочатку зрозуміти, яким чином пов'язані їх складові елементи. Найчастіше, для отримання цього розуміння, ми повинні визначити і кваліфікувати зв'язки між речами[4].

Отже, для вирішення проблеми надання допомоги недосвідченим

користувачам при роботі з графовими базами даних у правильному формулюванні запиту, потрібно розробити і запропонувати систему, засновану на сценарії інтерактивного завдання запиту до графової бази даних (див. рис.1).

Наприклад, користувачу в інтерактивному режимі пропонується візуалізувати невеликі фрагменти графа і промаркувати вузли, що представляють інтерес в якості «позитивних» чи «негативних», залежно від того, чи повинні бути ці вузли у складі результуючого запиту. Після кожного взаємодії з користувачем, система відкидає «неінформативні» вузли, тобто ті вузли, які не несуть ніякої корисної інформації для запиту користувача. Таким чином, система також допомагає користувачеві отримати результат запиту з мінімальною кількістю взаємодій. При цьому, важливим є те, що вузол графа вибирається лише в тому випадку, коли до нього існує «шлях», тобто вузли є «сусідами».

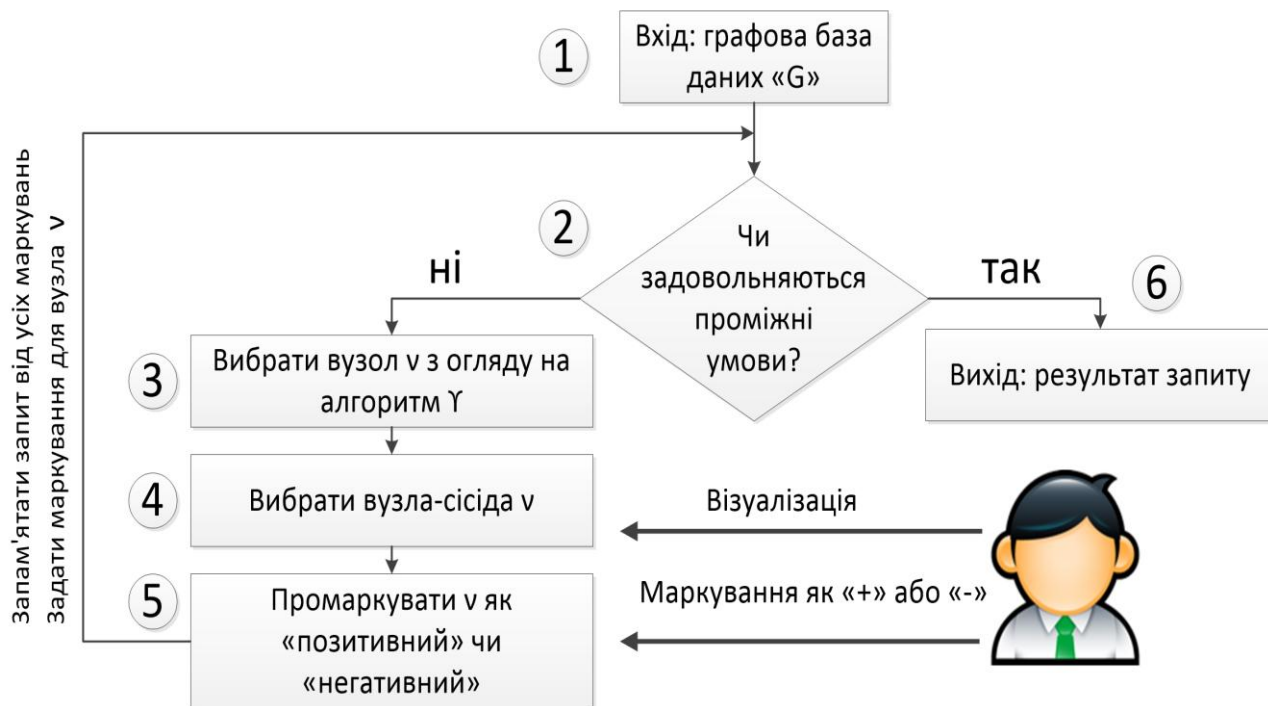


Рис.1 Сценарій шляху проходження запиту графовою базою даних

1-2) Вхідною точкою до умовної графової бази даних є граф G . В початковий момент він уявляється порожнім до початку взаємодії з користувачем. Взаємодія продовжується доти, доки не задоволено заданих користувачем умов. Природною умовою тут є зупинка взаємодії, якщо є тільки один можливий запит, що відповідає умовам для поточного набору прикладів. Користувач також може зупинити процес раніше самостійно, якщо якийсь проміжний етап у процесі взаємодії привів до задоволення умов користувача.

3) Вузли пропонуються до маркування користувачу за певним алгоритмом Υ - тобто функцією, яка приймає в якості вхідних даних граф G і безліч прикладів S , і повертає вузол з графа G . Оскільки наша мета полягає в мінімізації зусиль, необхідних для видачі результату запиту користувача, ефективний алгоритм повинен уникати ситуацій, при яких користувачеві пропонуються ті вузли, які не несуть корисної для результату запиту інформації.

4-6) У графовій базі даних, вузол сам по собі не несе достатньо інформації, щоб дати користувачеві зрозуміти, чи є він частиною результату запиту. Отже, для уявлення повної картини, потрібно знати які вузли з ним з'єднані. Цей крок має на меті отримання невеликого фрагменту вихідного графа, що легко може бути візуалізованим, і, можливо, містить вузли, які користувач зможе промаркувати як «позитивні», чи «негативні». Далі, якщо користувач позначив вузол в якості позитивного прикладу, знаходиться який із шляхів, що включають даний вузол, становить інтерес для системи. З цією метою потрібно побудувати всі шляхи від поточного вузла, які не включають негативно промаркованих вузлів. Після кількох циклів взаємодії користувача і системи, користувачу, в якості результату, видається графове дерево з оптимальним шляхом через нього. При цьому, як проміжний крок, проводиться валідація користувачем отриманого результату на ступінь задоволення висунутим ним до результату умовам.

Отже, при реалізації запропонованого сценарію подання запитів на основі тісної взаємодії системи з користувачем і його безпосередньої участі в формуванні результату запиту до графової бази даних, значно спрощується доступ користувачів до графової бази даних. Користувачі можуть не мати досвіду у написанні запитів адже сценарій не передбачає використання формалізованих мов написання запитів. При цьому немає потреби в візуалізації всього графа, який може бути потенційно дуже великим, достатньо дивитися на ту частину графа, що складається з цікавих користувачу вузлів, а система у процесі взаємодії з користувачем видасть на виході шлях через граф, що задовольнятиме умовам користувача.

Література

1. Query languages for graph databases / P. T. Wood – *SIGMOD Record*, 2012p. – 41(1): ст.50-60.
2. Graph_database [Електронний ресурс] – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Graph_database – 20 березня 2015р..
3. Interactive join query inference with JIM. PVLDB, 7(13) / A. Bonifati, R. Ciucanu, and S. Staworko, 2014 – ст. 1541-1544.
4. Graph Databases /Ian Robinson, Jim Webber, Emil Eifrem – Publisher: O'Reilly MediaFinal Release Date: 2013p. – 224 c.

УДК 621.391

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ
КАК МОДУЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Похилінський С.А., Бугаєнко Ю.М., Курдеча В.В
Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ"

**Using a microcontrollers as modular equipment
for the creation of a telecommunications systems**

Creation approach of using a microcontroller as modular equipment for the construction of multi-specific telecommunication systems. Which will reduce production costs and increase the possibility of reconfiguration and use of this system.

В современном мире существует множество различного рода телекоммуникационного оборудования, каждое из них предназначено для решения своих определенных задач. Но иногда возникает потребность в разное время или одновременно решать несколько задач, а также проблема коммуникации между собой различного оборудования. Решением этих задач может быть или замена оборудования для решения данной задачи, или построение системы таким образом, чтобы соединить различное оборудование в одну общую сеть, или приобретать многофункциональное высококачественное дорогое оборудование.

Целью данной работы является создание подхода использования микроконтроллера как модульного оборудования для построения специфических многофункциональных телекоммуникационных систем. Что в свою очередь позволит снизить затраты на производство и повысит возможность реконфигурации и использования этой системы.

Графически данный подход выглядит следующим образом (рис 1):

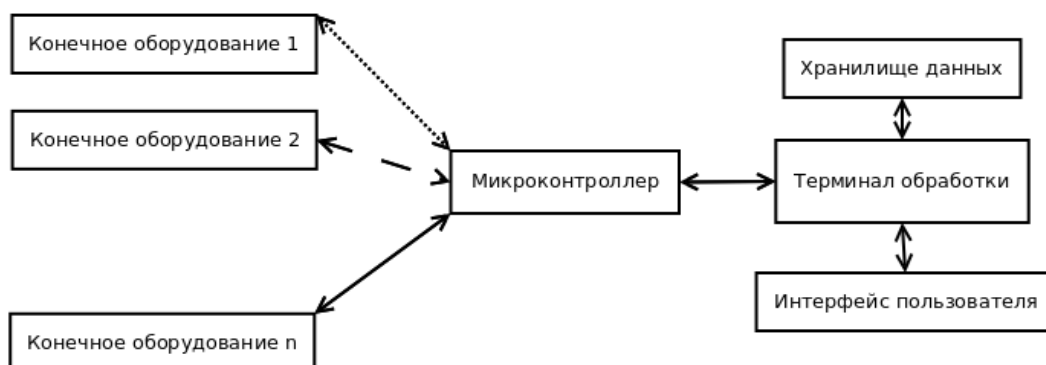


Рис.1. Блок-схема сети реализованной на микроконтроллере

Данная реализация подключения микроконтроллера позволяет связать различного рода конечное оборудование с терминалом в двустороннем

порядке, с использованием различного рода соединений одновременно: WIFI, Bluetooth, проводная связь.

Для построения сетей связи с использованием микроконтроллеров в качестве модульного перенастраиваемого оборудования, последнее принесет в систему ряд особенностей:

- адаптация до специализированных задач;
- возможность оперативной реконфигурации как программной так и аппаратной;
- использование одного набора оборудования как компонента других более сложных систем;
- возможность создать коммуникационную сеть типа M2M, которая будет объединять системы предназначены для решения разных задач.

Микроконтроллерные технологии могут существенно упростить работу сложных систем благодаря связи отдельных компонентов между собой.

Реализацию данного подхода можно показать на примере системы климат контроля (рис.2). В общем случае любая система для решения данной задачи должна состоять из определенных блоков и выполнять определенные базовые функции. Во-первых, должен присутствовать прибор для замера температуры и влажности. Далее, данные из него нужно собирать и обрабатывать и наконец передавать их и записывать в определенной системе учета.

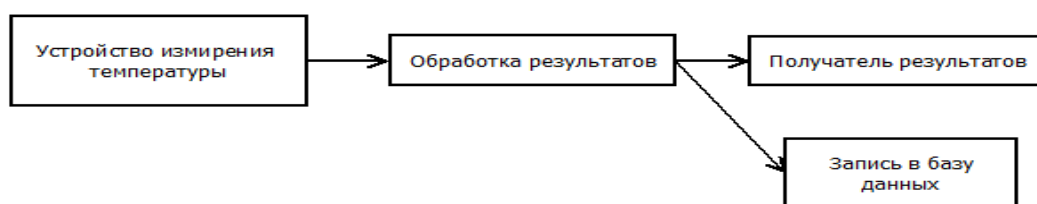


Рис. 2.Блок-схема общей системы климат контроля

Микроконтроллеры дают возможность использовать проводную связь там где использование беспроводной не рационально, так как помехи могут сильно исказить сигнал, который переносит нужную информацию. Так как возможность быстрой реконфигурации и перепрограммирования позволяет как расширить систему, так и использовать различные виды связи: проводную и беспроводную (Рис 3).

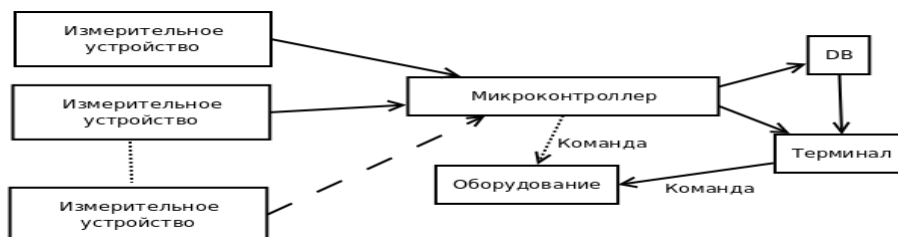


Рис 3. Блок-схема системы климат-контроля на базе микроконтроллера

Систему реализованную с помощью микроконтроллера можно сравнить с существующими системами климат-контроля S400W компании Vitar, ZK2, которые способны выполнять аналогичный спектр задач (Табл 1).

Таблица 1. Сравнение известных систем климат контроля с системой реализованной на микроконтроллере

Критерий сравнения/Бренд	S400W	ZK2	Реализация с помощью микроконтроллера
Наличие беспроводной связи	+	+	+
Наличие проводной связи	-	-	+
Расширение возможностей	-	-	+
Радиус покрытия	До 100м	До 100м	До 100м
Цена, грн	8000-38000	4600-5200	<2000

Как видно использование микроконтроллера для построения системы климат контроля, как элемента управления сетью связи между элементами системы, позволяет значительно расширить возможности данной системы.

Таким образом, благодаря использованию микроконтроллеров как модульного оборудования для построения телекоммуникационных систем возможно получить выигрыш по критерию цена/качество, в сравнении с уже готовыми аналогами, и выигрыш в скорости реконфигурации и решения нескольких задач.

Литература

1. Хофманн М. Микроконтроллеры: пер. с нем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 304с.
2. Лесик М.В., Курдеча В.В. Создание лабораторно-демонстрационного макета на базе программируемой аппаратной вычислительной платформы в целях обучения // Матеріали Сьомої міжнародної науково-технічної конференції “Проблеми телекомунікацій-2013” (ПТ-2013). – Київ: ІТС НТУУ “КПІ”, 2013. – С.217-220.
3. Сайт компании Vitar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://vitar.com.ua/content/besprovodnaya-sistema-monitoringa-temperatury-i-vlazhnosti> – Назва з екрана.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ НА FPGA ОКРЕМИХ БЛОКІВ В СИСТЕМАХ З АДАПТИВНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ ТА КОДУВАННЯМ

Кайденко М.М., Роскошний Д.В., Криlach О.Ф.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: kkk610@ukrl.net

Features of the implementation on FPGA of the individual blocks in systems with adaptive modulation and coding

The options considered and the methods of implementation on FPGA adaptive modulator and encoder systems broadband radio access, the construction of which it is possible to use adaptive mechanisms to ensure not only standards, but also from the point of view of optimizing the use of hardware resources

Сучасні системи широкосмугового доступу призначені для роботи в умовах швидких і повільних завмирань та в умовах багатопроменевого розповсюдження сигналу, що потребує застосування ефективних методів компенсації завад, які виникають внаслідок цього. На даний час адаптивна модуляція та кодування є одним з найпоширеніших засобів адаптації до зміни умов роботи. Принципи адаптивної модуляції та кодування базуються на зміні параметрів передачі для отримання заданої якості в умовах зміни параметрів каналу [1-3]. Основними параметрами, що можуть змінюватися, є вид модуляції, швидкість завадостійкого кодування та потужність сигналу на виході передавача.

В практичних рішеннях значення параметрів передачі квантуються і групуються в різний набір режимів передачі, або профілі, при цьому одночасно можуть змінюватись як параметри модуляції, так і параметри завадостійкого кодування при незмінній вихідній потужності передавача. Швидкість кодування може змінюватись як за рахунок перфорування коду при незмінності самого коду, так і за рахунок зміни параметрів коду.

Апаратна реалізація схем адаптивної модуляції та кодування потребує не тільки побудови ефективних систем прийняття рішення, а й оптимальної з точки зору апаратних затрат побудови блоків, в яких реалізуються змінювані параметри - модуляторів, демодуляторів, завадостійких кодерів та декодерів. Простим варіантом є створення тієї кількості блоків, скільки значень параметру використовується в системі з адаптивною модуляцією та кодуванням, але такий підхід не є раціональним, оскільки в більшості випадків існують варіанти оптимізації структури цих блоків.

Нижче розглянуто принципи реалізації схем адаптивної модуляції та завадостійкого кодування а також варіанти та способи реалізації їх на FPGA в системах широкосмугового радіодоступу, які базуються на стандартах IEEE 802.16-2009 в режимі OFDM [3].

Розглядається основний режим роботи при якому застосовуються чотири види модуляції (BPSK, QPSK, QAM 16, QAM 64) та каскадне завадостійке кодування з використанням згорткового коду та коду Ріда-Соломона згідно [2]. Загальна структура побудови схеми адаптивної модуляції та кодування представлена на рис.1.

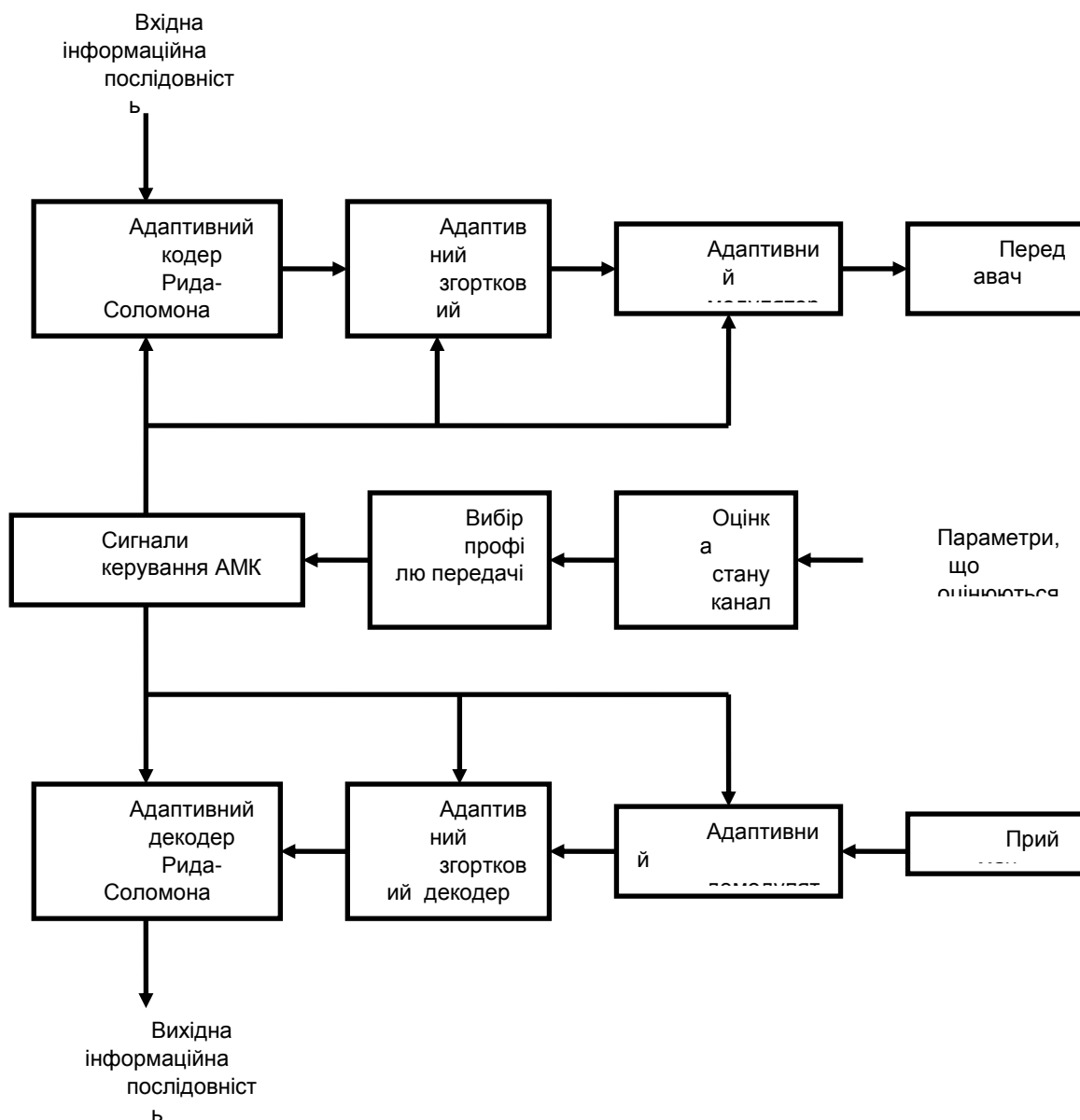


Рис.1. Система з використанням адаптивної модуляції та кодування.

Адаптивний модулятор та демодулятор реалізуються виходячи з властивостей сигнальних сузір'їв для визначених видів модуляції. На фізичному рівні формування сигнального сузір'я на стороні передавача виконує маппер, а зворотну процедуру на стороні приймача – демаппер. Необхідність застосування декількох видів модуляції в системі потребує, в найпростішому випадку, наявності в тракті обробки сигналів декількох мапперів та демапперів, необхідність застосування певного з них у певний час визначається логікою роботи системи. Однак виходячи з того, що

сигнальні сузір'я мають близький принцип побудови, існує можливість використання в системі лише одного маппера та одного демаппера, виконуючи при цьому перетворення над даними, що передаються. В якості універсальної пари маппер-демаппер використовується пару, яка відповідає формуванню сигнального сузір'я QAM-64, оскільки всі інші сузір'я будуються з використанням його елементів. На стороні передавача виконується процедура перекодування вхідних даних маппера QAM-64 для збереження кількості бітів для кожного елемента сигнального сузір'я, на стороні приймача виконується зворотня процедура.

Реалізація адаптивного згорткового кодування базується на тому, що швидкість згорткового коду, який формується за класичною схемою, дорівнює $1/2$. Інші швидкості кодування реалізуються шляхом процедури виколування, за рахунок чого швидкість коду може бути адаптована до значень $2/3$, $3/4$, $5/6$ або $7/8$ [4, 5].

Декодування згорткових кодів зазвичай провадиться за алгоритмом Вітербі. Декодер Вітербі у класичному вигляді побудовано для роботи з кодовою швидкістю $1/2$. Виходячи з цього, доцільною схемою декодування згорткових кодів з використанням FPGA є не побудова банку декодерів для роботи на кожній кодовій швидкості, а поділення операції декодування на дві частини. Першою операцією є зміна (при необхідності) кодової швидкості до значення $1/2$, а другою – власне декодування за алгоритмом Вітербі.

Завадостійке кодування кодом Рида-Соломона будується на основі єдиного систематичного поліному. Розмір кодованого блоку та швидкість коду змінюється шляхом перфорування коду максимальної довжини. Ця властивість дозволяє використовувати для кодування блок адаптивної перфорації та кодер систематичного коду, а для декодування блок адаптивної вставки та декодер систематичного коду.

Рішення, які використані для реалізації на FPGA дозволяють істотно знизити апаратні затрати на реалізацію схем адаптивної модуляції та кодування, при цьому швидкість роботи залишається максимально можливою.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. К.: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України, 2009. 312с.:іл.
2. Кайденко Н.Н. “Особенности выбора параметров модуляции и помехоустойчивого кодирования для оптимальной адаптивной модуляции с системах беспроводного широкополосного доступа с OFDM” // Научно-техническая конференция «Проблемы телекоммуникаций»: Сборник тез. К.: НТУУ «КПІ», 2014р. – С. 141-143.
3. IEEE Std 802.16e™-2009, “IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 16: Air Interface Broadband Wireless Access Systems. 29 May 2009.
4. Скляр, Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр. : Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. — 1104 с. : ил.
5. Золотарёв В. В., Овечкин Г. В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник /Под. ред. чл.-кор. РАН Ю. Б. Зубарева. — М.: Горячая линия-Телеком, 2004.

ОБГРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛІВ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ СТАНДАРТУ DVB-T2 ПО РАДІОРЕЛЕЙНІЙ ЛІНІЇ З ЧАСТОТНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ

Авдєєнко Г.Л., Адамович О.М.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: oleg_adamovych@ukr.net

Justification of transmissibility of digital television signals of the standard DVB-T2 via the frequency shift radio relay line

Provision of state security and needs of the public with modern kinds and services of television broadcast is one of the most important goals of State television and radio broadcasting committee of Ukraine. The only effective way of creating such conditions is applying of already existed broadcast networks (e.g radio relay links) of TV programs and their further improving. On the basis of above-mentioned in order to broadcast the DVB-T2 TV signal, it is necessary to plan the applying of already existed facilities.

Забезпечення розвитку держави і потреб населення сучасними видами і послугами телевізійного (ТВ) мовлення є одним з найважливіших завдань Державного комітету телебачення і радіомовлення України. Єдиним ефективним способом створення таких умов є використання уже існуючих мереж трансляції ТВ програм та їх удосконалення. Виходячи з цього, для передачі ТВ сигналів, необхідно планувати використання уже існуючого обладнання.

На даний час 95% населення України охоплено радіопокриттям чотирьох мультиплексів (32 ТВ канали стандартної чіткості) загальнонаціональної мережі наземного цифрового телевізійного мовлення стандарту DVB-T2, яка побудована ТОВ «Зеонбуд» та введена в експлуатацію в листопаді 2011 року.

В цифровому комутаційному вузлі (ЦКВ), що розташований в м. Києві дані мультиплекси формують загальнонаціональний контент, причому перші три мультиплекси мають повне (8 ТВ програм) заповнення, а МХ-5 (регіональний мультиплекс) заповнений частково (4 ТВ програми). Сигнали з виходу ЦКВ надходять в центр формування мультиплексів, де здійснюється їх кодування кодеком MPEG-4 і модуляція в модуляторі стандарту DVB-S2 в режимі мультистрім з подальшою передачею на супутник Astra 4A.

Телерадіокомпанії передають свої програми в форматі SDI, компресію відео/аудіо сигналів і їх трансляцію до передаючих станцій регіональні телерадіокомпанії забезпечують самостійно, а оператор тільки встановлює вимоги до обладнання компресії [1,2]. Загальна структурна схема національної мережі цифрового ТВ мовлення стандарту DVB-T2 зображена на рис. 1.

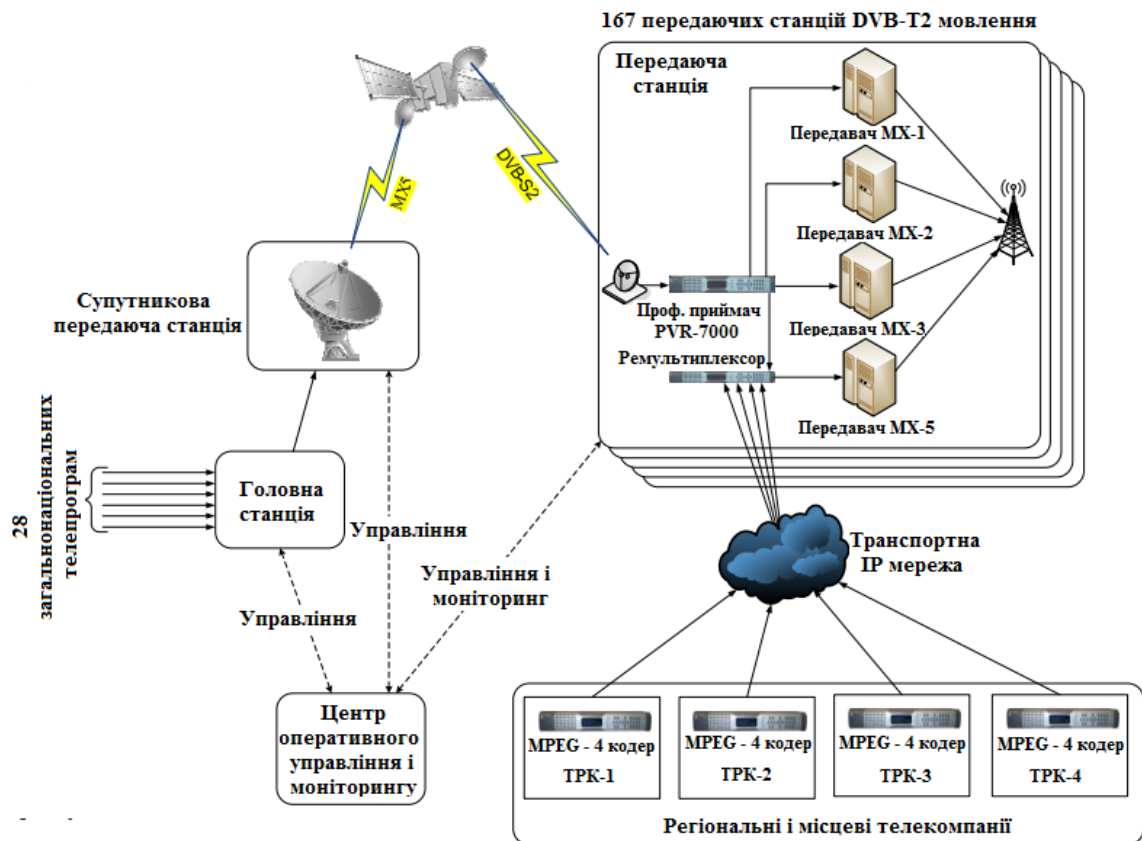


Рис.1. Загальна структурна схема національної мережі цифрового ТВ мовлення стандарту DVB-T2

Окрім передавачів цифрового ТВ мовлення, загальна кількість яких складає 664 шт., на території України на даний час діє близько 550 станцій аналогового ТВ мовлення. Таке співіснування систем аналогового та цифрового ТВ мовлення прийнято називати перехідним періодом.

Згідно плану переходу на цифрове ТВ мовлення («Женева-2006»), який був затверджений на регіональній конференції з радіозв'язку (РКР-2006) в 2006р. (м. Женева, Швейцарія), Україна взяла на себе зобов'язання здійснити повний перехід на цифрове телебачення. Даний перехід буде здійснюватися поступово відповідно до етапів відключення аналогового телесигналу, які розробила Міжвідомча робоча група з вирішення проблемних питань реалізації в Україні програми впровадження цифрового телерадіомовлення. На першому етапі (до 15 червня 2015 року) будуть відключені Київська, Чернігівська, Житомирська, Рівненська, Волинська, Львівська, Закарпатська, Харківська та Сумська області, а також анексований Росією Крим. На другому етапі відключення (до 31 грудня 2015) від аналога повинні бути відключені Івано-Франківська, Хмельницька, Вінницька, Чернівецька та Одеська області. На третьому етапі (до 30 червня 2016 року) планується відключити Полтавську, Тернопільську, Черкаську, Кіровоградську, Миколаївську, Херсонську, Дніпропетровську і Запорізьку області. На четвертому етапі (до 2017 року) повинні бути відключені Луганська та Донецька області. Тобто до 2017 року повинен закінчитися

перехідний період, і останній передавач аналогового ТВ повинен бути вимкнений [3].

Відповідно до плану («Женева-2006») територія України ділиться на 81-ну синхронну зону, для кожної з яких виділено 7-10 частот в дециметровому діапазоні хвиль, на яких повинні бути реалізовані синхронні мережі мовлення. На даний час, діюча загальнонаціональна мережа ТВ мовлення стандарту DVB-T2 не є синхронною, оскільки при її частотному плануванні враховувалися норми електромагнітної сумісності із діючими мережами аналогового ТВ мовлення. Це не дозволило забезпечити максимально можливу ефективність використання радіочастотного ресурсу і побудувати 81-ну синхронну зону. Із закінченням перехідного періоду відповідно до плану «Женева-2006» Україна починає процес побудови мереж синхронного мовлення в кожній з 81-ої синхронної зони. При цьому буде виконано частотне перепланування, внаслідок якого з'явиться необхідність або зміни просторового положення антено-щоглової споруди (і відповідно ТВ передавача), або необхідність розгортання нових ТВ передавачів.

Враховуючи принципи дії мереж цифрового ТВ мовлення, до кожного з нових ТВ передавачів необхідно буде за допомогою ліній зв'язку доставити від головної або регіональної станції мультиплексування цифрові мультиплекси, а кожен ТВ передавач доповнити чотирма DVB-T2 модуляторами та відповідними підсилювачами потужності. Таким чином, при появі нових ТВ передавачів необхідно, по-перше, побудувати до них нові лінії зв'язку, а по-друге кожен ТВ передавач оснастити модуляторами DVB-T2, вартість яких дуже велика. Для побудови ліній зв'язку до нових ТВ передавачів доцільно застосувати або лінії супутникового або лінії цифрового радіорелейного зв'язку, проте вартість останніх менша.

На даний час в Україні діє велика частина ліній аналогового радіорелейного зв'язку, обладнання якого ще не вичерпало свій моторесурс і вартість якого на порядок менша за вартість обладнання цифрового радіорелейного зв'язку. Враховуючи це, актуальним стає дослідження можливості адаптації модемного обладнання аналогових радіорелейних ліній з частотною модуляцією для передавання з їх допомогою радіосигналів стандарту DVB-T2, що формуються на регіональній станції мультиплексування, до місця положення нових ТВ передавачів, що розгортаються, на основі використання принципу подвійної модуляції COFDM - ЧМ. Передбачається, що вказане технічне рішення скоротить кількість модуляторного обладнання стандарту DVB-T2, що дозволить заощадити кошти на побудову мережі синхронного мовлення.

Література

1. Сайт Інституту електроніки та зв'язку УАН [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.mitr.is.com/index.php?a=15
2. Товариство з обмеженою відповідальністю "Зеонбуд" [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.zeonbud.com.ua/teh_param_seti.html
3. Державний комітет телебачення і радіомовлення України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://comin.kmu.gov.ua/>

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ НА ЛІНІЯХ ЦИФРОВОГО РАДІОРЕЛЕЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Авдєєнко Г.Л., Чижевська А.В., Якорнов Є.А.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: nyutka_i_am@ukr.net

Theoretical investigation of spatial signal processing on digital microwave lines

A new technical solution for reuse radio frequency resources is presented. The results of simulation of digital microwave line with introduced spatial signal processing for different frequency bands are summarized.

Незважаючи на масштабне розгортання волоконно-оптичних ліній передачі, радіорелейний зв'язок в більшості країн світу на даний момент залишається важливою складовою телекомунікаційних мереж різного рівня.

Однією із актуальних задач, які ставлять перед собою розробники цифрових радіорелейних ліній зв'язку (ЦРЛЛЗ), враховуючи сучасні тенденції розвитку безпроводових мереж зв'язку, є підвищення їхньої продуктивності шляхом розширення об'єму інформації, який може бути переданий по цим лініям. Проте найбільш традиційні та поширені рішення часто приводять до необхідності розширення робочої смуги радіочастот, що є небажаним в умовах обмеженості радіочастотного ресурсу. Це призводить до того, що доцільно здійснювати пошук нових способів повторного використання виділених смуг радіочастот в діапазоні НВЧ для систем цифрового радіорелейного зв'язку. Тому для вирішення даної задачі пропонується на ЦРЛЛЗ ввести просторову обробку сигналів на передачу і прийом по кривизні фронту електромагнітної хвилі (за умови роботи ЦРРС в зоні Френеля), використання якої повинне забезпечити повторне використання радіочастотного ресурсу цієї лінії.

Структурна схема, яка пояснює основні принципи реалізації пропонуємого технічного рішення, приведена на рис. 1. Суть полягає в тому, що в цифрових радіорелейних станціях (ЦРРС) для кожного ППК вводиться діаграмоутворююча схема (ДУС), проводиться модернізація антенно-фідерної системи з точки зору введення розрідженої антенної решітки (РАР) та схеми розділення та об'єднання трактів передачі. Оснащення ЦРРС додатковим обладнанням дозволить одночасно передавати по ЦРЛЛЗ при однаковій поляризації, в однаковій смузі частот $f_{1.min} \dots f_{1.max}$ сигнали від N передавачів ЦРРС №1, відокремлювати ці сигнали один від одного в приймальному тракті ЦРРС №2 та навпаки (одночасне передавання в одній й тій самій смузі радіочастот $f_{2.min} \dots f_{2.max}$ на одному й тому ж самому виді поляризації радіосигналів від N передавачів ЦРРС №2 та їхнє відокремлення один від одного в приймальному тракті ЦРРС №1).

Як результат, зрозуміло, що ключовими елементами є ДУС, які являються формувачами кривизни фазових фронтів в передавальній частині ЦРРС №1 (№2) та просторовими фільтрами фазового фронту ЕМХ того чи

іншого передавача в приймальній частині ЦРРС №2 (№1). Головною характеристикою ДУС є деякий набір вагових коефіцієнтів $\hat{w}_i = w_i \cdot e^{j\phi_i}$, які відображають налаштування фазообертачів та атенюаторів. Відповідно набір вагових коефіцієнтів в ДУС і для передавальної, і для приймальної сторін, має бути таким, що забезпечує найефективніше відділення радіосигналів різних передавачів одне від одного на приймальній стороні.

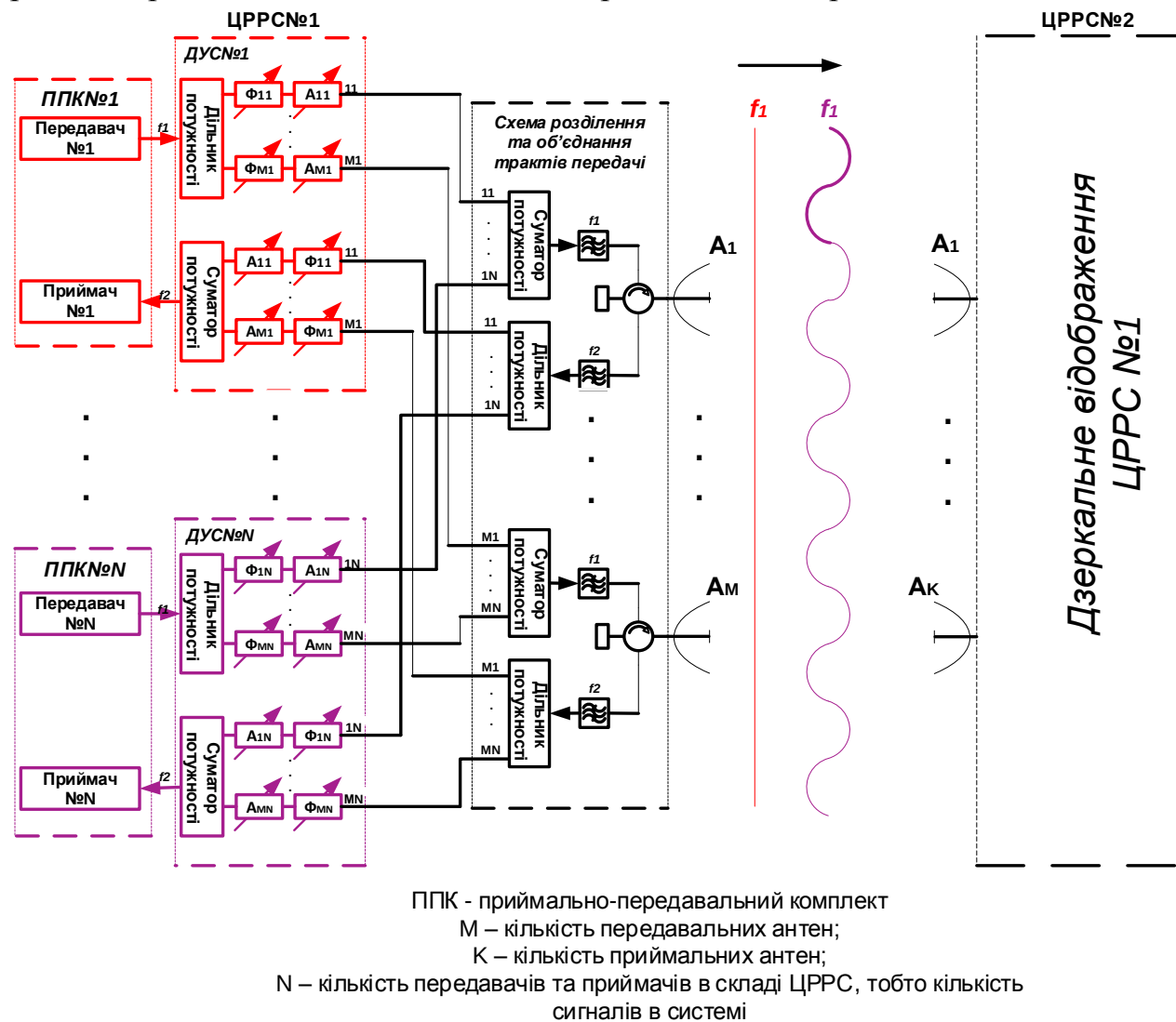


Рис. 1. Структурна схема одноінтервальної ЦРРЛЗ з використанням просторової селекції сигналів

Виходячи з вищесказаного, для синтезу оптимального вектору вагових коефіцієнтів (ВВК) ДУС приймальної ЦРРС, який забезпечуватиме оптимальну просторову обробку сигналів, був використаний критерій мінімуму середньоквадратичної помилки [1]. В результаті математичних перетворень, вираз для розрахунку ВВК і-ої ДУС приймальної сторони був зведений до рівняння Вінера-Хопфа:

$$\mathbf{W}_{i, \text{лрм}} = \mathbf{R}_{yy}^{-1} \cdot \mathbf{R}_{yd}^{(i)}, \quad (1)$$

де $\mathbf{R}_{yy}^{-1}$ - обернена кореляційна матриця вхідних сигналів РАР; $\mathbf{R}_{yd}^{(i)}$ - взаємкореляційна матриця вхідного сигналу РАР приймальної ЦРРС і опорного сигналу $d_i(t)$ при селекції і-го радіосигналу.

Синтез ВВК ДУС передавальної ЦРРС базується на тому факті, що в антенній решітці максимальна ефективність просторової селекції радіосигналів досягається за умов, коли останні приходять з різних кутових напрямків [2]. Враховуючи це, ВВК передавальної сторони розраховується таким чином, щоб у дискретних точках розкриття приймальної РАР, в яких розміщені направлені антени, відповідні сумарні багатопроменеві сигнали створювали ефект того, що радіосигнали різних передавачів як би мають плоский фазовий фронт (хоча насправді на трасі поширення хвиль на ЦРРЛЗ вони мають форму фазових фронтів, відмінну від плоскої) і приходять до приймальної РАР під різними кутами.

Використовуючи приведені теоретичні викладки, було проведено моделювання одноінтервальної ЦРРЛЗ, яка обладнана елементами просторової обробки сигналів, та розраховані показники ефективності застосування такого технічного рішення для різних діапазонів частот (згідно з «Планом використання радіочастотного ресурсу України») за умови, що відстань між ЦРРС $d_0 = 4000\text{ м}$ (див. табл. 1). Кількість ППК, тобто кількість радіосигналів, рівна 3. І, оскільки, принципи роботи блоків просторової обробки сигналів однакові, тому дане моделювання проведене тільки для одного з них – для блоку просторової обробки сигналів №2 (ДУС №2).

Таблиця 1. Результати моделювання

	Робоча частота ствола ЦРРЛЗ, (ГГц)								
	8			15			20		
	Міжантенна відстань РАР приймальної ЦРРС, (м)								
	2	6	10	2	6	10	2	6	10
Коефіцієнт ослаблення корисного сигналу №2, (дБ)	≈0	≈0	-0,05	≈0	≈0	≈0	≈0	≈0	≈0
Коефіцієнт придушення сигналу №1, (дБ)	70	85	45	91	98	98	83	103	92
Коефіцієнт придушення сигналу №3, (дБ)	71	87	61	90	98	98	92	102	92
Коефіцієнт придушення (підсилення) власних шумів, (дБ)	-3,5	-18	≈0	-2,8	-0,3	-0,25	-1,2	≈0	-0,3
Відношення сигнал/(завада+шум), (дБ)	37	40	22	43	46	46	47	48	48

Отже, змінюючи міжантенну відстань РАР приймальної ЦРРС для певного діапазону частот можна домогтися як покращення, так і погіршення показників ефективності просторової обробки сигналів. При цьому, загалом, технічне рішення підтверджує свою дієздатність тим, що 8 із 9 розрахованих відношень сигнал/(завада+шум) перевищує мінімальне необхідне значення 25 дБ (для QAM64).

Література

1. Монзинго Р. А., Миллер Т. У. Адаптивные антенные решетки: введение в теорию. Перев. с англ. под ред. В. А. Лексаченко – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
2. Ширман Я. Д., Манжос В. Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.

АНТЕННА ДЛЯ ДРИФТЕРНЫХ БУЕВ СИСТЕМЫ ARGOS-3

Безгин А.А., Савочкин А.А.

Севастопольский государственный университет

E-mail: bezya3232@mail.ru

Antenna for drift buoy of the system Argos-3

The article describes the development of antennas for the marine drift buoys of the satellite system Argos-3. The modeling of the antenna is carried out in the CAD FEKO and the basic characteristics of the antenna are calculated. A study on the effect of sea on surface radiation characteristics of the antenna is conducted.

В последние два десятилетия основным источником систематической оперативной контактной информации о состоянии верхнего слоя океана и приподной атмосферы стали автономные дрейфующие платформы сбора и передачи данных по каналам спутниковой связи — поверхностные дрейфтеры.

Одним из основных компонентов дрейфтерной технологии является канал передачи данных. Традиционно с момента начала систематических дрейфтерных исследований использовалась спутниковая система сбора данных и определения координат платформ *Argos* с бортовым оборудованием *Argos-2*. Космический сегмент системы *Argos* представлен системой полярно-орбитальных ИСЗ, оснащенных аппаратурой связи, позволяющей одновременно передавать данные измерений на наземные приемные центры и определять координаты платформы доплеровским методом.

Argos-2 обеспечивает пользователей односторонней связью со скоростью 400 бит/с и объемом единовременно передаваемых данных до 1,2 кбита за пролет. Поскольку система работает в режиме свободного доступа, платформы осуществляют передачу данных непрерывно с небольшим интервалом, что негативно сказывается на времени жизни буев.

Начиная с 2006 г. поэтапно вводились в эксплуатацию спутники и сопутствующая инфраструктура следующего поколения системы *Argos* — *Argos-3* с существенно лучшими характеристиками: частота передачи данных — до 4,8 кбит/с; пропускная способность выросла более чем в десять раз; возможность двухсторонней коммуникации позволяет удаленно управлять платформами и дистанционно их программировать; сообщения с дрейфтера передаются только в зоне радиовидимости спутника, что увеличивает время жизни буя; относительно недорогие и малопотребляющие терминалы связи.

Принципиальным отличием системы *Argos-3* от систем предыдущих поколений с точки зрения разработчика платформ сбора данных, в т.ч. дрейфующих буев, является применение приемопередатчиков (трансиверов) *PMT* (*Platform Message Transceiver*) вместо применявшихся ранее передатчиков *PTT* (*Platform Transmitter Terminal*) [1].

В качестве антенны для *PMT* предлагается использовать микрополосковую антенну [2]. Для уменьшения габаритных размеров антенны будем использовать фольгированный СВЧ диэлектрик *RO4350B* фирмы *Rogers*. [3]. В ходе исследований выполнено моделирование работы антенны в пакете *CAD FEKO*. Установлено, что для работы на частоте 401,6 МГц длина диагонали *A* должна составлять 29,1 см, и для работы на частоте 466 МГц длина диагонали *B* должна составлять 23,6 см. Таким образом антенна помещается в дрейфтер диаметром 40 см. Точка питания смещена на 4 см от центра и повернута на 45° относительно каждой диагонали антенны (рис. 1).

График частотной зависимости КСВ содержит два минимума на частотах 401,6 МГц с минимумом 1,3 и 466 МГц с минимумом 1,25 (рис.2).

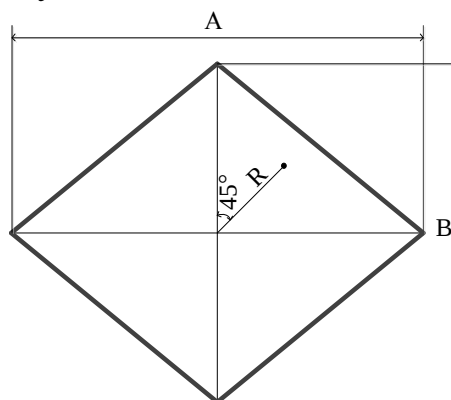


Рис. 1 — Излучающий элемент ромбической антенны

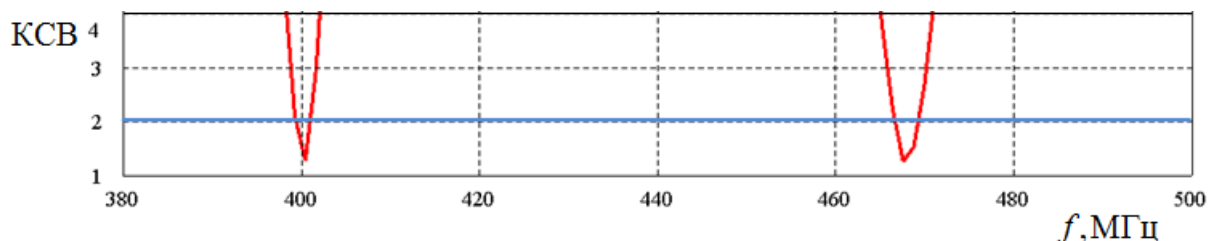
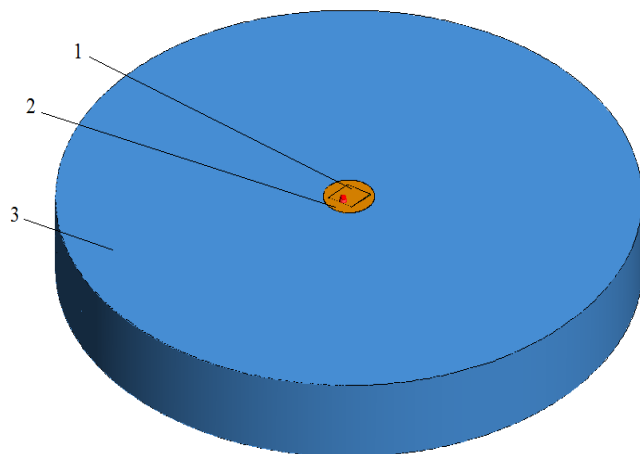


Рис. 2 — Частотная зависимость КСВ ромбической антенны

Т.к. дрейфтер предназначен для морской воды, проведем исследование влияния морской поверхности на характеристики излучения. Для этого в состав модели антенны включим цилиндр с характеристиками морской соленой воды (среднестатистическая удельная проводимость равна 3 См/м; относительная диэлектрическая проницаемость — 81).



- 1 — излучающий элемент;
- 2 — экран;
- 3 — морская поверхность.

Рис. 3 — Внешний вид модели антенны с учетом морской поверхности

Радиус цилиндра равен 100 см и высота цилиндра 50 см, дальнейшее увеличение размеров существенным образом не влияло на характеристики излучения. На рис. 3 изображен внешний вид модели антенны с учетом морской поверхности в программе *CAD Feko 5.5*.

Морская поверхность увеличивает коэффициент усиления антенны и уменьшает заднее излучение. Это достигается за счет переотражения электромагнитной энергии.

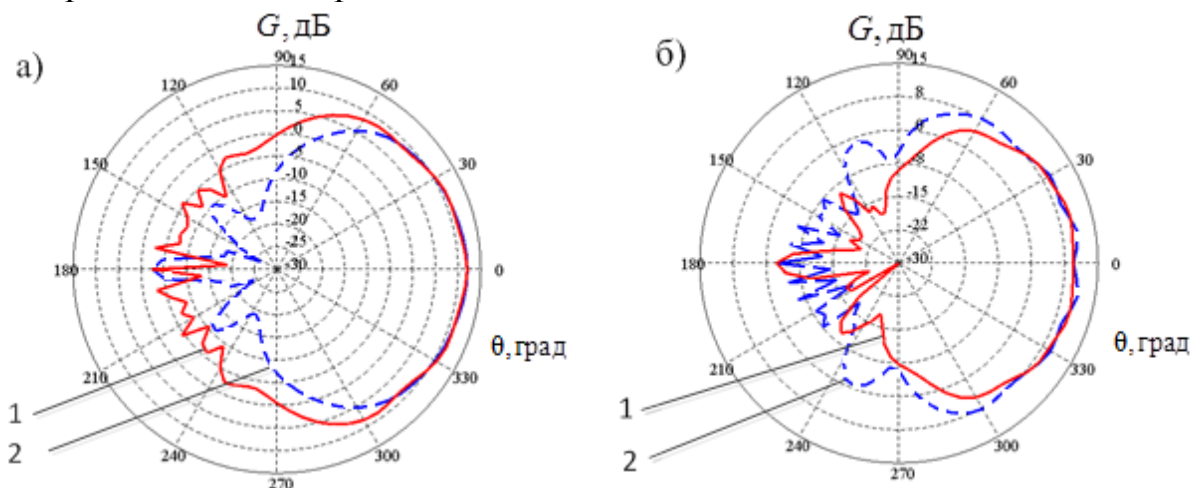


Рис. 4 — Рассчитанные диаграммы направленности антенны (а) на частотах 401,6 МГц (а) и 466 МГц (б) в *E* (1) и *H* (2) плоскостях

Таким образом создана модель антенны для морских терминалов спутниковой системы связи *Argos-3* с удовлетворяющими геометрическими размерами, формой диаграммы направленности и согласованием.

Литература

1. User's manual [Электронный ресурс] / CLS group. — <http://www.argos-system.org/web/en/76-user-s-manual.php>. — 15.08.2014.
2. Панченко Б.А. Электродинамический расчет характеристик полосковых антенн / Б.А. Панченко, Е.И. Нефедов и др. — М.: Радио и связь, 2002. — 256 с.
3. RO4350 Laminates [Электронный ресурс] / Rogers. — <http://www.rogerscorp.com/acm/products/55/RO4350B-Laminates.aspx>. — 05.08.2014.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ СЕЛЕКЦІЇ СИГНАЛІВ З МОДУЛЯЦІЄЮ QAM-N НА ФОНІ РАДІОЗАВАД ПРИ ЗМІНІ РІЗНИЦІ КУТОВИХ КООРДИНАТ ТА ЗМІНІ ВЕЛИЧИННИ БАЗИ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ

Бранчук В.М., Якорнов Є.А., Авдєєнко Г.Л.
Інститут Телекомунікаційних систем, НТУУ «КПІ»
E-mail: vetbm@meta.ua

Research spatial selection modulated qam-n signals and noise signal based on the difference of angular coordinates and of variable distances base of antenna system

Experimentally investigated the signal deterioration parameters dependence of the angular spacing between the signal source and noise source, and of variable distances base of antenna system, provided interference suppression.

Застосування методів просторової селекції сигналів з використанням адаптивних антенних решіток (ААР) є одним з перспективних способів вирішення завдання повторного використання ресурсу спектра бездротових систем зв'язку надвисокочастотного діапазону [1].

Однак, як і всі відомі методи селекції, просторова селекція також має недоліки, такі як: необхідність ускладнення антенно-фідерної системи і введення адаптивного процесора, часткове ослаблення корисного сигналу при придушенні завадового сигналу, неможливість забезпечення селекції корисного радіосигналу на фоні радіозавади в разі збігу куткових координат джерел цих сигналів [2].

Сучасні безпроводові системи зв'язку для підвищення спектральної ефективності використання радіоканалу застосовують високопозиційні методи модуляції (QAM-16, 32, 64, 128, 256, 512), які потребують високого значення відношення несуча/шум на вході приймального пристрою для отримання необхідної якості демодуляції інформації (ймовірності бітової помилки), тому важливим стає завдання практичного дослідження ефективності просторової селекції радіосигналів з модуляцією QAM-N, для виявлення впливу просторової селекції на їх основні параметри.

Для практичного дослідження ефективності виділення на прийомній стороні методами просторової селекції в антенній решітці корисного радіосигналу з модуляцією QAM-N на фоні радіозавади, що збігається по виду поляризації і діапазону частот з корисним сигналом та оцінки залежності погіршення енергетичних параметрів корисного сигналу, від кутового рознесення та від розносу по дальності [3] між джерелом його випромінювання і джерелом випромінювання радіозавади, за умови придушення радіозавади була розроблена лабораторна установка НВЧ діапазону, структурна схема якої відповідно зображена на рис.1 та рис.2

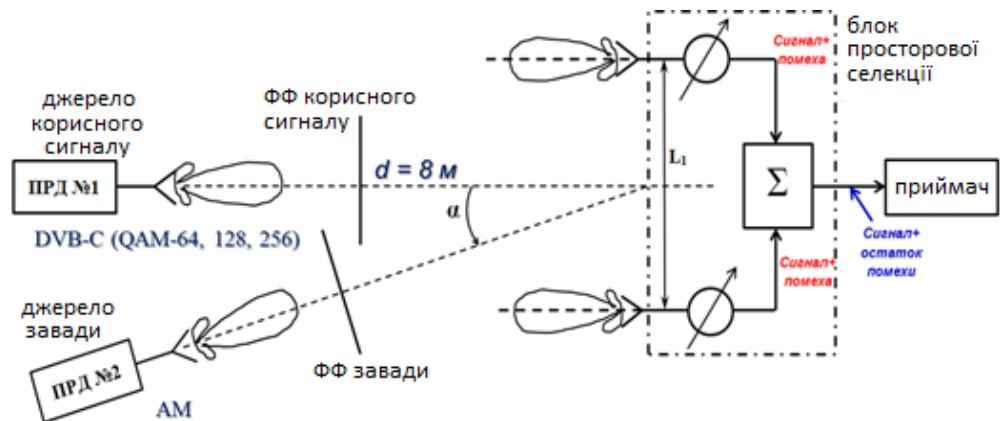


Рисунок 1 Структурна схема лабораторної установки оцінки залежності погіршення енергетичних параметрів корисного сигналу від кутового рознесення

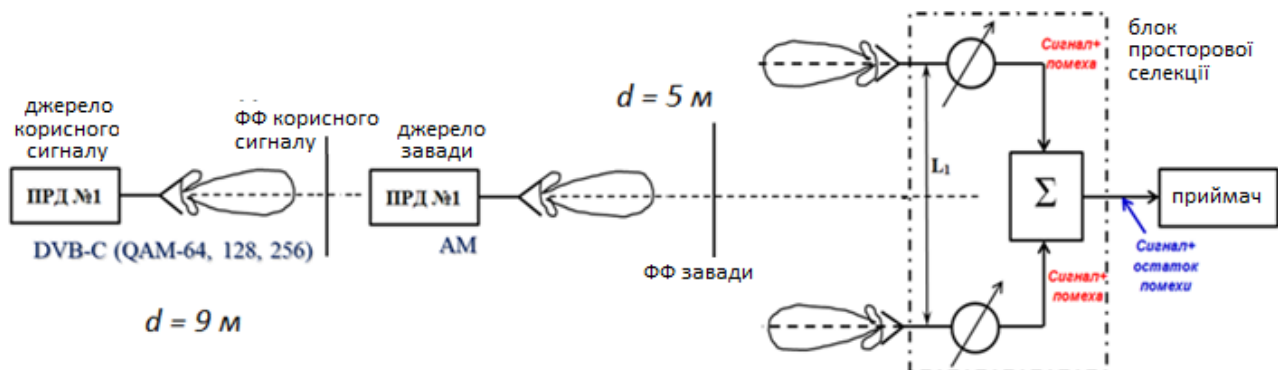


Рисунок 2 Структурна схема лабораторної установки оцінки залежності погіршення енергетичних параметрів корисного сигналу від зміни бази антенної системи

В якості джерела корисного сигналу використовується радіосигнал стандарту DVB-C з модуляцією QAM-M і шириною спектра близько 8 МГц, отриманий в діапазоні дециметрових хвиль на частоті несучої 855 МГц з виходу трансмодулятора шляхом перетворення радіосигналу супутникового ТБ мовлення стандарту DVB-S.

В якості джерела завадового радіосигналу використовується радіосигнал аналогового ТБ з амплітудною модуляцією, що формується двосмуговим ТВ модулятором дециметрового діапазону з композитного ТВ сигналу, джерелом якого є ресивер супутникового ТБ, на несучій частоті 855 МГц із смугою радіочастот 15 МГц.

В якості джерел випромінювання корисного і завадового радіосигналів, рознесених в першому випадку у просторі один відносно одного на кут α , але на одній дальності, а в другому випадку рознесених по дальності, але на одному азимуті, виступають НВЧ передавачі діапазону 10,5 ГГц, навантажені на пірамідальні рупорні антени з вертикальною поляризацією випромінювання.

В якості системи просторової селекції виступає двохелементна розріджена антенна решітка (РАР) з двома каналами просторової обробки сигналу на СВЧ, що складаються з послідовно з'єднаних хвилеводних атенуаторів і фазообертачів. Налаштування прийомної системи просторової селекції здійснюється механічним управлінням атенуаторами і фазообертачами за критерієм зменшення спектра радіозавади на фоні спектра радіосигналу DVB-C при використанні ST-2.

До основних параметрів радіосигналу DVB-C, які були виміряні після просторової селекції в процесі дослідження макету за допомогою аналізатора цифрових сигналів ST-2 ROVER та програмного меню ресиверу HomeCast, відносяться відношення несуча/шум (CNR), рівень прийнятого сигналу (PWR), рівень сигналу завади, запас завадостійкості (N.MARG), якість демодуляції радіосигналу Q, до та після просторової обробки сигналів з використанням двохелементної антенної решітки. Результати вимірювань були внесені у табл.1.

Таблиця 1 Результати вимірювань при зміні кутового розносу між джерелами

α	1°			3°			5°			7°		
QAM	64	128	256	64	128	256	64	128	256	64	128	256
C/N _{вих}	34	30	29	33	30	29	33	28	29	33	29	28
C/N _{Пр.об}	29	25.5	25	32	26	25	30	30	27	36	28	33
N.MAR _{вих}	9	4	0	8	3	0	8	2	1	9	2	0
N.MAR _{Пр.об}	4	2	-3	8	0	-1	5	3	-1	14	1	4
P _{сиг(до об.)} , dBm	-10	-11	-4.5	-11	-12	-4.5	-11	-12	-4.5	-11	-11	-4.5
P _{сиг(після об.)} , dBm	-15	-23	12.5	-15	-23	-15	-13	-17	-11	-14	-18	-12
P _{зав(до об.)} , dBm	-14	-14	-14	-17	-14	-15	-19	-20	-22	-17	-18	-14
P _{зав(після об.)} , dBm	-32	-42	-33	-33	-41	-34	-36	-40	-46	-38	-45	-37
K _{ослаб.} , dB	5	12	8	4	11	10.5	2	5	6.5	3	7	7.5
K _{подав.} , dB	18	28	19	16	27	19	17	20	24	21	27	23
Q, %	100	71	10	95	33	10	100	40	10	100	65	10

Проаналізувавши отримані результати досліджень, можна побачити, що погіршення досліджених параметрів корисного сигналу зменшується, а коефіцієнт придушення завади - збільшується при збільшенні кутового розносу між джерелом корисного сигналу та джерелом завади, що пояснюється тим фактом, що при збільшенні кута, різниця між формами фазових фронтів обох джерел стає більш виразною і можна провести селекцію з меншими енергетичними втратами корисного сигналу, з достатнім придушенням сигналу завади. У випадку зміни відстані бази спостерігаються зменшення енергетичних втрат корисного сигналу і збільшення коефіцієнта придушення завади, при збільшенні величини бази антенної системи, що пояснюється тим фактом, що при збільшенні бази, антенна система стає більш чутливою до різниці форми фазових фронтів джерел випромінювання, які розміщені в різних хвильових зонах. Запропонована лабораторна установка впроваджена в навчальний процес ІТС НТУУ «КПІ» для підвищення рівня теоретичної та практичної підготовки студентів з дисципліни «Адаптивні системи в телекомунікаціях».

Література

1. Проблемы антенной техники / Под ред. Л.Д. Бахраха, Д.И. Воскресенского. – М.: Радио и Связь, 1989. – 368с., ил.
2. Комарович В.Ф., Никитченко В.В. Методы пространственной обработки радиосигналов. – Л.: ВАС, 1989. – 278 с., ил.
3. Никитченко В.В., Гладких С.Н., Вихлянцев П.С. Анализ возможности дискриминации источников радиоизлучения по кривизне фронта волны. Известия ВУЗов – Радиоэлектроника, 1988 г. №7. – с.58 – 60.

ЗАВАДОЗАХИЩЕНІСТЬ РАДІОЛІНІЙ З ШИРОКОСМУГОВИМИ OFDM СИГНАЛАМИ

Василенко С.В., Рома О.М.

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУУ «КПІ»

E-mail: sirx0308@gmail.com

Comparison of jamming immunity of radio link with wide-band signals

In this paper considered radio link with wide-band signals, which are using to protect against hindrances Pseudo Noise Signals (PNS), Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) or Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM). It is shown that under optimal action each type transmission of hindrance, jamming immunity radio lines at PNS, FHSS and OFDM are same.

Ефективними засобами захисту систем передачі інформації від навмисних завад є широкосмугові методи передачі. Перший метод характеризується розширенням спектру методом псевдовипадкового перестроювання робочої частоти (ППРЧ). Другий метод характеризується розширенням спектру кожного інформаційного символу, використовуючи шумоподібні (ШПС), псевдовипадкові (ПВС) чи псевдошумові (ПШС) сигнали. У сучасних стандартах широке застосування знайшли OFDM-сигнали, як у поєднанні з ППРЧ, так і з додатковим розширенням спектру за допомогою квазіортогональних псевдовипадкових послідовностей. Дані методи широко використовуються у системах широкосмугового зв'язку і мають різну оцінку завадозахищеності.

При порівнянні методів виникає питання: які завади є оптимальними (найбільш ефективними при фіксованій середній потужності) для кожного методу.

У [1] показано, що для псевдовипадкового перестроювання робочої частоти (ППРЧ) оптимальними (в класі гаусівських шумових) являються завади, спектр яких зосереджений в частині робочої смуги. Відомо [2], що при заваді типу білого гаусівського шуму, відносній фазовій модуляції (ВФМ) і некогерентному прийомі

$$P_{ном} = \frac{1}{2} e^{-\frac{E}{N_0}}, \quad (1)$$

де $\frac{E}{N_0} = h^2$ — відношення енергії сигналу до спектральної щільності шуму.

Якщо завада уражає частину робочої смуги частот, то

$$P_{ном} = \rho \frac{1}{2} e^{-\rho \frac{E}{N_z + \rho N_0}} + (1 - \rho) \frac{1}{2} e^{-\frac{E}{N_0}}, \quad (2)$$

де $P_{ном} \leq \rho \leq 1$; ρ — частина смуги, уражена навмисною завадою; N_z — спектральна щільність умисної завади в усій робочій смузі.

Зазвичай при прийомі сигналу на фоні навмисної завади $N_z \gg N_0$, тоді

$$P_{ном} \approx \rho \frac{1}{2} e^{-\rho \frac{E}{N_3}}. \quad (3)$$

Показано, що оптимальне значення ρ , яке призводить до максимуму $P_{ном}$ визначається як

$$\rho_{opt} = \frac{N_3}{E}. \quad (4)$$

При цьому

$$\max P_{ном} = \frac{1}{2} \frac{e^{-1}}{E / N_3}. \quad (5)$$

(З фізичних міркувань (4) має сенс при $\frac{E}{N_3} \geq 1$.)

При передачі бітової послідовності на одній несівній ймовірність бітової помилки передачі є функцією інтеграла помилок, який у свою чергу, є функцією бітового відношення сигнал / шум.

Стосовно OFDM-сигналу ми можемо розглядати передачу бітової послідовності на N незалежних піднесівних (у наслідок їх ортогональності). Для випадку, що розглядається, ймовірність бітової помилки на одній піднесівній незалежна від інших піднесівних і визначається виразом (1), де E є енергією біта. Для OFDM-сигналу в цілому результуюча ймовірність бітової помилки на всіх піднесівних є усередненням бітової помилки за всіма N піднесівними

$$P_{ном} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i, \quad (6)$$

а у разі рівності цих помилок також визначається виразом (1).

Це означає, що оцінити ймовірність бітової помилки при передачі дискретного потоку за допомогою OFDM-сигналів можна за допомогою методики, призначеної для оцінки ймовірності бітової помилки в одному потоці (на одній несівній) з таким же видом дискретної модуляції.

У [1] показано, що при неадаптивних методах передачі та прийому інформації завадозахищеність при ППРЧ (без кодування) відносно шумових завад, що уражають оптимальну частину робочої смуги, значно нижче завадозахищеності відносно шумових завад (тієї ж потужності) з рівномірною спектральною щільністю в смузі сигналу. Висновок стосується і інших видів маніпуляції, а також регулярних (не шумових) завад, дискретної множини гармонічних завад, які уражають частину чи всі робочі частоти.

Для методу захисту від завад з використанням ШПС ймовірність помилки при заваді типу білого гаусівського шуму і аналогічним вище вказаним вимогам визначається за допомогою виразу (1).

Якщо навмисна завада діє тільки певний час передачі, тобто вражає m інформаційних символів із M , $P_{ном}$ визначається виразом (2) (чи (3) при $N_3 \gg N_0$ і $\rho = m / M$).

Аналогічно випадку з ППРЧ, оптимальне значення ρ , що призводить до максимуму $P_{ном}$ при використанні ШПС визначається виразом (4), а $\max P_{ном}$ — виразом (5).

Однак, не дивлячись на те, що вираз для максимуму ймовірності помилки при впливі оптимальних (в класі шумових) завад однаковий, передавач переривистих завад для випадку з ШПС повинен мати імпульсну (тільки в інтервалі випромінювання завади) потужність, яка в γ разів перевищує середню, а при ППРЧ середня та імпульсна потужності передавача завад можуть бути майже однаковими.

У цьому разі можна оцінити, на скільки імпульсна потужність передавача оптимальних переривистих по часу завад перевищує середню потужність передавача неперервних шумових завад при фіксованій ймовірності помилки і енергії сигналу. Аналіз показав, що це перевищення ($\gamma_{онм}$) для неперервної завади дорівнює E / N_z .

Для фіксованих значень ймовірності завади P і енергії сигналу E та використовуючи вирази (1), (4) отримуємо оптимальне значення ρ

$$\rho_{онм} = -\frac{1}{\ln 2P_{ном}}. \quad (7)$$

Аналізуючи розглянуті вище вирази ми бачимо, що значення перевищення ($\gamma_{онм}$) дорівнює

$$\gamma_{онм} = \frac{1}{\rho_{онм}}. \quad (8)$$

На основі цього будуємо таблицю для декількох значень ймовірності помилки (при некогерентному прийомі сигналів з ВФМ).

$P_{ном}$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
$\gamma_{онм}$, дБ	5,9	7,9	9,3	10,3

З таблиці видно, що перевищення імпульсної потужності передавача оптимальних переривистих завад над середньою потужністю передавача безперервних завад не велике, наприклад, для $P_{ном} = 10^{-4}$ складає всього 9.3 дБ.

Таким чином, з аналізу широкосмугових методів передачі ППРЧ, ШПС і OFDM видно, що завадозахищеність сигналів відносно оптимальних (для кожного методу) завад однакова.

Література

1. Финкин Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. Изд. 2-е переработаное, дополненное. Изд-во «Советское радио», — 1970., — стр. 728.
2. Биленко А.П., Волков Л.Н. Сравнение помехозащищенности радиолиний с широкополосными сигналами / А.П. Биленко, Л.Н. Волков // Радиотехника. — 1986. — №4 — С. 19-21.
3. В.А. Балашов, П.П. Воробийенко, Л.М. Ляховецкий. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами. — М.: Эко-трендз, 2012. — 228 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Волков С.Э., Пызюк Д.Л., Липатов А.А.

ГП «Укркосмос», ИТС НТУУ «КПИ»

E-mail: volkov@ukrkosmos.kiev.ua

Geostationary satellites ranging measurement performed by TCR system

One of the Telemetry, Command and Ranging (TCR) satellite on-board equipment purpose is fulfillment of distance measurement. The Lybid satellite distance measurement principle based on PSS-04-105 radio frequency and modulation standard are briefly considered.

Бортовая аппаратура командно-измерительной системы (КИС) геостационарных космических аппаратов (КА) совместно с наземными средствами обеспечивает управление спутником по радиолинии Ку-диапазона и выполняет:

- прием телекоманд, массивов командно-программной информации (КПИ) с наземной станции управления (НСУ) (радиолиния «вверх»);
- передачу телеметрической информации на НСУ (радиолиния «вниз»);
- интерфейс с бортовой аппаратурой телесигнализации (БАТС) КА. При получении пакета телеметрической информации от БАТС аппаратура КИС формирует транспортный телеметрический кадр;
- прием и передачу сигналов измерения дальности;
- выдачу в блок управления КА разовых команд управления и массивов КПИ, выдаваемых с наземной станции.

Структурная схема бортовой аппаратуры КИС показана на рис.1.

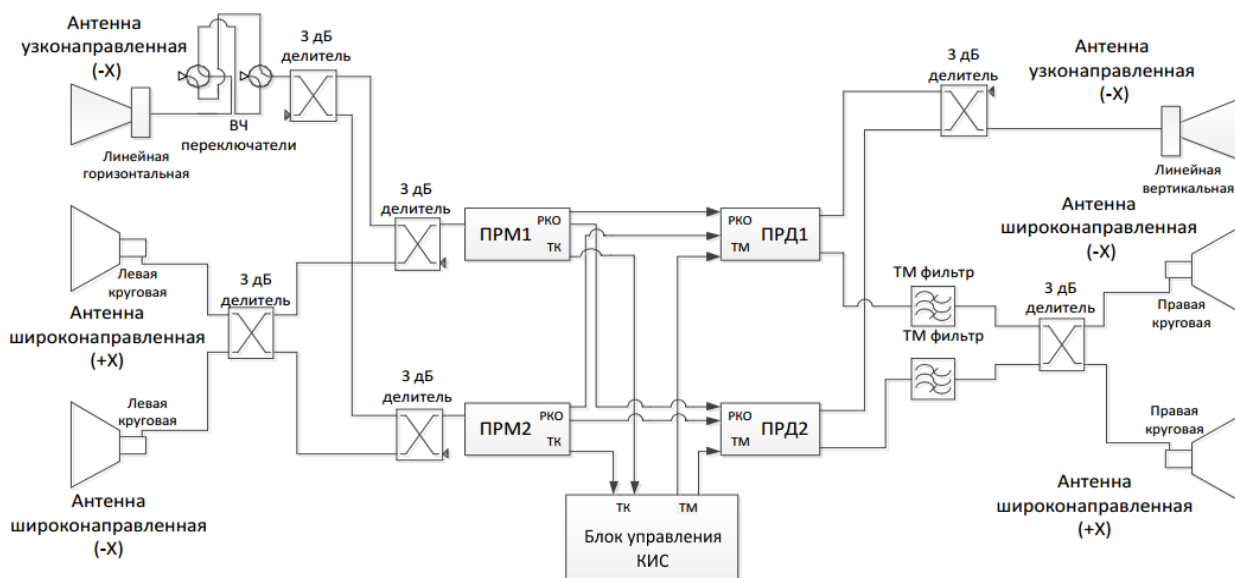


Рис. 1 Схема бортовой аппаратуры КИС.

Обозначения: ПРМ – приемник; ПРД – передатчик; ТК – телекоманды; ТМ – телеметрия; РКО – радиоконтроль орбиты

Для удержания геостационарного КА в определенной орбитальной позиции необходимо контролировать его радиальную скорость движения, угловые координаты и дальность. Измерения дальности осуществляются радиотехническим методом во время сеансов передачи телекоманд на борт КА (рис.2). Наиболее часто

используются два варианта радиотехнических систем: с применением шумоподобных сигналов и фазовый многочастотный.

В украинской спутниковой телекоммуникационной системе (СТС) с КА «Лыбидь» предусмотрено применение фазового многочастотного способа измерения дальности, описанного в стандарте PSS-04-105 [1] Европейского космического агентства (ЕКА). НСУ передаёт на борт КА набор частот (тонов), которые поочередно обрабатываются для устранения неопределённости (рис.3), а затем передаются на НСУ вместе с телеметрической информацией. Разность фаз ($\Delta\Phi$) переданного и принятого сигналов позволяет найти время распространения радиоволн и искомую дальность (R): $\Delta\Phi = 2\pi \cdot f \cdot t$, где $t = (2R)/c$ – время распространения сигнала в направлении «вверх» и «вниз». Поскольку разрешающая способность $\Delta R = c/2 \cdot f$ и зависит от частоты передаваемого тона (табл.1), для устранения неопределённости вместе с основным тоном 100 кГц одновременно передаются несколько минорных тонов в диапазоне 16÷20 кГц (20, 16, 16.8, 16.16, 16.032, 16.008 кГц) [2].

Таблица 1. Неопределённость измерения расстояния при применении различных частот

f , Гц	100 000	20 000	4 000	800	160	32	8
ΔR , км	1,5	7,5	37,5	187,5	937,5	4687,5	18750



Рис.2 Спектр сигнала телекоманд

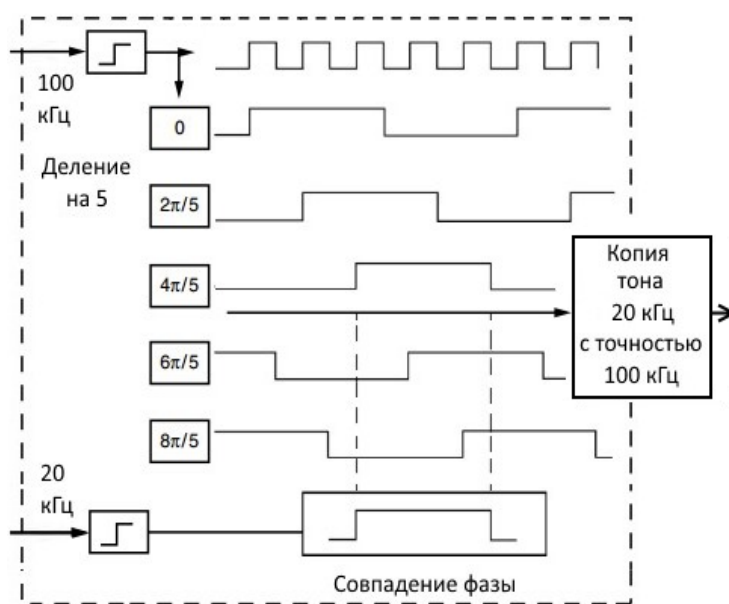


Рис.3 Схема получения минорных тонов

Создание радиолиний командно-измерительных систем требует решения ряда специфических задач, связанных с выбором структуры сигнала и методов его обработки. При применении многочастотного метода погрешность измерения дальности зависит от набора используемых частот, отношения сигнал/шум приёмника, стабильности задержки при обработке сигнала на борту КА, изменении времени распространения сигнала в ионосфере, что требует учёта при обработке результатов измерений.

В работе дано пояснение сущности метода измерения дальности согласно стандарта ЕКА [1, 2], применяемого в украинской СТС с КА «Лыбидь».

Литература

1. <http://microelectronics.esa.int/vhdl/pss/PSS-04-105.pdf>.
2. Gerard Maral. Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology / Wiley, 5 edition, February 1, 2010, 742 p.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕДАЧІ РАДІОСИГНАЛІВ ЦТМ СТАНДАРТІВ DVB-C ТА DVB-S ЧЕРЕЗ РАДІОСТВОЛ РРЛЗ НА БАЗІ РРС «КОМПЛЕКС МГ»

Залозний О.О., Авдєєнко Г.Л.

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна
тел.: (066)1478576, e-mail: aleksandrzalozniy@gmail.com*

Comparative characteristics of the radio transmission of digital television broadcasting of DVB-C and DVB-S standards through radio group of radio relay link at the radio relay stations "Complex MG"

Practical study of the possibility of digital television broadcasting's radio transmission of DVB-C and DVB-S standards which use different modulation techniques through radio group analog radio relay lines using transceiver equipment of the radio relay stations has been conducted.

Пропускна здатність сучасних багатоствольних цифрових радіорелейних ліній зв'язку (РРЛЗ) варіюється в межах від сотень Мбіт/с до декількох одиниць Гбіт/с, що дозволяє використовувати їх для передачі десятків телевізійних (ТВ) програм у загальному транспортному потоці. Проте вартість обладнання цифрових радіорелейних станцій (РРС) для розгортання нової транспортної мережі радіозв'язку часто виявляється занадто високою.

В Україні на даний час широко розвинена мережа аналогових магістральних і внутрішньозонових РРЛЗ. Технічний стан устаткування аналогових РРЛЗ дозволяє продовжувати його використання, однак воно перестає відповідати сучасним вимогам. Зміни, викликані зростаючою кількістю цифрових стиків традиційного кінцевого обладнання вимагають ефективних рішень для передачі цифрового трафіка по діючим аналоговим РРЛЗ. Серед можливих шляхів вирішення цього нагального питання є пристосування діючих РРЛЗ для передачі цифрових ТВ мультиплексів при мінімальній модернізації обладнання РРС.

Технічні варіанти рішень вказаної проблеми представлені в роботах [1, 2]. В даній доповіді представлений варіант практичного дослідження можливості застосування приймально-передавального обладнання РРС «Комплекс МГ» для передачі пакету телевізійних програм в стандартах сімейства DVB (Digital Video Broadcasting). Оскільки найпоширенішими стандартами цифрового телевізійного мовлення є DVB-C та DVB-S, в основу яких покладено такі методи модуляції як QAM та QPSK, то можна зробити припущення, що параметри аналогових РРЛЗ є оптимальними для використання на них високопозиційних методів модуляції. Особливістю РРС «Комплекс МГ» є те, що робоче модемне обладнання підключається на проміжній частоті 70 МГц. До РРС, на базі яких працюють діючі аналогові РРЛЗ можна віднести: «Восход-М», «Курс-4», «Курс-6», «Курс-4М», «ГТТ-70/4000», «ГТТ-70/6000», «ГТТ-70/8000», «Ракита-8», «Радуга-4», «Радуга-6», «Радуга-АЦ» та інші. Структурна схема макету для дослідження можливості цифровізації радіоствола РРЛЗ на базі РРС «Комплекс МГ»

представлена на рис.1, а спектрограми сигналів в стандарті DVB-S та DVB-C на рис. 2 та рис. 3 відповідно.

Макет складається з 4-х основних частин: перша частина – підсистема формування радіосигналу цифрового телемовлення (ЦТМ) стандарту DVB-S або DVB-C; друга частина – це приймально-передавальні модулі PPC «Комплекс МГ», що з'єднані між собою хвильовідною лінією до складу якої входить каскад атенюаторів із загальною глибиною регулювання затухання від 0 до 90 дБ та виконують функції еквівалента реальної лінії зв'язку; третя частина – конвертер радіосигналів, який виконує функції перенесення сигналу з проміжної частоти PPC на частоту, що відповідає стандартам DVB; четверта частина – підсистема прийому та відображення радіосигналів стандарту DVB.

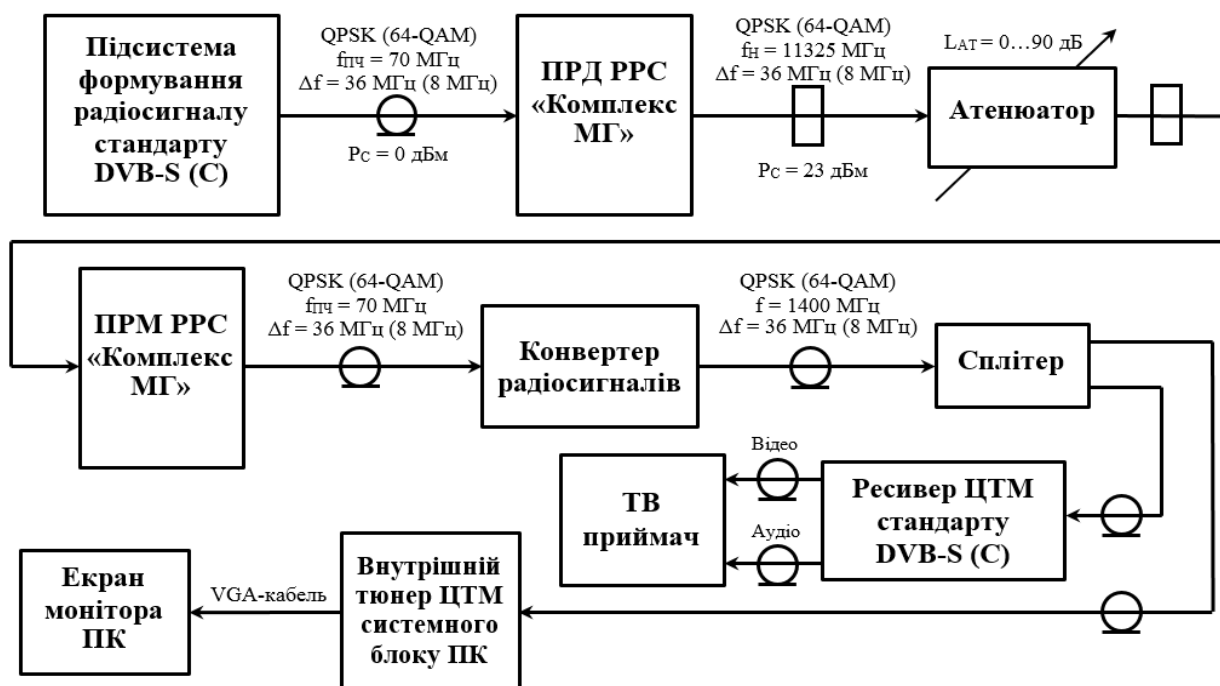


Рис. 1. Структурна схема макету для дослідження передачі радіосигналів ЦТМ стандартів DVB-C та DVB-S через радіоствол РРЛЗ

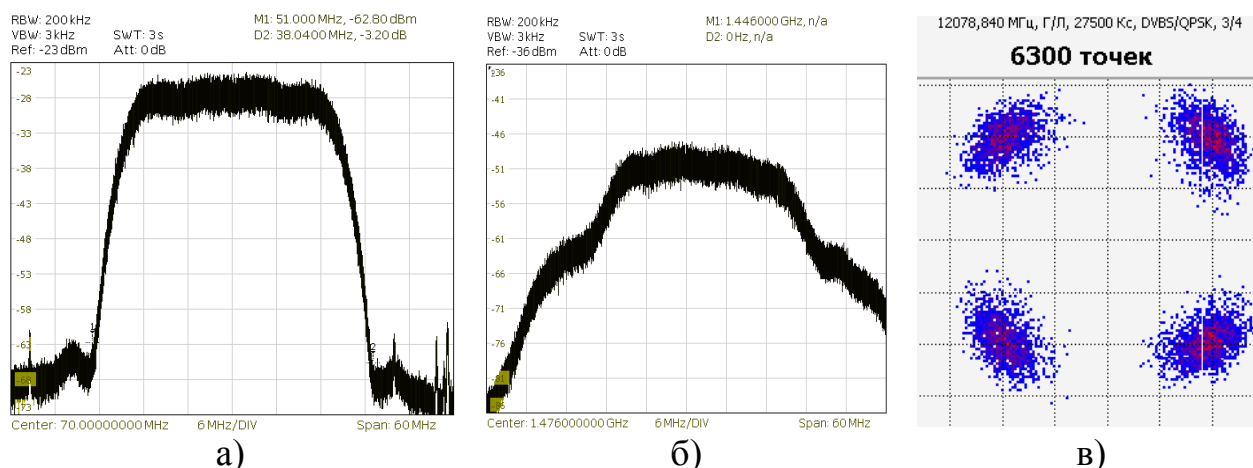


Рис. 2. Спектрограми радіосигналу стандарту DVB-S на вході ПРД PPC «Комплекс МГ» (а), на виході конвертора радіосигналів (б) та його сигнальне сузір'я на приймальному кінці (в) при 90 дБ глибині затухання атенюатора

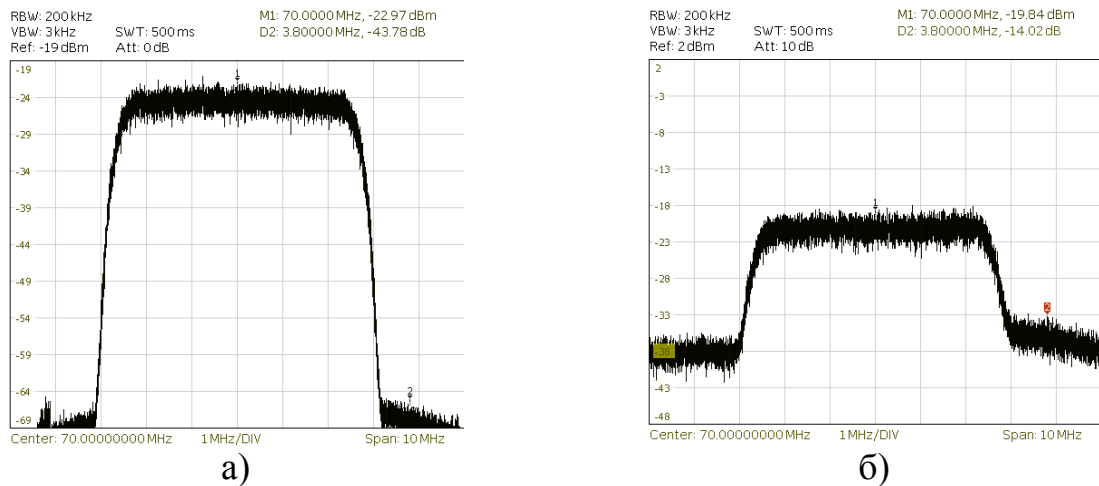


Рис. 3. Спектрограми радіосигналу стандарту DVB-C на вході ПРД РРС «Комплекс МГ» (а), на виході конвертора радіосигналів (б) при глибині затухання атенюатора рівному 90 дБ

Проведені дослідження показують, що використання приймально-передавального обладнання аналогових РРС для передачі радіосигналів ЦТМ стандарту DVB-S з модуляцією QPSK найкраще погоджується з параметрами лінії передачі ніж при передачі радіосигналів стандарту DVB-C з модуляцією QAM-64. Аналіз отриманих спектрограм дає наглядне розуміння того, що використання модуляції QPSK у порівнянні з більш високопозиційними методами модуляції потребує меншого відношення сигнал/шум (С/Ш) на вході приймача РРС. При врахуванні затухання, що вноситься еквівалентом реальної лінії зв'язку та власних шумів обладнання РРС відношення С/Ш для сигналу з модуляцією QPSK склало близько 13 дБ, що є достатнім для забезпечення високих показників якості ТВ сигналу. Для QAM-64 відношення С/Ш склало близько 15 дБ, що є недопустимим для такого виду модуляції. Крім того, високопозиційні методи модуляції потребують підвищених вимог до лінійності амплітудної характеристики та рівня фазових шумів гетеродинів в трактах передачі та прийому у порівнянні з QPSK.

Таким чином практичні результати показують, що приймально-передавальне обладнання аналогових РРЛЗ та параметри самої лінії краще погоджуються з параметрами радіосигналу стандарту DVB-S у порівнянні із стандартом DVB-C. Враховуючи всі особливості стандарту кабельного ЦТМ використання комбінованих методів модуляції QAM/FM [1] є одним із перспективних шляхів вирішення даної проблеми.

Література

1. Т.Н. Нарытник, А.И. Семенко Использование двухуровневой модуляции КАМ-ЧМ системе МИТРИС/Наукові записки УНДІЗ, №1(13), 2010, стр.31-36.
2. Г.Л. Авдеенко, Е.А. Якорнов, О.Ю. Лавриненко, О.Ю. Адамович Использование радиорелейных линий связи с частотной модуляцией для передачи радиосигналов цифрового телевидения стандарта DVB-C/ Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи»: матеріали конференції — Київ, 2014. — 258 с.

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ КАНАЛА ПО ПРИНЯТОМУ РЕШЕНИЮ В СИСТЕМАХ С КАНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИЕЙ

Кайденко Н.Н.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: kkk610@ukr.net

Decision based probabilistic estimation of link status parameters in systems with link adaptation

In his paper analysis of probabilistic estimations of link status methods are given, and realization of decision based estimation method is proposed. The result of the presented simulation showed the effectiveness of usage of decision based estimation of channel status probabilistic parameters in systems with link adaptation.

Канальная адаптация является мощным средством адаптации к изменению условий работы системы широкополосного доступа, которые возникают вследствие быстрых и медленных замираний. Основная идея, которая лежит в основе технологии канальной адаптации состоит в изменении параметров передачи с целью обеспечения заданного качества в условиях изменения параметров канала, при этом одновременно обеспечивается улучшение средней спектральной эффективности системы [1-2]. Необходимым условием работы системы с канальной адаптацией является определение показателей качества состояния канала, которые чаще всего определяются на физическом уровне: энергетических, вероятностных и статистических. В качестве энергетических параметров используются уровень принятого сигнала RSSI (Received Signal Strength Indication), отношение сигнал/интерференция CINR (Carrier to Interference plus Noise Ratio), или интегральная характеристика отношение сигнал/шум SNR (Signal to Noise Ratio). В качестве вероятностных параметров используются коэффициент битовых ошибок BER (Bit Error Rate) и коэффициент блоковых ошибок BLER (Block Error Rate).

Оценка коэффициента битовых ошибок является интегральной характеристикой состояния канала, при этом для получения оценки могут использоваться следующие методы:

- оценки с использованием периодических известных последовательностей данных, которые вводятся в общий поток;
- оценки, полученные при непосредственном декодировании помехоустойчивых кодов с прямой коррекцией ошибок;
- оценки по принятому решению.

Использование первого метода в системах с канальной адаптацией в условиях быстрых замираний приводит либо к низкой достоверности оценки на коротких интервалах, либо к снижению эффективной пропускной способности системы.

Два других метода основаны на измерении количества исправленных в процессе декодирования помехоустойчивых кодов ошибок. Полученный коэффициент ошибок не учитывает корректирующей способности

помехоустойчивых кодов, но может быть интерполирован с использованием известных характеристик помехоустойчивости. Использование этих методов в системах с канальной адаптацией является предпочтительным, поскольку контроль ошибок является непрерывным, неразрушающим и может осуществляться на коротких интервалах. Это позволяет получать характеристики распределения ошибок во времени. Использование второго метода ограничено возможностями его реализации для широкого класса помехоустойчивых кодов вследствие либо сложности реализации, либо в отсутствии такой возможности. Метод оценок коэффициента битовых ошибок по принятому решению является наиболее универсальным с точки зрения его использования в системах с канальной адаптацией, недостатком этого метода является большая аппаратная избыточность при его реализации.

Метод вероятностных оценок состояния канала по принятому решению, схема реализации которого показана на рис.1, основан на предпосылке о том, что в рабочем диапазоне отношений сигнал/шум все ошибки исправляются за счет применения помехоустойчивого кодирования с прямой коррекцией ошибок. Реализация предусматривает повторное кодирование и перемежение декодированных данных. В блоке оценки ошибок определяются битовые ошибки после демодуляции и коэффициент битовых ошибок на интервале оценивания, при этом минимальным интервалом оценивания является OFDM символ. В блоке статистических оценок могут быть получены дополнительные статистические оценки: средний BER на различных интервалах оценки (OFDM символ, кадр, несколько кадров); плотность распределения вероятностей BER; зависимость количества битовых ошибок от времени, которая может быть использована для определения длительности блоковых ошибок.

Сложность реализации метода зависит от сложности реализации помехоустойчивого кодера.

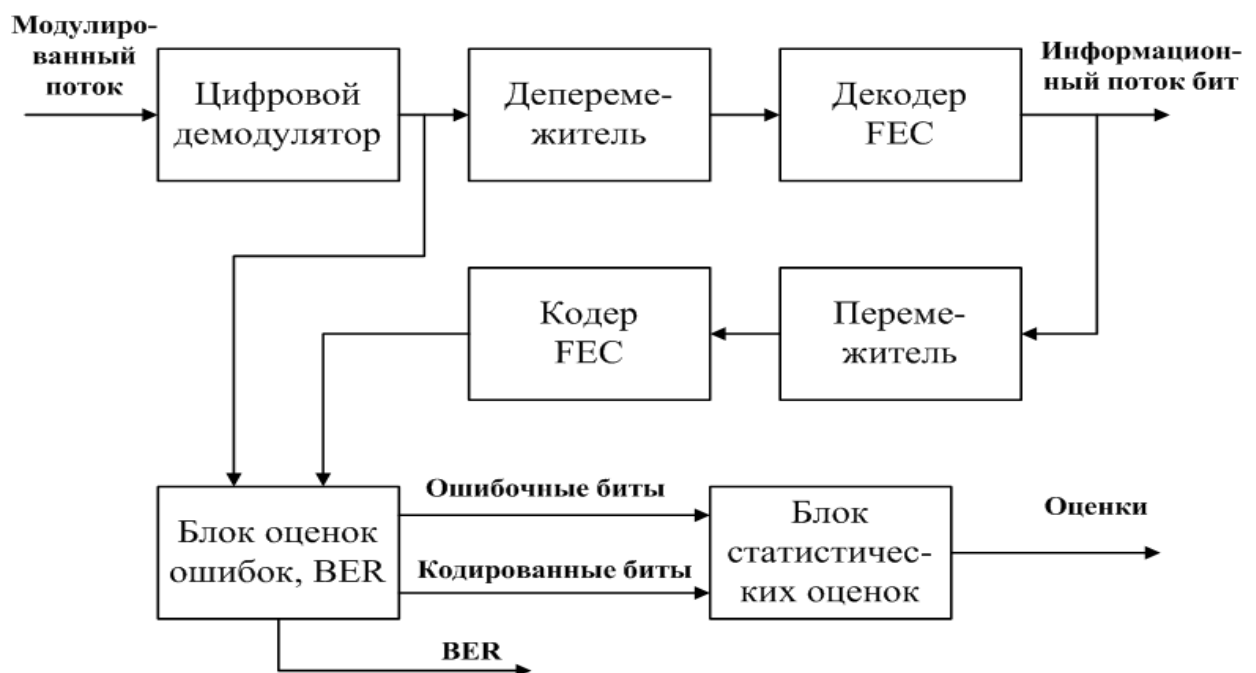


Рис.1. Схема реализации метода вероятностных оценок состояния канала по принятому решению

Эффективность использования метода оценок по принятому решению исследовалась с использованием имитационного моделирования для канала с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ) [3] для различных профилей передачи в режиме OFDM [4]. На рис.2 показаны полученные в процессе моделирования характеристики: оценки помехоустойчивости канала без кодирования для различных профилей передачи (рис а); сравнительные характеристики помехоустойчивости для канала с кодированием и канала без кодирования (оценка и истинная) для профиля 2 (рис. б).

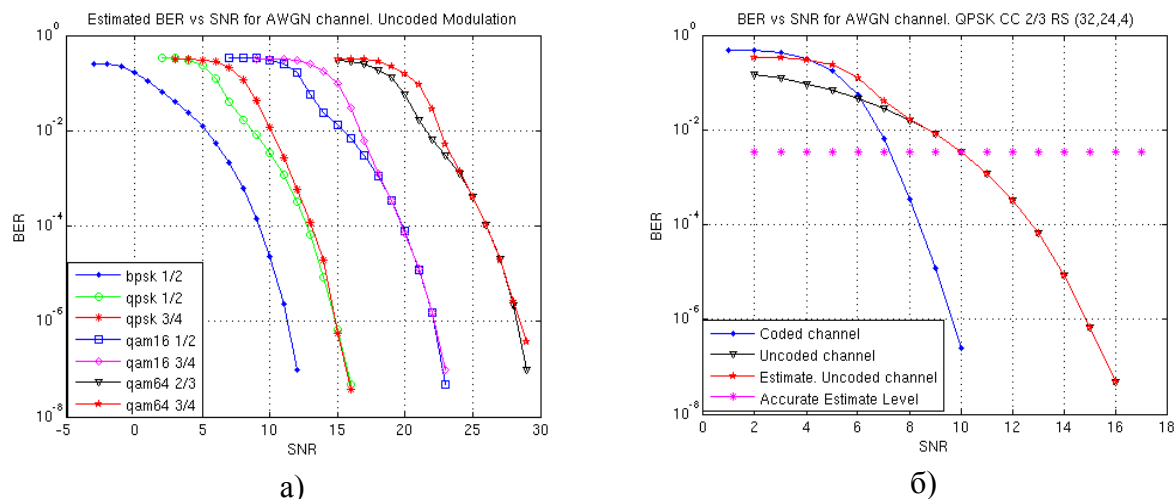


Рис. 2. Результаты имитационного моделирования: характеристики оценки помехоустойчивости не кодированного канала для различных профилей передачи (а); сравнительные характеристики помехоустойчивости для кодированного и не кодированного канала (оценка и истинная) для профиля 2 (б).

Результаты имитационного моделирования показали, что метод вероятностных оценок состояния канала по принятому решению дает точную оценку в диапазоне допустимых значений коэффициента битовых ошибок (10^{-3} – 10^{-6}) в канале. За пределами диапазона оценки дают завышенные значения, что позволяет использовать данный метод в схемах канальной адаптации. Оценки коэффициента битовых ошибок являются эффективными оценками для канала без кодирования, поскольку они являются непрерывными, не разрушающими, в них учтены все искажения в канале на интервале оценки. Оценки BER канала с кодированием могут быть получены опосредованно по характеристикам помехоустойчивости для канала с кодированием и без кодирования путем сопоставления значений BER при одинаковом отношении сигнал/шум табличным способом, или аналитически с использованием аппроксимации характеристик экспоненциальными функциями.

Литература

1. A. Goldsmith and S.-G. Chua. Adaptive coded modulation for fading channels. IEEE Transactions on Communication, 46(5):595–602, May 1998
2. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации. Москва: - Техносфера, 2011. – 904 с.
3. Кайдено М.М. «Імітаційне моделювання фізичного рівня системи широкосмугового доступу на основі IEEE 802.16-2009» // Науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій»: Матеріали конференції. К.: НТУУ «КПІ», 15-19.04.2013р. С. 85-87.
4. IEEE Std 802.16e™-2009, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 16: Air Interface Broadband Wireless Access Systems. 29 May 2009.

ОСОБЛИВОСТІ РАДІОІНТЕРФЕЙСІВ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Ковальчук К.П., Мазуренко О.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: mazurenko.alexander@gmail.com

Special issues of radio interfaces that are based on spatio-temporal correlation signal processing

Radio interfaces that are based on spatio-temporal correlation signal processing composition and functioning special issues are presented in this paper. Some performance evaluation of this technique is also presented.

Вступ. Радіоінтерфейси з кодовим розділенням сигналів (CDMA) на основі кореляційної обробки (КОС) в часовому розумінні, у яких каналоутворення на фізичному рівні відбувається шляхом DSSS за допомогою наборів ортогональних розширюючих послідовностей (ОРП) мають недоліки [1], що не дозволяють повно розкрити можливості цієї технології. Дані недоліки полягають у недосконалих кореляційних властивостях ОРП та в асинхронному режимі передачі сигналу з мобільної станції на базову. Кореляційні властивості визначають можливості CDMA систем для боротьби з усіма видами завад і встановлення надійного багатоканального зв'язку. Асинхронний прийом призводить до появи додаткових міжканальних завад, яка також проявляється як ближньо-дальня проблема (Near-far problem) [1]. Деякі думки щодо вирішення даних проблем наведені в [1], які полягають в веденні вдосконалених систем синхронізації [2] та нового типу канального кодування [3]. Нові підходи до синхронізації дозволяють розширити принципи КОС з часового (Ч-КОС) до просторово-часового (ПЧ-КОС) розуміння. Це дозволяє не тільки кількісно, але і якісно підвищити продуктивність систем на їх основі за рахунок нових можливостей впровадження тривимірного просторового розділення сигналів [2].

Основна частина. КОС спрямована на підвищення завадозахищеності каналу передачі сигналу, проте недослідженим залишається її вплив на просторову вибіркковість в цілому, адже згідно класичної електродинаміки простір і час є взаємозалежним. ПЧ-КОС можна назвати такий вид обробки, при якому відгук процесора (корелятора) залежить не лише від часових параметрів прийнятого сигналу, а й від просторових параметрів джерела, що його згенерував. Важливим фактором є те, що визначення параметрів синхронізації МС та БС в даних системах залежить від їх взаємного розташування.

Для синтезу принципів нової системи синхронізації, визначаються значення початкових фаз сигналів τ_0 , що випромінюються $\uparrow$ та приймаються $\downarrow$ МС та БС в нинішніх системах зв'язку з кодовим розділенням сигналів не

враховуючи затримки на обробку сигналів і їх проходження в трактах передавачів і приймачів МС/БС. БС випромінює пілот-сигнал з початковою фазою $\tau_0^{BC\uparrow}=0$, тоді, сигнал розповсюдившись до МС шляхом довжиною d прийметься з початковою фазою відносно БС $\tau_0^{MC\downarrow}=d/c$, МС налаштувавши власний тактовий генератор на початкову фазу прийнятого пілот сигналу випромінює сигнал з тією ж початковою фазою $\tau_0^{MC\uparrow}=d/c$. Тоді, до БС надійде сигнал з початковою фазою $\tau_0^{BC\downarrow}=2d/c$, або ще можна сказати, що до БС від МС надійшов сигнал з різницею початкових фаз $\Delta\tau_0=2d/c$. для створення умов синхронного прийому в БС необхідно, щоб до неї надходили сигнали від всіх МС з початковою фазою $\tau_0^{BC\downarrow}=0$ чи з таким значенням $\tau_0^{BK\Phi 0}$, при якому ВКФ всіх ОРП рівна нулю. Тоді, при передачі кожна МС повинна зсувати початкову фазу сигналу так, щоб $\tau_0^{MC\uparrow}=-d/c=T-d/c$, $\tau_0^{MC\uparrow}=\tau_0^{BK\Phi 0}-d/c=T+\tau_0^{BK\Phi 0}-d/c$. МС підтягують початкові фази генераторів передавачів так, що їх реальні положення у просторі, що сприймається БС стають віртуальними, такими, з яких прийом є синхронним (рис.1).

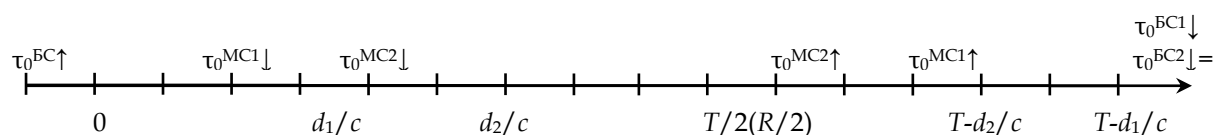


Рисунок 1. Значення початкових фаз МС та БС для синхронного прийому

Відомо [1, 2], що ОРП LAS/ZCZ кодів мають значно кращі кореляційні властивості, ніж існуючі, що проявляються в наявності широких зон нульової кореляції. Це дозволяє при наявності повного синхронного прийому пере-використовувати їх ансамблі часовим зсувом початкових фаз на величину $\tau_0^{BK\Phi 0}$, при яких всі ВКФ рівні нулю. Таким чином збільшується канална ємність. В такому разі всі МС, що працюють з оригінальним набором ОРП повинні зсувати початкові фази випромінених сигналів так, щоб вони були когерентні з опорними в БС тобто до $\tau_0^{MC\uparrow}=-d/c=T-d/c$. А всі, що працюють з перевикористаним набором ОРП повинні зсувати початкові фази до $\tau_0^{MC\uparrow}=\tau_0^{BK\Phi 0}-d/c=T+\tau_0^{BK\Phi 0}-d/c$. Збільшити каналну ємність системи в напрямку від БС до МС можливо таким же чином з врахуванням того факту, що передача від БС до всіх МС є завжди синхронною, тобто для використання зсунутих у часі ОРП необхідно одночасно і на однакову величину зсувати початкові фази переданого БС сигналу і опорного генератора корелятора приймача МС на величину $\Delta\tau_0=\tau_0^{BK\Phi 0}$. Таким чином поділki на шкалі рис.1 можна розглядати як підзони обслуговування, що пере використовують ансамбль ОРП. Саме даний принцип синхронізації і формує основу ПЧ-КОС.

Особливістю є те, що LAS/ZCZ коди мають ширшу зону нульової кореляції, якщо використовуються неповні (половинні) ансамблі ОРП. Що призводить до зменшення спектральної ефективності даної системи. Дану проблему можна вирішити застосувавши багатоканальну М-арну бі-ортогональну маніпуляцію (БМБОМ) [3]. При її використанні інформація переноситься не лише в полярності ОРП, а й в її індексі. Спектральна ефективність системи на основі БМБОМ, що використовує половину

ансамблю ОРП – 1, а четверть – 0,75, у порівнянні з 0,5 та 0,25 біт/с/Гц класичної DSSS. При використанні половини ансамблю ОРП його можна пере використати 2 рази а четверті – 4, що не суперечить правилам побудови ортогональних функції, що для класичної DSSS матиме сумарну спектральну ефективність 1, проте використання БМБОМ збільшує її до 2 та 3 біт/с/Гц відповідно при використанні ФМ2 як базової маніпуляції. Порівняння використаної спектральної ефективності БМБОМ та DSSS при максимальній кількості послідовностей в ОРП – 64 відображено на рис.2.

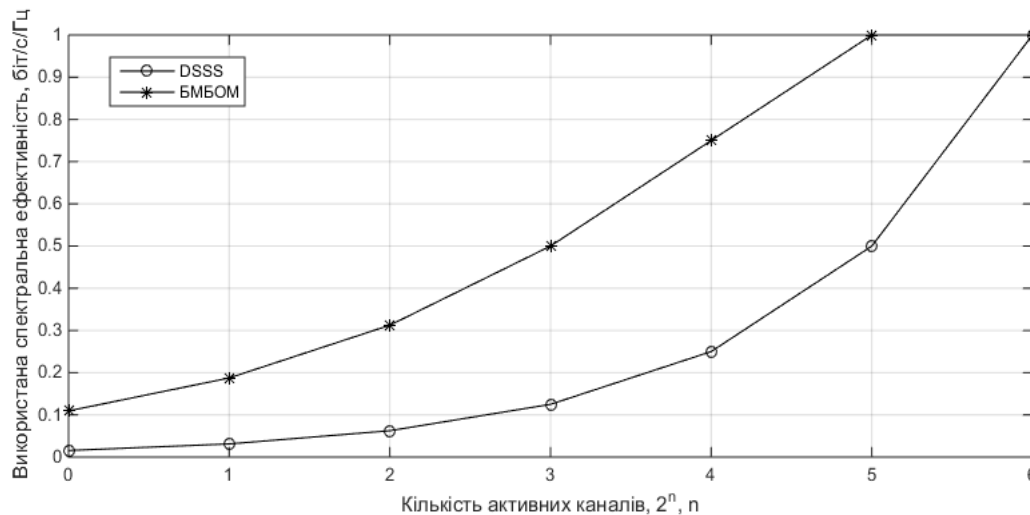


Рисунок 2. Використана спектральна ефективність БМБОМ та DSSS

Особливістю БМБОМ є те що замість базової ФМ2 модуляції вона використовує гібридну амплітудно-фазову АФМ-3 а в квадратурному виконанні АФМ-9 [3]. Для підвищення завадостійкості як і в існуючому варіанті систем CDMA можливе використання двоетапного каналного кодування: на першому етапі LAS/ZCZ кодами, на другому – псевдовипадковими М-послідовностями.

Висновки. У роботі представлено комплексне використання нового підходу до синхронізації, що реалізує синхронний прийом у обох напрямках між кореспондуючими станціями та каналного кодування на основі LAS/ZCZ кодів як основи БМБОК. Даний комплекс заходів вирішує проблеми класичних систем CDMA на основі Ч-КОС та переводить її до стану ПЧ-КОС, і є її основою. Використання принципів ПЧ-КОС дозволяє перевикористовувати ансамблі ОРП, що відносно збільшує каналну ємність та спектральну ефективність системи.

Література

1. Oleksandr Mazurenko. The new perspective on CDMA problems. // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" (ПТ-14), 22–25 квітня, 2014 р. Збірник тез. К.: НТУУ "КПІ", 2014. – С. 505–507.
2. 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.
3. Касьяненко Д.Г., Ковальчук К.П., Мазуренко О.В. Багатоканальне використання «МВОК» модуляції. // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" (ПТ-14), 22–25 квітня, 2014 р. Збірник тез. К.: НТУУ "КПІ", 2014.–С.89–91.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЧАСТОТНОГО ПРИСВОЕНИЯ С ФИКСИРОВАННЫМ ДИАПАЗОНОМ ЧАСТОТ

Коломыцев М.А., Корсак В.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: max_abab@ukr.net korsak.viktoriia@gmail.com

Mathematical problem definition of frequency assignment problem with fixed frequency range

The article is based on the frequency assignment problem in the network with fixed number of frequencies. The mathematical problem definition of the frequency assignment problem and the results of the research that are presented in the form of a recommendation for usage of the frequency assignment methods are introduced in this article.

Проблема частотного присвоения возникает. Когда большое количество передатчиков работают в одной области. Обычно стремятся минимизировать помехи, что возникают на приемной стороне от обслуживающих передатчиков. Это легко достигается, если количество допустимых частот достаточно велико, но сложнее достичь этого, если нужно минимизировать помехи, но в то же время эффективно использовать радиочастотный ресурс [1].

Здесь и возникает проблема присвоения частот, которая заключается в том, что бы присвоить каждому передатчику радиочастоту из данного набора частот при удовлетворении требования интерференции между сигналами [3].

Проблема частотного присвоения (ПЧП) была изучена и продолжает изучаться большим количеством инженеров, математиков и ученых, и все же, в общем виде остается очень сложным заданием.

Существуют два основных типа ПЧП: минимизировать использование радиочастотного ресурса при удовлетворении допустимых уровней помех или свести к минимуму помехи в системе при фиксированном спектре выделенных частот [2]. Частоты, как правило, лицензированы государством, которое стягивает определенную плату за использование частот в том или ином диапазоне. Именно это натолкнуло операторов планировать использование частот, что бы избежать высоких уровней помех и свести к минимуму диапазон используемых частот, что в свою очередь уменьшает затраты на лицензию. И поэтому перед нами возникает проблема второго типа: свести к минимуму интерференцию между базовыми станциями мобильной сети при фиксированном диапазоне частот.

Для решения этой задачи мы произвели анализ существующих методов присвоения частот, выполнили моделирование системы LTE и по результатам сравнили каждый из методов. На основании результатов сформировали рекомендации по использованию методов присвоения частот при различных параметрах сети.

Мы выбрали такие популярные математические методы для решения задач оптимизации: метод жадного алгоритма, метод локального поиска и метод табу поиска. Алгоритмы предназначены для решения задач оптимизации, обычно представляют собой последовательность шагов, на каждом из которых представляется некоторое множество выбора. Определение наилучшего выбора, руководствуется принципами динамического программирования.

Последовательность исследования была следующая. Прежде чем приступить к математической постановке задачи, мы определили показатель, который будет характеризовать результат исследования. ПЧП характеризуется определением матрицы интерференций и наложением на нее определенных ограничений. Матрица интерференций (1) представляет собой матрицу, элементы которой это относительные уровни интерференций в зоне обслуживания каждой базовой станции. А ограничения – это допустимые уровни отношения *сигнал/(шум+интерференция)*. Для расчета матрицы интерференций вводим критерий L , который характеризуется спектральной эффективностью $V, \text{бит/с/Гц}$ в каждой точке зоны обслуживания передатчика.

$$X = [x_{ij}], \quad (1)$$

$$x_{ij} = \frac{L_j - L_{I_j}}{L_j}, \quad (2)$$

где x_{ij} - элемент матрицы интерференций X ;

i - индекс передатчика «жертвы»;

j - индекс передатчика, что формирует помеху.

$$L_j = \sum_a V_{ja} | C_{ja} \geq C_{za}, \forall z \quad (3)$$

$$L_{I_j} = \sum_a V_{I_{ja}} | C_{ja} \geq C_{ja}, \forall z \quad (4)$$

где V_j - спектральная эффективность передатчика j в зоне обслуживания передатчика j без интерференции;

V_{I_j} - спектральная эффективность передатчика j в зоне обслуживания передатчика j с учетом интерференции;

a - количество пикселей в зоне обслуживания передатчика j ;

L_j - критерий L без интерференции для передатчика j ;

L_{I_j} - критерий L с интерференции для передатчика j .

После определения показателя мы выполнили математическую постановку задачи, которая в общем виде заключается в максимизации суммы каждого элемента матрицы интерференций X

$$\sum x_{ij} \rightarrow \max \quad (5)$$

Данную постановку можно применить к любой сети, для которой будет вычисляться своя матрица интерференции. В исследовании мы применили эту задачу к сети LTE. При вычислении критерия L мы использовали стандарт Релиз 10 организации 3GPP для определения параметров и ограничений сети.

В Украине для технологии LTE выделены такие частоты: 1920 - 1980 МГц и 2500 – 2570 МГц. Именно из этих диапазонов мы выбирали частоты с шириной канала 1,25 МГц. В ходе исследования мы изменяли такие параметры сети как количество фиксированных частот, площадь покрытия всей системы и количество базовых станций.

Моделирование сети мы выполнили с помощью программного языка Python. Во время статистического анализа полученных результатов, мы изменяли не только количество базовых станций, но и их расположение. После исследований были сформированы рекомендации по выбору метода присвоения частот базовым станциям сети в зависимости от параметров сети. В Тал.1 слева мы указываем на размеры сети, а сверху на нагрузку на БС.

Таблица 1. Рекомендации по применению методов присвоения частот БС

	40 бит/с/Гц	50 бит/с/Гц	60 бит/с/Гц	70 бит/с/Гц	80 бит/с/Гц
25x25	Метод жадібного алгоритму	Метод табу пошуку	Метод табу пошуку	Метод табу пошуку	Метод табу пошуку
50x50	Метод жадібного алгоритму	Метод жадібного алгоритму	Метод табу пошуку	Метод табу пошуку	Метод локального пошуку
100x100	Метод жадібного алгоритму	Метод жадібного алгоритму	Метод табу пошуку	Метод табу пошуку	Метод табу пошуку

Литература

1. Robert A. Murphey, Panos M. Pardalos and Mauricio G.C. Resende, Frequency Assignment Problems, Handbook of Combinatorial Optimization, Kluwer Academic Publishers, 1999.
2. A.E. Koller, S.D. Noble, Domination analysis of greedy heuristics for the frequency assignment problem. Department of Mathematical Sciences, Brunel University, 2003
3. S.M. Allen, D.H. Smith, S. Hurley, Lower bounding techniques for frequency assignment. Division of Mathematics and Computing, University of Glamorgan and Department of Computer Science, University of Wales, 1998

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ СУБТЕРАГЕРЦОВОГО ТА ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНІВ

Кравчук С.О., Наритник Т.М.

НДІ телекомунікацій НТУУ “КПІ”

E-mail: director@mitris.com

Analytical review of telecommunication systems subterahertz and terahertz ranges

The analytical review of theoretical and experimental research and development of telecommunication systems in the sub-terahertz devices and technologies of optics (Photonics) and microwave technology (electronics), as well as promising research in this area of telecommunications and the establishment of wireless communication lines with a noise carrier in subterahertz frequency range.

Розвиток елементної бази радіоелектронних пристроїв, широке впровадження цифрової техніки формування та оброблення сигналів, дозволяє по-новому підійти до розв'язування багатьох задач, які раніше стримували втілення розробок телекомунікаційних систем суб- та терагерцового діапазонів. Освоєння суб- та терагерцового діапазонів саме по собі викликає значний інтерес у зв'язку з їх унікальними властивостями, зокрема щодо реалізації захищених, екологічно безпечних каналів з гігабітною пропускнуою здатністю [1-17].

Зазначені обставини роблять цей діапазон унікальним для побудови телекомунікаційних систем та мереж, зокрема персональних, локальних і міських транспортних безпроводових мереж, а також радіоканалів «точка-точка» (радіорелейних ліній).

Як відомо, у спектрі електромагнітних випромінювань у короткохвильовій частині терагерцові хвилі межують з інфрачервоними, а в довгохвильовій – з міліметровими хвилями, що, природно, надає їм властивості як оптичних, так і радіохвиль. Тому розробка систем та застосування терагерцових хвиль базуються на взаємопроникненні елементів, пристроїв, ідей та методів оптики (фотоніки) і радіотехніки (електроніки).

В доповіді наведені дані високошвидкісної безпроводової лінії зв'язку в діапазоні 120 ГГц на базі фотонних технологій [1] з використанням фотонного генератора, безпроводової лінії зв'язку в діапазоні 300 ГГц на базі мікрохвильових технологій електроніки [2] та безпроводової лінії зв'язку в діапазоні 625 ГГц [7].

Одним із перспективних напрямів розвитку теорії і техніки широкосмугового зв'язку є безпроводові лінії у субтерагерцовому діапазоні частот, які використовують в якості носія шумовий (стохастичний) сигнал. Такі системи на фізичному рівні забезпечують неперевершені показники структурної скритності та криптостійкості [9-10]. Слід зазначити, що переваги систем зв'язку з шумовим носієм проявляються повною мірою лише за умов достатньо широкої смуги частот сигналу. У цьому зв'язку

надзвичайно перспективним виглядає використання шумового носія при освоєнні субтерагерцового діапазону частот [14-17].

В доповіді розглянута архітектура плазмонного нано-трансиверу на основі графену для широкосмугових комунікацій діапазону 0,1...10 ТГц [3] та ультраширокосмугові приймачі з використанням полімерної підкладки для багатосмугових терагерцових комунікацій[8].

Одними із найбільш важливих радіоелектронних компонентів телекомунікаційних систем субтерагерцового та терагерцового діапазонів є змішувачі частоти на діоді з бар'єром Шотткі [4-8]. При кімнатній температурі кращими характеристиками балансного змішувача на основі мембранного діоду Шотткі є: температура шуму в двосмуговому режимі (DSB) 2660 К на частоті 865,8 ГГц і втрати перетворення в DSB 8,02 дБ на частоті 862,2 ГГц. При охолодженні до 120 К шумова температура DSB змішувача знижується до 1910 К.

Можна зробити висновок, що розробка надширокосмугових систем суб- та терагерцового діапазонів є актуальною задачею для розвитку теорії та техніки телекомунікаційних систем. Основними напрямками застосування телекомунікаційних систем діапазонів є транспортні розподільчі мережі мобільного зв'язку (Mobile backhaul); - системи широкосмугового радіодоступу із гігабітною пропускну здатністю для організації надвисокошвидкісних локальних комп'ютерних мереж та безпроводової передачі телевізійних програм високої та надвисокої чіткості, комунікації всередині будівлі для забезпечення безпроводового з'єднання комп'ютерів і периферійних пристроїв; супутникові системи для радіоастрофізичних досліджень; системи конфіденційного зв'язку та інші.

Крім того, такі телекомунікаційні системи суб- та терагерцового діапазонів дозволяють простими технічними засобами вирішувати проблему забезпечення стійкого зв'язку у складних умовах розповсюдження сигналу, зокрема у багатопробієвих радіоканалах. Подальша перспектива застосування телекомунікаційних систем суб- та терагерцового діапазонів вбачається у створенні швидкодіючих широкосмугових радіоелектронних компонентів, включаючи підсилювачі потужності та мал шумні підсилювачі і розвиток на цій основі методів побудови систем множинного доступу та інших телекомунікаційних систем суб- та терагерцового діапазонів нового покоління.

Література

1. Kim S., Ahn S.-H., Park S. S. Design and Experiment Results of High-Speed Wireless Link Using Sub-terahertz Wave Generated by Photonics-Based Technology // ETRI Journal. – 2013. – Vol. 35, Number 4. - P. 578-586.
2. 300 GHz transmission system / C. Jastrow, K. Münter, R. Piesiewicz, T. Küner, M. Koch and T. Kleine-Ostmann // Electronics Letters. – 2008. - Vol. 44, No. 3. – P. 75-77.
3. Jornet J.M., Akyildiz I.F. Graphene-based Plasmonic Nano-transceiver for Terahertz Band Communication // in Proc. of the 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), The Hague, The Netherlands, April 2014. – P.134-137.
4. Dyakonov M., Shur M. Shallow water analogy for a ballistic field effect transistor:

- New mechanism of plasma wave generation by dc current // Phys. Rev. Lett., vol. 71, pp. 2465–2468, Oct. 1993.
5. Plasma wave oscillations in nanometer field effect transistors for terahertz detection and emission / W. Knap, F. Teppe, N. Dyakonova, D. Coquillat, and J. Lusakowski // Journal of Physics: Condensed Matter. – 2008. - vol. 20, no. 38. - p. 384205.
 6. Role of bias voltage and tunneling current in the perpendicular displacements of freestanding graphene via scanning tunneling microscopy / P. Xu, S. D. Barber, M. L. Ackerman, J. Kevin Schoelz, and P. M. Thibado // Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures, vol. 31, no. 4, pp. 04D103–04D103, 2013.
 7. Moelle L., Federici J., Su K. THz Wireless Communications: 2.5 Gb/s Error-free Transmission at 625 GHz using a Narrow-bandwidth 1 mW THz Source // General Assembly and Scientific Symposium, 2011 XXXth URSI, 13.08.2011. - P. 1-4.
 8. Ultra-broadband Receivers using Polymeric Substrate for Multiband Terahertz Communications / M. Inoue, M. Hodono, S. Horiguchi, K. Arakawa, M. Fujita, and T. Nagatsuma // Proc. of the "2013 International Symposium on Electromagnetic Theory". – 2013. – P. 211-214.
 9. M.Ye., Kalinin V.I., Narytnik T.N. and Cherepenin V.A. Wireless UWB Ecological Safety Communications at 70 Nanowatt Radiation Power, 21st Int. Crimean Conf. “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2012), Conf. Proceedings. – Sevastopol: Weber Publishing Co., 2011. – p.355-356.
 10. Ilchenko M.Ye., Kalinin V.I., Narytnik T.N., Chapursky V.V., Cherepenin V.A. Wireless Terahertz Communications with spectral modulation of ultra-wideband Noise Signals // Telecommunication Sciences. – 2012. – Vol. 3, No 2. – P. 39-44.
 11. An 874 GHz fundamental balanced mixer based on MMIC membrane planar Schottky diodes / B. Thomas, A. Maestrini, J. Gill, C. Lee, R. Lin, I. Mehdi and P. de Maagt // 21ST International Symposium on Space Terahertz Technology, Oxford, 23-25 March, 2010. – P. 155-158.
 12. 2.5-THz GaAs Monolithic Membrane-Diode Mixer / P. H. Siegel, R. P. Smith, M. C. Gaidis, S. C. Martin // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques. – 1999. - Vol. 47, No. 5. – P. 596-604.
 13. The Design of a 200-240-GHz Sub-Harmonic Mixer Based on RAL’s Planar Schottky Diodes / B. Zhang, B. Alderman, Z. Chen, Y. Fan, X. Yang and X. Yang // Terahertz Science and Technology. – 2011. - Vol. 4, No. 3. – P. 90-94.
 14. Narytnik T.N. Possibilities of Using THz-Band Radio Communication // Telecommunications and Radio Engineering, 73 (15):1361-1371 (2014).
 15. Ilchenko M.Ye., Narytnik T.M., Ali Abdalla Ibrahim Idris, Didkowsky R.M., Osama Turabi. Theoretical and practical aspects of the use of stochastic signals in telecommunication systems// Telecommunications and Radio Engineering.- Vol. 73 (20), pp. 205-1817.
 16. Наритник Т.М. Принципи побудови надширокопasmової системи радіозв'язку в суб-терагерцовому діапазоні частот / Т.М. Наритник, Р.М. Дідковський// Проблеми телекомунікацій. -2014.-№3(15).-режим доступу http://pt.journal.kh.ua/2014/3/1/143_ilchenko_wireless.pdf.
 17. Телекомунікаційна система багатоканальної передачі цифрової інформації шумовими сигналами /Згуровський М.З., Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Дідковський Р.М., Кравчук С.О. – Патент України на корисну модель № 88917, Бюл.№7 з пріоритетом від 05.09.2013 р.

АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ РІШЕННЯ ПОБУДОВИ ГІГАБІТНОГО МОДЕМУ ДЛЯ РАДІОРЕЛЕЙНИХ ЛІНІЙ В ТЕРАГЕРЦОВОМУ ДІАПАЗОНІ

Наритник Т.М., Войтенко О.Г., Лутчак О.В.

НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ»

E-mail: director@mitris.com

Hardware-software solutions build gigabit modem for radio-relay lines in the terahertz

The results of the conducted research and development on this basis of new technical solutions for the creation transceiver driver-modem (the modem) for digital radio-relay systems in the terahertz range, testing and optimization of the settings of two laboratory samples modem for maximum throughput and optimization of high-speed options for doomo-Gow created supporting software tools.

Задача створення на базі останніх досягнень в галузі комунікацій блоку формувача із підвищеною пропускною здатністю (до 2,4 Гбіт/с) та низькою вартістю, що дозволить використання його як в магістральних каналах передачі, так і системах мультисервісного доступу вирішується тим, що в блоці формувача використовуються частотне мультиплексування кількох каналів і таким чином, щоб сумарна швидкість складала 2,4 Гбіт/с. При цьому окремі канали можуть мати меншу швидкість, наприклад, 0.15Гбіт/с [1-3].

Таке технічне рішення базується на використанні елементів у вигляді чіпу, що масово випускаються в серійному виробництві і застосовуються в мережах Wi-Fi. Це, наприклад, блок модуляторів – демодуляторів Mikrotik R52nM, який дозволяє отримати швидкість у прямому та зворотному каналах по 150Мбіт/с. Вхід передавальної та вихід приймальної схеми у складі даного чіпу – бітовий потік в форматі Ethernet, а вихід передавальної та вхід приймальної схеми в складі даного чіпу – символний потік на частоті в діапазоні біля 2 або 5 ГГц. Модуляція та демодуляція може програмно перебудовуватися від BPSK до QAM-64. Смуга отриманого сигналу складає 40МГц. При цьому швидкість в каналі зв'язку складає 150Мбіт/с.

Підвищення спектральної ефективності досягається використанням багатопозиційної модуляції (QAM-64). Подальше підвищення швидкості в каналі зв'язку досягається створенням блоку, що виконує кодування та модуляцію потоку в форматі Ethernet із розподілом по суміжних частотних смугах та об'єднанні їх в загальний багаточастотний потік в передавальній частині та розподілу по вихідних частотних смугах із подальшою їх демодуляцією, маршрутизацією та формуванням Ethernet інтерфейсу в приймальній частині. Результуюча (сумарна) швидкість при створенні восьми частотних потоків при модуляції QAM-64 складе 1200 Мбіт/с в кожному напрямку. Сумарна смуга із врахуванням захисних частотних інтервалів (ширини смуги фільтрів, що обмежують смугу кожного потоку) складе менше 400 МГц.

На основі проведеного аналізу наявної радіоелектронної бази визначено, що для модуляції потоку 1G Ethernet необхідно буде не менше 8 модуляторів зі схемами об'єднання. В роботі використано частотне мультиплексування каналів зі швидкістю модуляції 155 Мбіт/с в кожному. Розроблена за результатами проведених досліджень принципова електрична схема приймально-передавального формувача інформаційного потоку наведена на рисунку 1.

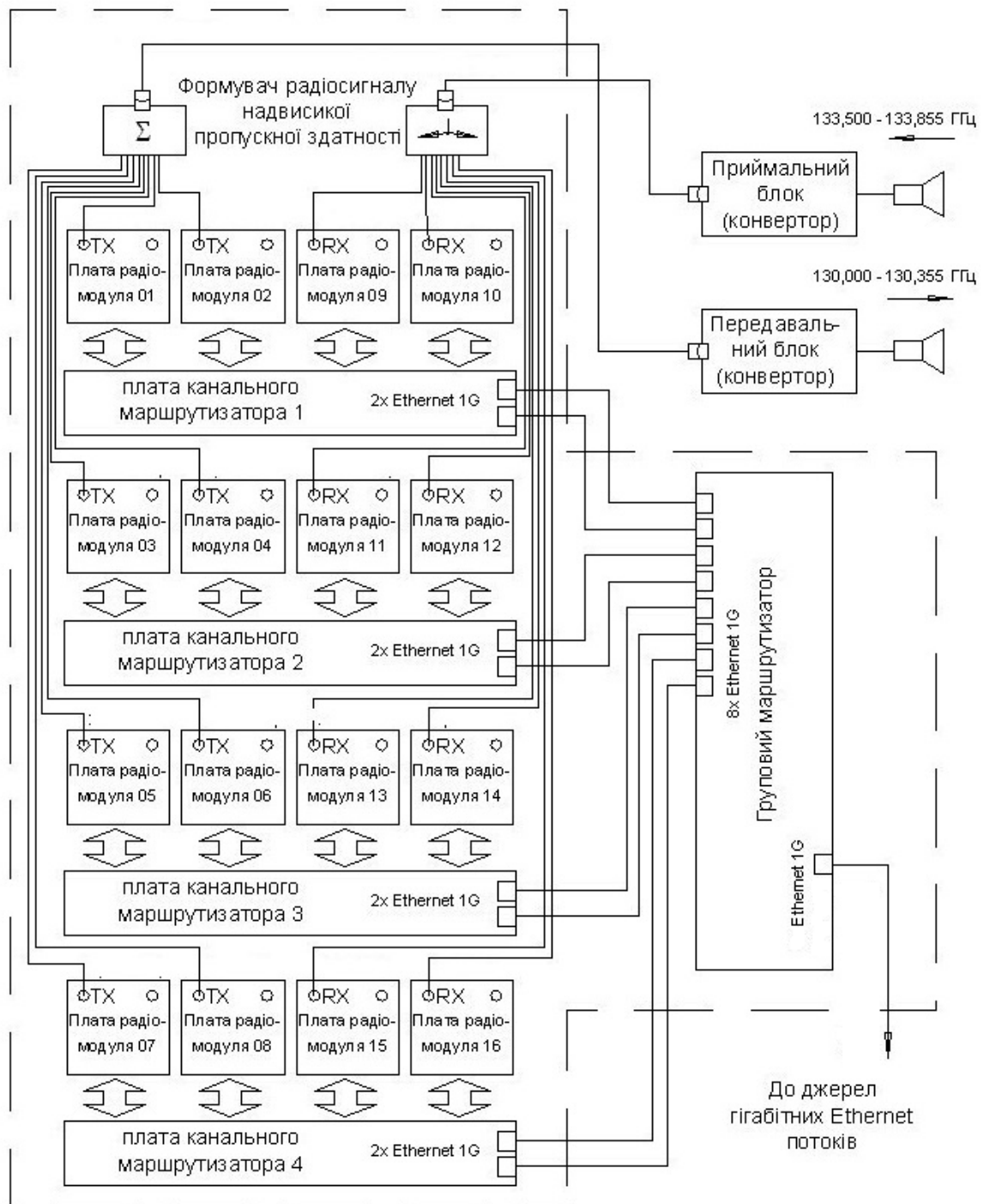


Рис. 1 Принципова схема формувача радіосигналу надвисокої (2,4 Гбіт/с) пропускної здатності

Принцип роботи й основні параметри формувача групового сигналу надвисокої (2.4 Гбіт/с) пропускної здатності наступний. Плати радіомодулів 01-08 і суматор формують груповий сигнал прямого каналу, який буде складатися з восьми спектрів, смугою 40 МГц, і відстанню між центральними частотами 45МГц. Груповий сигнал діапазону 2,172-2,527 ГГц подається на передавальний блок (конвертор), який переносить його в діапазон 130,000 - 130,355 ГГц. Пропускна здатність прямого каналу $8 \times 150 \text{ Мбіт/с} = 1,2 \text{ Гбіт/с}$. Сигнали зворотного каналу діапазону 133,500-133,855 ГГц приймаються і переносяться прийомним конвертором в діапазон 2.172-2,527 ГГц. Пропускна

здатність зворотного каналу $8 \times 150 \text{ Мбіт/с} = 1,2 \text{ Гбіт/с}$.

Проектування модему. Проектування модему базується на використанні технічного рішення щодо створення приймально-передавального формувача інформаційного потоку на загальну каналну швидкість $1,2 \text{ Гбіт/с}$. Така швидкість досягається при використанні 8 приймачів Wi-Fi стандарту 802.11 n в діапазоні 2,1-2,7 ГГц в смузі по 40 МГц кожен, що мають каналну швидкість до 150 Мбіт/с (рисунок 2).

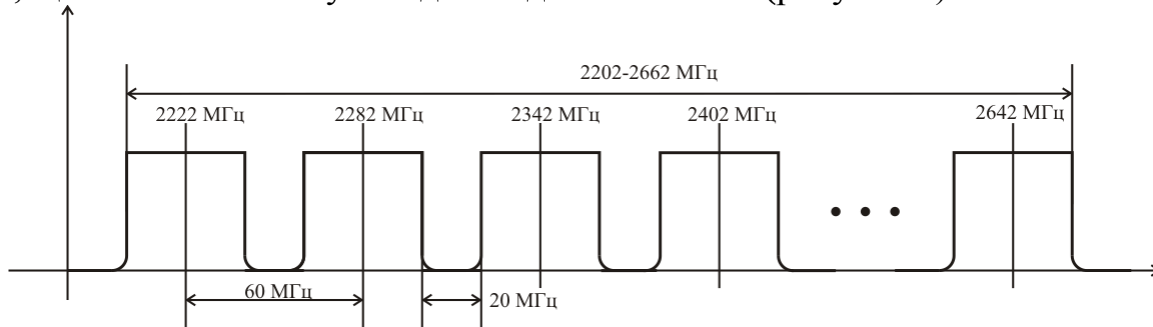


Рис. 2 Частотний план модему

Для організації дуплексних каналів та підвищення ефективності кожного каналу застосовується режим dual nstreme на обладнанні Mikrotik, що використовує для створення одного дуплексного радіоканалу два приймачі R52n-M, один на прийом, інший на передачу. Для досягнення сумарної каналної швидкості $1,2 \text{ Гбіт/с}$ пропонується чотири дуплексних канали по 150 Мбіт/с у кожному напрямку.

Для формування dual nstreme каналів використовуються маршрутизатори Mikrotik RB800, що мають по чотири mini-PCI слоти з встановленими прийомопередавачами Mikrotik R52n-M, і утворюючи два дуплексних канали. Доступ до кожного радіоканалу забезпечується окремим інтерфейсом Ethernet маршрутизатора RB800.

Для об'єднання всіх каналів використовується маршрутизатор Mikrotik RB1100Hx2, агрегуючий канали в режимі bonding і надаючи єдиний інтерфейс для зовнішнього підключення. Дана конфігурація забезпечує продуктивність і заявлені характеристики, маючи при цьому відносно низьку вартість побудови модему. Також забезпечується простір для нарощування каналної швидкості модему аж до $1,2 \text{ Гбіт/с}$ у кожному напрямку, у разі подвоєння кількості комплектів маршрутизаторів RB800 і приймачів Mikrotik R52n-M.

Для зв'язку передавального та приймального трактів з формувачами групових сигналів було розроблено дільник та суматор сигналів, які конструктивно входять до складу формувачів групових сигналів.

Лабораторні дослідження гігабітного модему. Для проведення випробувань гігабітного модему, тестування і оптимізації налаштувань двох лабораторних зразків модему на максимальну пропускну здатність, а також для проведення оптимізації швидкісних параметрів в роботі розроблено випробувальний стенд. Модем з каналною швидкістю $1,2 \text{ Гбіт/с}$ був налаштований в дуплексному режимі за спрощеною схемою, тобто не в

повній, а в половинній конфігурації. Для об'єднання всіх каналів використовується агрегація каналів в режимі bonding. Цей метод надає єдиний інтерфейс для зовнішнього підключення і забезпечує продуктивність і можливість нарощування каналної швидкості модему аж до 1,2 Гбіт/с у кожному напрямку у разі подвоєння їх кількості, тобто при реалізації повної конфігурації.

До складу станду (рисунк 3) входять два модеми, що утворюють між собою двосторонню радіолінію. Виходи каналних передавачів маршрутизаторів кожного модему надходять на свій суматор і далі на дільник протилежного модему.

Випробовуваний модем №2 підключається крученою (витою) парою до робочої станції оператора, який проводить випробування і контролює параметри за допомогою програмного забезпечення WinBox. Відповідний модем №1 укомплектований більш дешевим агрегуючим маршрутизатором RB750 або RB450G, якого достатньо для тестування до 4 радіоканалів. Тести пропускної здатності проводяться в програмі WinBox «Bandwidth Test», підключившись до маршрутизатора RB1100Hx2 модему №2, при цьому тестування здійснюється через інтерфейс агрегації радіоканалів до агрегуючого маршрутизатора модему №1.

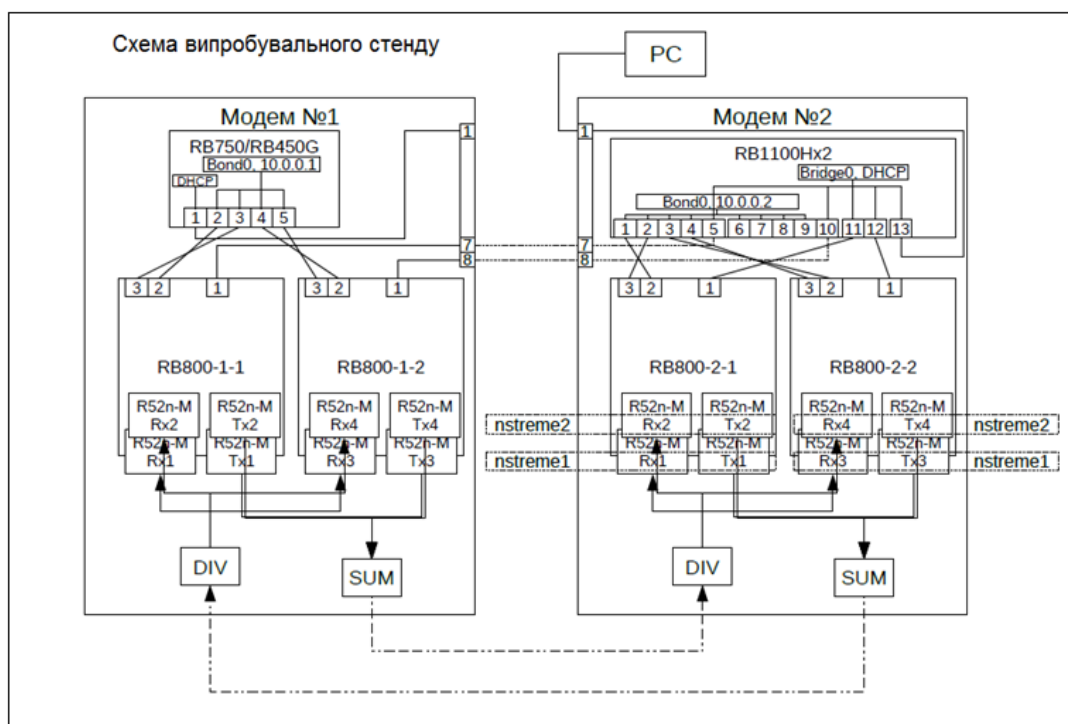


Рисунок 3- Структурна схема випробувального станду

Конфігурація агрегуючих маршрутизаторів задається одноразово при первинному налаштуванні. Конфігурація каналоутворюючих маршрутизаторів RB800 для цілей тестування задається динамічно за допомогою розробленої програми (див. додаток), яка на базі параметризованого шаблону конфігурації створює необхідні файли налаштування, а потім одночасно застосовує ці

налаштування на всіх маршрутизаторах комплекту, використовуючи інтерфейси управління. Динамічне створення та автоматичне застосування параметрів дозволило швидко провести тестування і підібрати параметри, що максимізують фактичну швидкість модему.

Досліджувалися фактичні швидкості каналів у повно- і напівдуплексних передачах і ефективність агрегації каналів, використовуючи різні агрегуючі маршрутизатори в модемі зворотної частини радіосистеми.

Вимірювання проводилися на основному агрегуючому маршрутизаторі RB1100Hx2, використовувався вбудований тест "Bandwidth Test" операційної системи Mikrotik RouterOS в режимі UDP з пакетами 1500 байт. Результати лабораторних випробувань гігабітних модемів (рисунок 4) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати лабораторних випробувань гігабітних модемів

Відповідний маршрутизатор	Кількість каналів dual nstreme	Режим дуплекса	Канальна швидкість в одному напрямі (Мбіт/с)	Загальна канальна швидкість в двох напрямках (Мбіт/с)	Практична швидкість прийому/передачі (Мбіт/с)	Загальна практична швидкість (Мбіт/с)
rb450g	1	RX	150		116	
rb450g	1	TX	150		116	
rb450g	1	FD	150	300	85	170
rb450g	2	FD	300	600	155	310
rb750	2	FD	300	600	155	310
rb750	2	HD	300		195	
rb450g	2	RX	300		215	
rb450g	2	TX	300		225	
rb450g	4	FD	600	1200	335	670
rb750	4	FD	600	1200	335	670
rb450g	4	HD	600		<415> нема скриншота	
rb750	4	HD	600		370	

В режимі дуплексу швидкість падає, але все одно залишається вище 75 Мбіт/с у двох напрямках одночасно, практичного ліміту стандартного Wi-Fi в напівдуплексі.

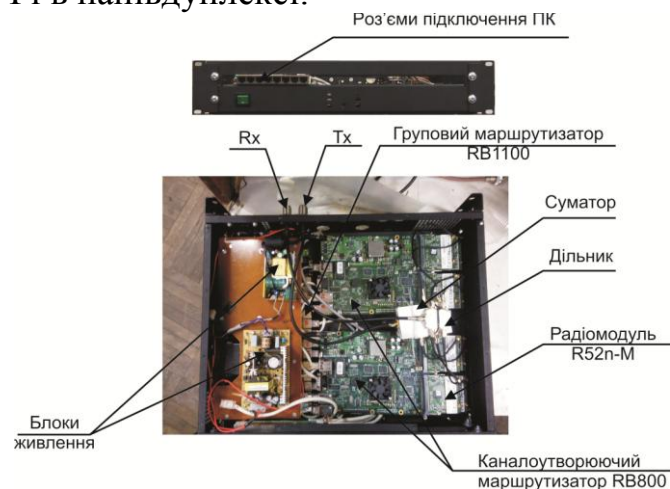


Рис. 4 Фото лабораторного зразка гігабітного модема

Проведені випробування показали можливість побудови модемів для високошвидкісних систем релейного зв'язку на базі стандартів 802.11 n і масштабованість до канальних швидкостей 1,2 Гбіт/с в дуплексі і вище шляхом об'єднання окремих каналів.

Висновки. Використання дуплексного протоколу Mikrotik dual nstreme дозволило подолати обмеження стандартів Wi-Fi і отримати практичну

швидкість напівдуплексної і навіть дуплексної передачі вище половини каналної у всіх режимах. При цьому, ширина займаної смуги навіть з урахуванням

захисних інтервалів є прийнятною для побудови телекомунікаційних систем терагерцового діапазону.

Розроблене для цілей тестування програмне забезпечення дозволило прискорити тестування, провести оптимізацію параметрів модему і досягти максимальних практичних швидкостей у всіх режимах. Практичні випробування підтвердили можливість використання маршрутизаторів RB450g для агрегації невеликого числа каналів (до 4-х) і показали недостатню ефективність використання маршрутизатор Mikrotik RB750 навіть для цілей випробувань.

Аналіз показав, що для ефективної роботи протоколу dual nstreme потрібна висока продуктивність процесора, тому для підвищення швидкісних показників має сенс переглянути встановлену конфігурацію устаткування. Каналоутворюючі маршрутизатори RB800 змушені забезпечувати два канали, використовуючи одноядерний процесор і спільну шину PCI, що негативно позначається на продуктивності.

Лінійка обладнання Mikrotik має в два рази дешевші конфігурації, забезпечує по одному каналу на маршрутизатор, що зменшило б навантаження на шину і процесор. Використання більш дешевих агрегуючих маршрутизаторів також дозволило б здешевити конструкцію не знижуючи продуктивність для конфігурацій з невеликою кількістю радіоканалів, що агрегуються.

Щодо режиму агрегації bonding помітне зростання накладних витрат із збільшенням кількості каналів, що обмежує використання даного режиму в конфігураціях з великим числом каналів. Більш ефективним було б використання для балансування трафіку протоколів маршрутизації, що збільшило б стійкість зв'язку у ситуаціях погіршення зв'язку по окремих каналах.

Література

1. *Ільченко М.Ю., Наритник Т.Н., Войтенко А.Г., Казимиренко В.Я., Волков В.В.* Приймально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку з підвищеною спектральною ефективністю і пропускну здатністю //Матеріали Сьомої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій» (ПТ-13) К.: НТУУ «КПІ», 2013, с.16.
2. *Наритник Т.Н.* Исследования формирователя цифрового потока для телекоммуникационных систем терагерцового диапазона. Сборник научных трудов первой Международной научно-практической конференции «Проблемы инфокоммуникаций. Наука и технологии».-Харьков, 9 -11 октября 2013.-с.23-26.
3. *Наритник Т.Н., Ильченко М.Е., Войтенко А.Г., Дидковский А.В., Алиев М.Я., Волков В.В.* Исследования формирователя информационного потока для канала связи с повышенной пропускной способностью //Матеріали Восьмої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій».-К.:НТУУ «КПІ», 2014,с. 310-312.
4. Приймально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку із підвищеною спектральною ефективністю та пропускну здатністю. Патент України на корисну модель №849923, Бюл.№.21 з пріоритетом від 11.11.2013р.
5. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система МІТРІС-ІНТ. Деклараційний патент України №51495А, Бюл. №17 з пріоритетом від 12.04.2002 р.

ЕВРИСТИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ АНТЕН У СИСТЕМІ ДВОВИМІРНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ

Савочкін Д.О.

Севастопольський національний технічний університет

E-mail: dmytro.savochkin@gmail.com

Heuristic optimization of antenna deployment for two-dimensional spatial localization system

The simulated annealing algorithm is adapted to the problem of search for the optimal antenna deployment of a two-dimensional localization system based on the combinational method. During the computational experiment, the best antenna deployments were found for two square localization fields (with and without rectangle obstruction in the center).

Для пошуку об'єктів усередині закритих приміщень застосовуються системи двовимірної просторової локалізації, що базуються на різних технологіях. Відомі системи локалізації на основі бездротових локальних мереж [1], сенсорних мереж [2], технології радіочастотної ідентифікації [3] та інші. Застосування таких систем зазвичай передбачає, що на об'єктах локалізації встановлені спеціальні радіомітки. Місцеположення радіоміток визначається шляхом аналізу рівнів потужності сигналів відповіді, що приймаються від міток за допомогою декількох антен системи.

Обробка рівнів потужності виконується шляхом реалізації алгоритму локалізації. У цій роботі розглядається варіант використання комбінованого алгоритму, синтезованого на базі комбінованого методу [4]. Такий алгоритм передбачає усереднення оцінок місцеположення, що формуються трьома базовими алгоритмами: трилатерації, k найближчих сусідів та перетинів [4].

Для підвищення точності локалізації об'єктів необхідне оптимальне розміщення антен системи в просторі (зазвичай на стелі, якщо передбачається варіант локалізації у закритому приміщенні). Ставиться задача знаходження таких координат місцеположення і кутів повороту N антен (розглядаються спрямовані антени), при яких забезпечується мінімальна середня помилка локалізації. При цьому кожна з N антен характеризується розміром та формою її зони дії в площині області локалізації (під зоною дії розуміється така зона, при розміщенні в якій радіоміток їх сигнали успішно приймаються антеною).

Раніше був запропонований критерій оптимальності для комбінованого алгоритму, який заснований на мінімізації усередненого коефіцієнту horizontal dilution of precision, максимізації коефіцієнта покриття області локалізації зонами дії антен та мінімізації середньої помилки алгоритму перетинів [5]. Однак, аналітичне знаходження максимуму запропонованої в [5] цільової функції (ЦФ) неможливо внаслідок її істотної нелінійності, а варіант повного перебору неприйнятний через його вкрай високу обчислювальну складність. У зв'язку з цим далі проводиться евристична оптимізація розміщення антен.

Для евристичної оптимізації був обраний алгоритм імітації відпалу [6]. Основною операцією алгоритму імітації відпалу є процедура зміни рішення задачі оптимізації, що розглядається на деякій ітерації циклу. У даній реалізації алгоритму вона була задана наступним чином. Для кожної з антен системи виконуються по чергово наступні дії:

1) З імовірністю 0,5 робиться 10 спроб змінити позицію антени по кожній з координат (x і y) на випадкову величину, що розподілена нормально з нульовим математичним очікуванням і середньоквадратичним відхиленням 4 см. Спроба вважається успішною, якщо в результатуючому розміщенні всі антени знаходяться на відстані як мінімум 50 см одна від одної. Якщо хоча б одна спроба успішна, то подальші спроби не проводяться.

2) З імовірністю 0,5 змінюється значення азимутального кута повороту антени на випадкову величину, що розподілена нормально з нульовим математичним очікуванням і середньоквадратичним відхиленням 9° .

Для вирішення проблеми виходу з локальних екстремумів застосовувалася процедура повернення рішення назад у разі відсутності поліпшення у значенні ЦФ протягом 10 ітерацій. В якості стартового рішення циклу оптимізації встановлювалось розміщення антен у вигляді квадратної еквідистантної сітки.

На базі адаптованого алгоритму імітації відпалу та запропонованого в [5] критерію оптимальності був проведений обчислювальний експеримент, який мав на меті пошук оптимального розміщення 16 антен системи в квадратній області локалізації розміром 5 м $\times$ 5 м. Було розглянуто два варіанти: 1) область локалізації без будь-яких перешкод; 2) область локалізації, в центрі якої розміщена ідеально екрануюча перегородка шириною 0,3 м і довжиною 4 м (для простоти передбачається, що сигнали антен не проходять скрізь перегородку і не відбиваються від неї). Зони дії антен задані у вигляді еліпсів з розмірами півосей 1,25 м і 0,8 м, а зони невпевненого прийому — у вигляді еліпсів з розмірами півосей 1,5 м і 0,95 м (під зонами невпевненого прийому мають на увазі такі зони, в межах яких радіомітки відповідають антенам з імовірністю більшою нуля, але меншою одиниці [7]).

Обчислення проводилися на комп'ютері з двоядерним процесором Intel Core i5 з частотою 1,8 ГГц та об'ємом оперативної пам'яті 4 ГБ. Критерієм зупинки алгоритму служило проходження 8 годин (для області локалізації без перегородки) та 40 годин (для області локалізації з перегородкою). Для другого варіанту використовувався більший час роботи у зв'язку з тим, що врахування перегородки збільшувало тривалість однієї ітерації приблизно в 5 разів.

На рис. 1 представлений графік процесу роботи алгоритму (залежність значення ЦФ від часу роботи). На осі абсцис в дужках вказані значення часу роботи для варіанту області локалізації з перегородкою. На рис. 2 показані найкращі варіанти розміщення антен, які отримані в ході оптимізації (антени позначено синіми точками). Одержано значення ЦФ 0,528 і 0,519 (для області без перегородки і з нею, відповідно). Видно, що результуючі розміщення антен близькі до стартових розміщень у вигляді квадратної сітки. Такий результат свідчить про ефективність патерну квадратної сітки при необхідності мінімізації середньої помилки комбінованого методу просторової локалізації.

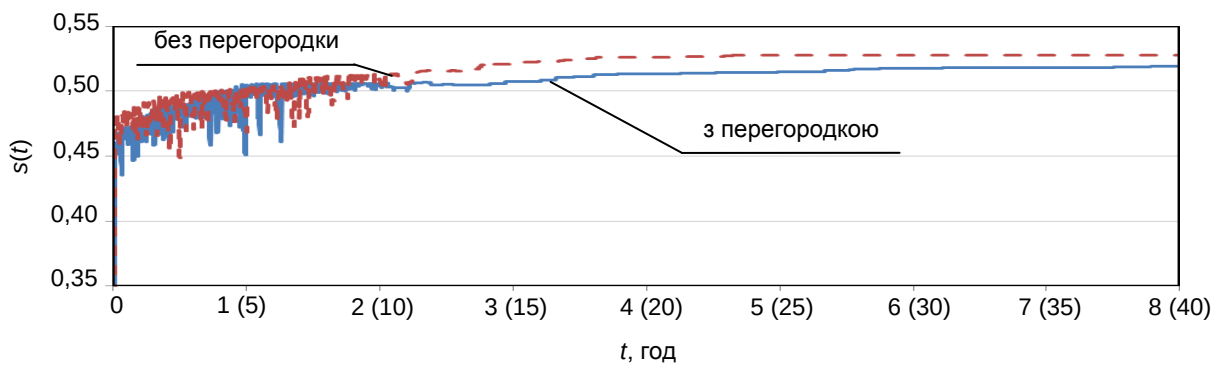


Рис. 1. Залежність значення $s(t)$ цільової функції від часу t роботи алгоритму

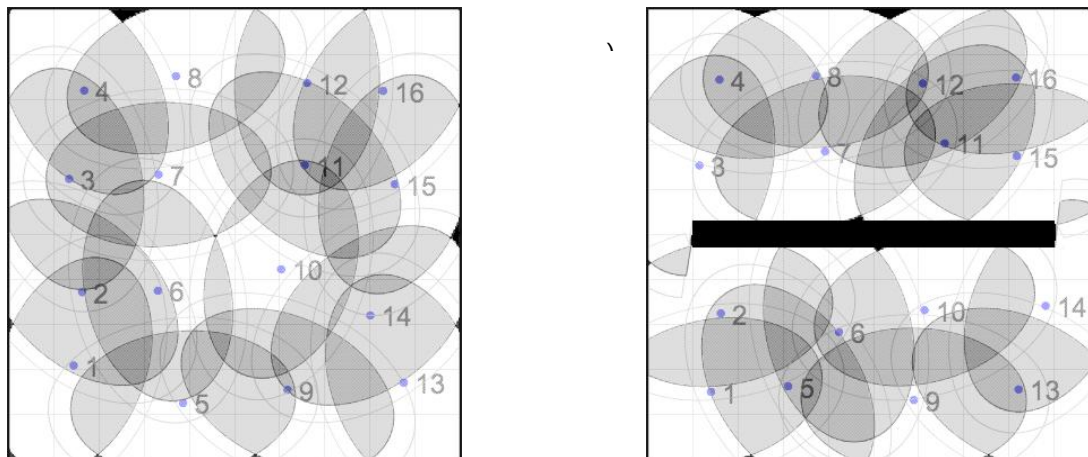


Рис. 2. Найкращі розміщення антен, що отримані в ході оптимізації для областей локалізації без перегородки (а) та з перегородкою (б)

Таким чином, у роботі адаптовано алгоритм імітації відпалу до задачі пошуку оптимальних розміщень антен системи двовимірної просторової локалізації на базі комбінованого методу локалізації. Проведена оптимізація розміщення антен для квадратної області локалізації з перегородкою та без.

Література

1. Gu Y. A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks / Y. Gu, A. Lo, I. Niemegeers // IEEE Commun. Surveys & Tutorials. — 2009. — Vol. 11, No 1. — P. 13–32.
2. Koyuncu H. A 2D positioning system using WSNs in indoor environment / H. Koyuncu, S.H. Yang // Int. J. of Electrical & Computer Sciences. — 2011. — Vol. 11, No 3. — P. 70–77.
3. Zhou J. RFID localization algorithms and applications—a review / J. Zhou, J. Shi // J. of Intelligent Manufacturing — 2009. — Vol. 20, No 6. — P. 695–707.
4. Savochkin D.A. Combinational RFID-based localization using different algorithms and measurements / D.A. Savochkin // Microwaves, Radar and Wireless Communications : 20-th Int. conf., June 16–18, 2014 : proc. of conf. — Gdansk, 2014. — Vol. 2. — P. 563–566.
5. Гімпілевич Ю.Б. Розробка критерію оптимальності розміщення антен при реалізації комбінованого методу просторової двовимірної RFID-локалізації / Ю.Б. Гімпілевич, Д.О. Савочкін // Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи : Міжнар. наук.-техн. конф., 16–22 берез. 2015 р. : матеріали конф. — Київ, 2015. — С. 169–171.
6. Boussaïd I. A survey on optimization metaheuristics / I. Boussaïd, J. Lepagnot, P. Siarry // Information Sciences. — 2013. — Vol. 237. — P. 82–117.
7. Savochkin D.A. Antenna deployment for intersectional RFID localization / D.A. Savochkin // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій «РТ-2014» : 10-а Міжнар. молодіж. наук.-техн. конф., 12–17 трав. 2014 р. : матеріали конф. — Севастополь, 2014. — С. 70.

МОДЕЛЮВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВИДУ RECEIVED SIGNAL STRENGTH ПАСИВНИХ RFID-МІТОК

Савочкін Д.О.

Севастопольський національний технічний університет

E-mail: dmytro.savochkin@gmail.com

Modeling received signal strength measurement data for passive RFID tags

An approach for modeling measurement data of received signal strength (RSS) type for passive RFID tags is presented. The approach takes into account radiation patterns of reader and tags' antennas and the polarization mismatch.

У теперішній час актуальною є задача просторової локалізації об'єктів усередині закритих приміщень. Одним з рішень такої задачі може бути застосування систем на базі технології радіочастотної ідентифікації (radio frequency identification, RFID) [1-2]. При використанні RFID-систем на об'єктах локалізації встановлюють спеціальні RFID-мітки. У ході локалізації декількома антенами зчитувача системи збирається вимірювальна інформація (BI) від міток, після чого за допомогою алгоритму локалізації для кожної мітки формується оцінка її положення. При цьому в якості BI часто використовують рівні потужності сигналів відповіді міток (received signal strength, RSS).

Аналіз ефективності алгоритмів локалізації виконують шляхом порівняння середньої помилки локалізації, що забезпечується кожним з алгоритмів. При цьому для обчислення середньої помилки необхідно мати достатньо великий обсяг BI, який може бути отриманий від реальних міток на базі сконструйованої RFID-системи. Однак очевидно, що етап збору BI може бути досить трудомістким. У зв'язку з цим в даній роботі пропонується методика моделювання BI виду RSS, що дозволяє виключити етап фізичного збору BI.

Залежність потужності $P_{in}(d)$ сигналу відповіді RFID-мітки (величина RSS), що одержується антеною зчитувача, від відстані d між міткою та антеною може бути описана за допомогою відомого виразу [3]:

$$P_{in}(d) = \frac{P_{out} G^2 \lambda^2 \xi}{(4\pi)^3 d^4}, \quad (1)$$

де P_{out} — потужність запитального сигналу; G — коефіцієнт посилення антени зчитувача; λ — довжина хвилі; ξ — ефективна площа розсіювання RFID-мітки.

Однак вираз (1) не враховує спрямованість антен зчитувача і RFID-мітки. У зв'язку з цим в чисельник виразу необхідно ввести додаткові множники — нормовані діаграми спрямованості (ДС) антени зчитувача і антени мітки (в другому степені, оскільки враховується як прийом, так і передача):

$$P_{in}(d) = \frac{P_{out} G^2 F_r^2(\theta_r, \varphi_r) F_t^2(\theta_t, \varphi_t) \lambda^2 \xi}{(4\pi)^3 d^4}, \quad (2)$$

де $F_r(\theta_r, \varphi_r)$ — нормована ДС антени зчитувача; θ_r — азимутальний кут антени зчитувача; φ_r — кут між вертикальною (z координата) віссю антени зчитувача і віссю, спрямованою з центру антени на мітку; $F_t(\theta_t, \varphi_t)$ — нормована ДС антени RFID-мітки; θ_t — кут між поздовжньою (x координата) віссю мітки і віссю, спрямованою з центру мітки на антену зчитувача; φ_t — кут між поперечною (y координата) віссю мітки і віссю, направленою з центру мітки на центр проекції антени зчитувача на площину xy .

Крім діаграм спрямованості необхідно враховувати орієнтацію площин поляризації антен зчитувача і міток. У RFID-системах часто використовують антени з лінійною поляризацією через їх меншу вартість. При цьому зазвичай на етапі проектування домовляються про те, що RFID-мітки можуть бути розташовані на об'єктах локалізації тільки певним способом (наприклад, паралельно осям x або y). Тоді, якщо розміщувати антени зчитувача так, щоб площина поляризації становила кут $\psi = 45^\circ$ з віссю x і з віссю y , буде спостерігатиметься постійний коефіцієнт неузгодженості по поляризації незалежно від того, де і як (паралельно осі x чи y) розташована конкретна мітка. Будемо дотримуватися подібного допущення. Введемо коефіцієнт μ неузгодженості по поляризації в вираз (2) (в четвертому степені, оскільки обчислюється потужність, а також через врахування передачі й прийому):

$$P_{in}(d) = \frac{P_{out} G^2 F_r^2(\theta_r, \varphi_r) F_t^2(\theta_t, \varphi_t) \mu^4 \lambda^2 \xi}{(4\pi)^3 d^4}, \quad (3)$$

де $\mu = \cos(\psi)$ — коефіцієнт неузгодженості по поляризації.

Нормовану діаграму спрямованості $F_r(\theta_r, \varphi_r)$ антени зчитувача пропонується задавати за допомогою фігури еліпсоїда:

$$F_r(\theta_r, \varphi_r) = \frac{\sqrt{\frac{a^2 b^2 c^2}{b^2 c^2 \cos^2 \theta_r \sin^2 \varphi_r + a^2 c^2 \sin^2 \theta_r \sin^2 \varphi_r + a^2 b^2 \cos^2 \varphi_r}}}{\max(a, b, c)}, \quad (4)$$

де a, b, c — довжини півосей еліпсоїда.

На практиці проводити обчислення величин RSS зручніше при завданні позицій антен в декартовій системі координат. У зв'язку з цим, запишемо вирази для кутів θ_r і φ_r як функцій від декартових координат точок розташування антени зчитувача і антени мітки (у припущенні, що площина поляризації антени зчитувача збігається з площиною xy):

$$\theta_r(r, t) = \arcsin\left\{(r_y - t_y) / \left[\sqrt{(r_y - t_y)^2 + (r_x - t_x)^2}\right]\right\}; \quad (5)$$

$$\varphi_r(r, t) = \arctg\left\{\left[\sqrt{(r_y - t_y)^2 + (r_x - t_x)^2}\right] / (r_z - t_z)\right\}, \quad (6)$$

де $r = (r_x, r_y, r_z)$ — координати точки розміщення антени зчитувача; $t = (t_x, t_y, t_z)$ — координати точки розміщення антени RFID-мітки.

Підставивши вирази (5)-(6) в (4), можна отримати вираз нормованої ДС антени зчитувача у вигляді функції двох змінних: декартових координат точки r місця розташування антени зчитувача і точки t місця розташування мітки.

Антени RFID-міток моделюються на основі симетричного вібратора, оскільки геометрія антен багатьох представлених на ринку пасивних міток (наприклад [4]) являє собою полувхвовий симетричний вібратор у вигляді плоскої структури. Відомо, що діаграма спрямованості півхвильового симетричного вібратора в площинах E і H описується наступними виразами [5]:

$$F_t(\theta_t) = \left| \frac{\cos(0,5\pi \cos\theta_t)}{\sin\theta_t} \right|; \quad (7)$$

$$F_t(\varphi_t) = 1. \quad (8)$$

Запишемо кут θ_t як функцію від координат антени зчитувача і антени мітки в декартовій системі з центром у точці розміщення антени мітки (у припущенні, що вібратор мітки розташований паралельно осі x):

$$\theta_t(r, t) = \text{angle}\left(r_x - t_x, \sqrt{(r_y - t_y)^2 + (r_z - t_z)^2}\right), \quad (9)$$

де $\text{angle}(l_1, l_2)$ — операція знаходження кута між віссю x і відрізком, що з'єднує точки $(0, 0)$ та (l_1, l_2) , у діапазоні $[0, 2\pi)$.

Підставляючи (9) в (7) і беручи до уваги (8), можна отримати вираз нормованої ДС антени RFID-мітки у вигляді функції змінних r і t .

Перепишемо функцію $P_{in}(d)$ як функцію від змінних r і t :

$$P_{in}(r, t) = \frac{P_{out} G^2 F_r^2(\theta_r, \varphi_r) F_t^2(\theta_t, \varphi_t) \mu^4 \lambda^2 \xi}{(4\pi)^3 [(r_z - t_z)^2 + (r_x - t_x)^2 + (r_y - t_y)^2]^2}. \quad (10)$$

Таким чином, функція $P_{in}(r, t)$ дозволяє обчислити потужність сигналу відповіді RFID-мітки, яка розміщена в точці t , прийнятого антеною зчитувача, що розміщена в точці r . При необхідності в функцію $P_{in}(r, t)$ можна ввести помилкову компоненту, що дозволить моделювати помилки вимірювання або вплив будь-яких фізичних об'єктів, розташованих поблизу з міткою.

Література

1. Zhou J. RFID localization algorithms and applications—a review / J. Zhou, J. Shi // Journal of intelligent manufacturing. – 2009. – Vol.20, No 6. – P. 695-707.
2. Sanpechuda T. A review of RFID localization: Applications and techniques / T. Sanpechuda, L. Kovavisaruch // 5th International conference on electrical engineering/electronics, computer, telecommunications and information technology, 2008. Vol. 2. P. 769-772.
3. Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П. Гришин [и др.]; под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.
4. ALN-9654 G Inlay / Alien Technology. – <http://www.alientechnology.com/wp-content/uploads/Alien-Technology-Higgs-3-ALN-9654-G.pdf>. – 31.12.2014.
5. Бова Н.Т. Антенны и устройства СВЧ / Н.Т. Бова, Г.Б. Резников. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 278 с.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ НАЗЕМНОГО СЕГМЕНТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НИЗЬКООРБІТАЛЬНИМИ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ

Бендасюк Н.М.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: bendasiuk@gmail.com

Features construction management ground segment LEO spacecraft

This paper the Electrical Ground-Support Equipment (EGSE) Router infrastructure and the EGSE Router Application Protocol used for interactions between the ground segment components such as the Mission Control System, the Telecommand/ Telemetry Front End, ground stations, test equipment, etc. The EGSE Router routes the messages between the components using the EGSE Router Application Protocol on top TCP/IP connections.

У низькоорбітальних космічних апаратів (КА) час сеансу триває до 10 хв., з періодичністю 3-5 разів за день. Збільшення об'ємів інформації призводять до великих затрат часу, інколи для отримання необхідної інформації можна витратити до декількох днів. Тому на сьогоднішній день збільшення пропускної здатності і тривалості проведення сеансу є актуальним питанням. Одним із рішень цього є об'єднання в одну загальну мережу наземних станцій. Розглянувши особливості побудови наземного сегмента можна виділити 4 основні частини. На Рис. 1 представлена його структурна схема. В склад наземного сегмента входять 4 основні компоненти:

- система управління польотами КА,
- програмне забезпечення для передачі команд/запиту телеметрії (ПК/ЗТ),
- наземні станції,
- компоненти які забезпечують архівування і обробку даних корисного навантаження.

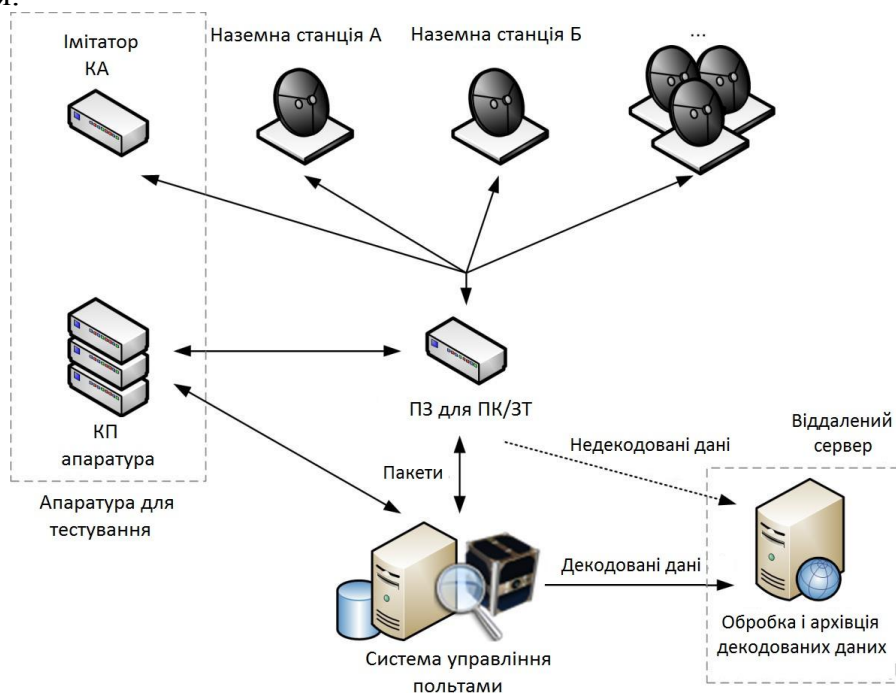


Рис. 1 Структурна схема наземного сегмента

Всі компоненти наземного сегмента підключаються через маршрутизатор інфраструктури, який дає змогу взаємодіяти із вказаним загальним протоколом зв'язку. На Рис. 2 показано, що всі ці компоненти, фізично, підключені до маршрутизатора, який займається перенаправленням даних. Це спрощує як розробку, так і розміщення компонентів, оскільки передача даних відбувається через єдиний інтерфейс і потрібно знати мережеве розташування лише маршрутизатора. Тому компоненти, розташовані за брандмауерами, що перешкоджають вхідні з'єднання, не мають жодних перешкод для зв'язку з іншими компонентами.

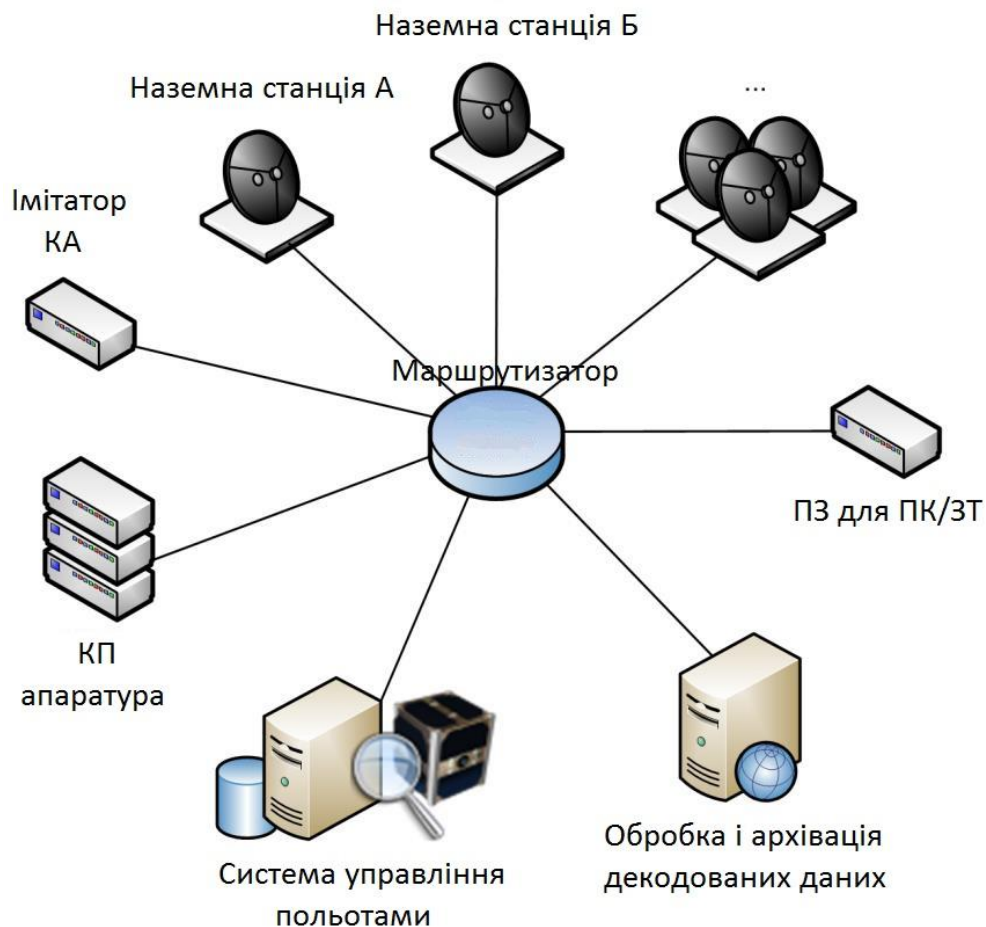


Рис. 2 Схема підключення наземного сегмента до маршрутизатора

Система управління польотом (СУП) КА

СУП – найважливіша частина наземного сегмента, працює на основі пакетної передачі даних. Вона: виконує необхідну обробку даних для моніторингу стану КА і наземного сегмента; генерує команди та відстежує хід виконання; обробляє пакети даних корисного навантаження і т.д. Крім того вона зберігає всі оброблені дані для подальшої обробки та архівування.

Програмне забезпечення (ПЗ) для передачі команд/запиту телеметрії

Призначення програми полягає у забезпеченні зв'язку між СУП і наземними станціями. У цьому ПЗ ґрунтується обробка всіх особливостей протоколу даних на основі кадрів. Обробка включає в себе формування

пакетів і шифрування, детектування прийнятих команд керування, а також повторну передачу команд і т.д. Це ПЗ може також включати в себе архівування даних телеметрії і відтворення їх.

Наземні станції (НС)

Наземні станції працюють на основі передачі кадру та взаємодіють безпосередньо з космічним сегментом, використовуючи радіочастоти фізичних ліній. Ці НС можуть знаходитись в будь-якому місці на земній кулі. Наземна станція складається з двох частин. Перша – апаратні засоби (антени, приймачі, передавальне обладнання тощо) та їх програмне забезпечення для управління. Воно може бути специфічними для кожної НС. Друга – засоби взаємодії програмного забезпечення, при якому НС взаємодіє з елементами наземного сегмента. Ця частина дуже важлива, оскільки вона дозволяє НС використати стандартний інтерфейс. Це дозволяє легко додавати нові НС до наземного сегменту.

Інше обладнання

Багато інших компонентів являються частиною наземного сегменту і з'єднані маршрутизатором. Це можуть бути, як моделюючі установки (наприклад, імітатор КА), так і контрольно-перевірочна (КП) апаратура, що використовується під час тестування. А також сюди може бути включена точка зв'язку з іншими мережами або наземними сегментами.

Об'єднання декількох наземних станцій в одну загальну мережу дасть змогу збільшити тривалість проведення сеансу та кількість прийнятої інформації за один сеанс. А також це відкриває нам нові можливості. Оператор може працювати із необхідним КА не тільки в момент прольоту над нашою наземною станцією, а і у будь який момент коли КА в зоні видимості мережі наземних станцій.

Література

1. Персональная спутниковая связь. Под. ред. Смирнова А. А. Технологии электронных коммуникаций, «ЭКО-ТРЕНДЗ Ко», М., т.64, 1996.
2. Тамаркин В. М., Невдяев Л. М., Сергеев С. И. Низкоорбитальные сети спутниковой связи, ЦНТИ «Информсвязь», М., 1994.
3. R. A. Nelson. Satellite Constellation Geometry. Via Satellite, 1995.
4. Small Space. A Bulletin for the International Small Satellite. Washington, winter 1995.
5. J. Gobson. Mobile Communications Handbook, CRC Press Inc., США, 1996.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОБИЛЬНОЙ СТАНЦИИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Коломицев М.А., Липатов А.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: max_abab@ukr.net; anlip27@ukr.net

Technical descriptions of the mobile station of satellite communication

Technical characteristics and parameters of modern mobile satellite stations are described.

Общая характеристика мобильных станций спутниковой связи. Эти станции применяются для быстрой организации связи с объектами, находящимися в удаленных регионах, при стихийных бедствиях, природных катастрофах и военных конфликтах. Готовность станций к ним должна быть постоянной. Важность и сложность решения указанных задач потребовали при создании этих станций системного применения самых передовых научных достижений в области информатики и промышленных технологий. Необходима и заблаговременная подготовка специалистов по их применению (эксплуатации).

Требования к военным станциям спутниковой связи ТЗУ. В соответствии с [1, 2] станции, передачи информации и команд управления, должны иметь не хуже заданных:

- сигнальную и пространственную помехозащищённость;
- возможности работы через свой геостационарный и / или высокоэллиптический ИСЗ;
- габариты, массу, энерговооружённость и электропитание
- уровни интеллектуальности, управляемости; ремонтпригодности, стоимости.

Технические характеристики и параметры мобильной станции Р-439-МД1. Эти станции военной спутниковой системы связи России. работают через специализированные геостационарные ИСЗ, с обработкой сигналов на борту и с прямой их ретрансляцией в диапазонах частот 4/6 и 7/8 ГГц. Через гражданские ИСЗ осуществляется только прямая ретрансляция сигнала в полосах частот 4/6 ГГц.

Станция Р-439-МД1 предназначена для работы в системе связи Вооруженных Сил. Она обеспечивает:

- устойчивую связь в условиях преднамеренных радиопомех;
- организацию спутниковой связи в сетях радиально-узловой связи и в сетях Радио-АТС (с одноканальными и многоканальными цифровыми направлениями) по закрепленным и представляемым по требованию каналам связи;
- организацию спутниковой связи в движении;
- автоматическую топопривязку станции с использованием угломерного приемоиндикатора спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС.

Основные параметры станции:

Диапазон рабочих частот 4/6 ГГц и 7/8 ГГц;

Выходная мощность передатчиков, не менее 90 Вт;

Диаметр антенн ФАР 0,5 м;

Температура шума МШУ 100 К (4/6 ГГц), 180 К (7/8 ГГц);

Метод помехозащиты на линии ЗС-РТР ППРЧ;

Метод помехозащиты на линии РТР-ЗС ФМ ШПС с тактовой частотой 19,2 МГц;

Число цифровых телефонных каналов со скоростями 1,2; 2,4 и 4,8 кбит/с - до 4-х каналов;

Сопряжение станции с оконечной аппаратурой

По цифровым телефонным каналам по стыку С1 -ФЛ-БИ

В режиме удаленного абонента АТС по стыку АЛ

Система управления антенной станции выполняет:

- автоматизированное её наведение на ретранслятор в диапазоне $\pm 360^\circ$ по азимуту и $\pm (0-110)^\circ$ по углу места;

- автосопровождение по принимаемому сигналу;

- программное наведение антенн с автоматической компенсацией неточности ориентации автомобиля по азимуту и горизонтирования кузова (крен, тангаж) по данным, поступающим от навигационного прибора МРК-11;

Система энергоснабжения станции

Первичное питание, от сети постоянного тока с напряжением 27 В

- Потребляемая мощность 0,8 кВт

- Объект базирования -КШМ

Конструктивное исполнение станции - размещение аппаратуры в КШМ

При движении станции обеспечивается выдача на выносной пульт аппаратуры МРК-1 1, устанавливаемый в кабине водителя, следующих данных:

- географических координат местонахождения;

- курсового азимута;

- Полный срок службы станции 15 лет.

- Режим работы станции – непрерывный, круглосуточный Серийный выпуск и оснащение войск с 2007 г. ФГУП НПП «Радиосвязь», г. Красноярск.

Выводы.– Представленный материал характеризует возможности современных мобильных ЗС ТЗУ.

- Эффективность использования ЗС достигнуто согласованностью технических решений земных станций, ИСЗ, и военной системы спутниковой связи в целом.

- Глубокое понимание характеристик и параметров станций типа Р-439-МД1 может быть достигнуто на; основе знаний соответствующих учебных дисциплин кафедры, практических занятий на реальных образцах типа Р-439-МД1 или, по крайней мере, на её моделях.

Литература

1. Военные системы космической связи. Учебник / СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2003.
2. Тематический сборник «Связь в Вооруженных Силах РФ – 2006».

УДК 621.365

**ПЕРЕРОЗПОДІЛ МОБІЛЬНОГО ТРАФІКУ ЗА
ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ WI-FI OFFLOADING, ПЕРЕВАГИ НАД
АЛЬТЕРНАТИВНИМ МЕТОДОМ**

Глоба Л.С., Курдеча В.В., Дундяк Р.Р.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: dundiak@gmail.com

**Redistribution of mobile traffic using the method
Wi-Fi offloading, advantages over alternative method**

In the paper one of the main challenges in mobile networks today proposed a methods of solving with technology WI-FI and Femtocell.

З швидким ростом кількості смартфонів, ноутбуків, планшетів (обладнаних технологією 3G), що знаходять у користуванні виникає необхідність розвантаження сотових мереж. Перед операторами мобільних мереж постає проблема, яку слід негайно вирішувати, задля збереження та продовження нормальної працездатності. Згідно даних Pyramid Research кількість проданих смартфонів у 2010 році склала 232 млн, а за їх прогнозами вже в поточному році складе більш ніж 530 млн. одиниць. Деякі компанії (наприклад AT&T) пережила сплеск росту мобільного строфіку в мережі у розмірі 5000% порівняно з даними трьохрічної давнини. У зв'язку з таким геометричним ростом потреб у передачі даних користувачам мобільних мереж постає задача у наданні різноманітних сервісів з гарантованою якістю. . Велика частина 2G/3G-мереж мобільного доступу вже поглинається постійно ростучим трафіком даних, оператори вже зіштовхнулись з проблемою їх перевантаження. Особливо гостро дана проблема стосується населених пунктів із високою щільністю населення, оскільки пропорційно до населення і зростають потреби на інформаційні ресурси. Існує і хороша сторона медалі - лавиноподібний ріст 3G трафіку дає операторам мобільного зв'язку можливість в разі збільшувати прибуток при умові збереження необхідної для споживача якості послуг. В статті охарактеризовано два найбільш перспективних метод боротьби з перевантаженням мобільної мережі: Wi-Fi offload та застосування фемтосот.

Через деградацію якості послуг передачі даних через мережу 3G уже сьогодні більшість абонентів використовують Wi-Fi інтерфейс своїх мобільних пристроїв, оскільки це єдина можливість отримати доступ до перегляду Web-сторінок, потокового відео та інших послуг, що потребують високих швидкостей передачі даних. В той же час смартфони отримали можливість при наявності використовувати Wi-Fi хот-споти, коли 3G мережа мобільного оператора не в змозі надати необхідну якість сервісу. Великі світові оператори зв'язку вже вживають масштабних на шляху до

розвантаження своєї мережі, так компанія AT&T викупила Wi-Fi-провайдера США Wayport, Verizon заключила договір про співпрацю із Boingo Wireless.

Якщо говорити про альтернативний вихід, то впровадження фемтосот мають декілька суттєвих не достатків. До основних можна віднести: великі затрати, не надає можливості для розширення, не ефективна враховуючи темпи росту на сьогоднішній день. Зобразимо відповідність основним характеристикам цих двох технологій (табл.1).

Параметри	Фемтосоти	Wi-Fi
Ширина спектру та вартість	-	+
Висока пропускна здатність	-	+
Висока швидкість обміну	-	+
Безпека	+	+/-
Якість обслуговування(QoS)	+	+
Відповідність стандартам	+	+
Досвід користувачів	-	+
Масштабованість	+/-	+
Ефективність затрат	-	+

Ширина спектру частот. Для передачі даних за технологією Wi-Fi використовується загально доступні діапазони частот (від 2.4 до 2.483 ГГц і від 5.25 до 5.875 ГГц), в той же час фемтосоти працюють на ліцензованих частотах 900 і 1800 МГц. Отже, допустимі спектри частот для Wi-Fi - 83 МГц+ 505 МГц , а для фемтосот — (70 МГц + 150 МГц), отже оператори при першому варіанті отримують безплатно ширший спектр частот, не витрачають час на частотне планування.

Висока якість обслуговування та підвищена безпека. За довгі роки розвитку, стандарт 802.11 WLAN отримав велику кількість змін (1997 року прийнято 802.11, в подальшому в залежності від використовуваних частот, швидкостей передачі, країни - з'явилися стандарти 802.11a , 802.11b, 802.11g, 802.11n ...), зокрема було добавлено підтримку якості обслуговування (QoS, яка створена на основі Wi-Fi Multimedia) для передачі критичних до затримок послуг(потокове відео, передача голосових даних), також технологія відповідає сучасним вимогам стандарту шифрування (WEP, TKIP, WPA, WPA2). Найбільш поширена технологія WPA2 заснована на стандарті IEEE 802.11i і являє собою 128 бітне шифрування з перевіркою за допомогою ключів (PSK) або стандарту 802.1 RADIUS, що ідеально підходить для реалізації функції управління авторизацією, аутентифікацією та адмініструванням (AAA). Однак, через високу популярність описаної вище технології підвищується зацікавленість до несанкціонованого з'єднання із точками доступу, тому перехоплення пакетів користувачів та програми автоматичного підбору паролів вже давно використовується сторонніми особами, інколи користувачі самі спрощують роботу злоумисникам,

залишаючи стандарті паролі доступу чи такі що співпадають із SSID мережі або ж логіном до роутера.

Висока швидкість передачі даних та позитивний користувацький досвід. Якщо говорити про швидкості в безпроводних системах зв'язку то Wi-Fi безумовно знаходиться в лідерах поміж інших технологій, оскільки він може забезпечувати швидкості до 600 Мбит/с. Для порівняння, зобразимо швидкість передачі даних та пропускну здатність обох технологій розгрузки мобільної мережі.(табл.2). В мережі Wi-Fi з підтримкою технології MIMO забезпечується хороша якість сигналу та надійне з'єднання.

Табл.2 Швидкість передачі в мережі Femtocell і Wi-Fi

Характеристика	Фемтосота (HSPA)	Wi-Fi(802.11n)
Швидкість передачі даних	14 Мбит/с	600 Мбит/с
Пропускна здатність	12 Мбит/с	350 Мбит/с
Модуляція	OFDM	DSSS і OFDM

Економічність рішення. За останні 10-15 років технологія Wi-Fi отримала цілий ряд удосконалень, що дозволило їй створювати достатньо недороге обладнання. Незважаючи на всі переваги описані вище, вони потребують значно менше затрат на обслуговування, достатньо легко масштабовані, мінімальні затрати на планування і частотне проектування. Фемтостоти в свою чергу потребують дорогого спеціального обладнання, для налаштування якого потрібні спеціалісти, а також досить великі витрати на планування. Таким чином, порівняно з технологію 2G/3G капітальні та експлуатаційні витрати оператора на інфраструктуру будуть значно нижчі.

Висновок. Підсумовуючи все вище сказане, за допомогою технології Wi-Fi offload можна не тільки зберегти живучість 3G мережі мобільного оператора, але і принести додатковий дохід компанії. Слід зауважити, що впровадження хот-спотів - це не тимчасове рішення проблеми перевантаження мережі, а надійний метод перерозподілу потоку даних як і сьогоdnішніх мереж (2G,3G) так і майбутніх (4G/LTE).

Література

1. Hui Pan "Wi-Fi/WLAN Monthly Newsletter ", Information Gatekeepers, Inc., December 2010.
2. Simon Saunders, Stuart Carlaw, Andrea Giustina, Ravi Rai Bhat, V. Srinivasa Rao, Rasa Sieberg. "Femtocells: Opportunities and Challenges for Business and Technology", John Willey & Sons Ltd., 2009.
3. Devaraj Srinivasan, Jayanta Dey, Santhosh Kumar M, Romendra Nath Mukherjee "Data offload approaches for mobile operators", Wipro Technologies, 2012.
4. Дундяк Р.Р. "Перерозподіл трафіку мобільної мережі за допомогою технологій Wi-Fi та фемтосот", матеріали 10-ї міжнародної конференції "РТ - 2014"., 2014

OPERATOR PROFIT MAXIMIZATION OF SERVICES AND LTE RAN MULTI-PERIOD PLANNING

Ageyev D.V.¹, Ali Al-Anssari²

¹*Kharkiv National University of Radioelectronics*

E-mail: dm@ageyev.in.net

²*Odessa National Academy of Telecommunications named after A.S. Popov*

E-mail: ali_eng87@yahoo.com

Многоэтапное планирование сервисов и LTE RAN с максимизации прибыли оператора

В данной работе предлагается оптимизационная модель планирования LTE RAN с учетом поэтапного внедрения сервисов. Анализ результатов экспериментов показал, что используемая в работе математическая модель, представленная в виде задачи смешанного целочисленного программирования, позволяет получить корректные с практической точки зрения решения. Сравнение результатов показало, что использование предлагаемого модели многоэтапного планирования сети и внедрения услуг, позволяет увеличить прибыль на 10%, в сравнении с ранее предложенным методом [1,2], не учитывающим многоэтапность внедрения услуг.

Introduction. The Long Term Evolution (LTE) is a step toward the 4th generation (4G) of mobile radio technologies to increase the spectral efficiency and to obtain higher throughput. During the design of telecommunications systems is necessary to ensure coherent solution of problems such as the choice of the topology, the selection channel capacity, routing and flow distribution [3]. It should be noted that the creation of a network is not instantaneous process. Typically, the creation of a network goes stage by stage, with a gradual increase in its capacity and territory covered. This makes the problem of multi-stage planning ensuring high economic efficiency urgent. As a criterion of efficiency in this case we can select the maximum of operator's profit.

Multi-period design [4] refers to network design problems that span over a time horizon in terms of weeks to months, and sometimes even to several years. For realization provision of services in the network, in addition to creating a network infrastructure that provides the traffic transmission, you must also install equipment for service delivery and ensure its configuration. Services providing planning is important patch of LTE RAN creating process. In [1] we are proposed method for solving multi-period LTE RAN planning problem, but this method did not take in account services which provided in network.

This conference paper offers the modification of the proposed by us previously method [1, 2] directed to elimination these shortcomings.

Optimization model synthesis and problem definition. Input data for multi-period LTE RAN planning problem are set of test points (TP) [5], which covering an area of the LTE RAN and set of transmitters that can be mounted on the eNodeB's in locations candidates; a family of sets, where each element is a set of mutually exclusive TRXs; set of burst profiles, which represented the SIR threshold that must be reached to ensure service coverage and spectral efficiency

associated with the burst profile.

Creation of LTE RAN is a multistep process with a limited budget. Multistep planning process characterized by number of periods and total network creation budget. For each planning step given TRX installation cost and its usage cost, which activated on given frequency.

For LTE RAN multi-period network planning necessary to form step by step plan for service providing. Thereby we define next additional variables for our base optimization model [1, 2], as set of services which planning for providing in our LTE network. Each service characterized by several parameters such traffic arising in the network when providing service in a unit volume; revenue per a unit which operator receives when provide service in LTE network; predicted demand (service units) from subscribers of test point during planning period k for given service.

During planning process we need to define the set of test point, which are served; frequency channels for each sites, its power, used burst profiles and set of service for each test point a during period k .

Dependence between variables can be described by next set of conditions.

TRX can be activated of any frequency f only if it has installed before. TRX can be installed only one times. A test point can be served only if there exists at least one TRX serving it on a given frequency with given burst profile. To prevent the activation of mutually exclusive TRXs, we introduce the family of constraints. Constraint set consists a propagation channel model. In case if TRX z is not activated on frequency f then its power must be zero. The service is provided for test point only if this test point is served at planning period. When test point served by LTE RAN, then traffic occupies part of bandwidth of channel. The total bandwidth required to service consumed traffic must not exceed the bandwidth of communication channel.

Expenses at each stage consists of the cost of installing new TRX and usage cost of TRX z , which activated on frequency f . The total cost of creating the entire network LTE RAN must not exceed the maximum value.

In the process of planning a LTE RAN is necessary to find a network configuration to ensure maximum operator profit.

Brief analysis of the proposed optimization model. Experimental investigation of the effectiveness and correctness of our optimization model was carried out on the basis of input data generated randomly. The experiment was repeated several times with different numbers of nodes in LTE RAN network.

To solve the mixed integer programming problem offered to use mathematical modeling and calculation software, such as ILOG CPLEX 12.0.

Our experiments was performed at the same values of input data. Input data related to the planning of services chosen as follows method. For basic optimization model [3] demand from subscribers of test point during period k were equal to demands for the case when all services will be provided.

The analysis of experiment's results showed that modified by us optimization model for LTE RAN planning problem allows to obtain the correct solutions from the practical point of view.

Table 1. Results comparison

Network size (sites / Test points)	Profit margin	
	LTE RAN MPP	LTE RAN and Services MPP
2 / 64	0 %	0 %
5 / 91	0 %	4 %
7 / 91	4 %	8 %
8 / 100	7 %	10 %
11 / 256	9 %	12 %

Comparing the values of the operator's profit values that obtained during planning based on our previous optimization model and on modified model showed that the profit margin under usage of modified optimization model is 12% higher than for basic model.

Conclusions. In order to get the optimization model with services multi-period planning it is needed to add in our previous model set of parameters that describes services, revenue and traffic characteristics; add a condition that service is provided for test point only if this test point is served, condition for traffic proportion and condition that traffic occupies part of bandwidth of channel, which not exceed the bandwidth of communication channel. We also need to modify the objective function of the optimization model to account services providing revenues.

The analysis of experiment's results showed that modified by us optimization model for LTE RAN planning problem allows to obtain the correct solutions from the practical point of view.

Comparing the values of the operator's profit values that obtained during planning based on our previous optimization model and on modified model showed that the profit margin under usage of modified optimization model is 12% higher than for basic model.

References

1. Ageyev D.V. Multi-Period LTE RAN Planning with Operator Profit Maximization (Part 1: Optimization Model Synthesis) / D.V. Ageyev, A. Al-Anssari // Sch. J. Eng. Technol. – 2014. – Vol. 2, No. 5B. – P. 774-779.
2. Ageyev D.V. Optimization Model for Multi-Time Period LTE Network Planning / D.V. Ageyev, A. Al-Anssari // First International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology. PIC S&T`2014. – Kharkiv : Kharkiv National University of Radioelectronics, 2014. – P. 29-30.
3. Resende M. Handbook of optimization in telecommunications / M. Resende, P. Pardalos. – New York: Springer Science + Business Media, 2006.
4. Pióro M. Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks / M. Pióro, D. Medhi. – Elsevier, 2004
5. Zhang Y. WiMAX Network Planning and Optimization. – Boston : Auerbach Publications, 2009.

PERFORMANCE ANALYSIS OF ROUTING IN WIRELESS MESH-NETWORKS BASED ON MODEL IN SPACE OF STATES

Al-Azzawi Essa Mohammed¹, Yevsyeyeva O.²

¹*Odessa National Academy of Telecommunications named after O.S.Popov,
Ukraine,*

²*Kharkiv National University of Radioelectronics, Ukraine,
E-mail: evseeva.o.yu@gmail.com*

Аналіз ефективності маршрутизації в безпроводових MESH-мережах на основі моделі в просторі станів

Запропонована авторами математична модель безпроводової mesh-мережі з часовим багатостанційним доступом в просторі станів забезпечує оптимальне розв'язання задачі динамічної маршрутизації, яка трактується як задача розподілу каналних ресурсів, тобто слотів. В роботі показано, що модель за рахунок контролю порядку використання слотів здатна забезпечити мінімальну затримку доставки. За рахунок реалізації багатошляхового способу маршрутизації досягається збільшення швидкості передачі трафіка на величину від 20 до 100 % в залежності від типу трафіка та відстані між кінцевими станціями.

Growing popularity of Wireless Mesh Networks (WMN) for delivering voice, video and data in outdoor environments within LAN and MAN can be explained by its possibility to unite capabilities of wired networks together with flexibility of wireless. Modern WMNs provide network capacity, reliability, and security similar to wired networks but at same time they are low-cost, easy and fast deployment. In turn functioning of WMN is related to complicated traffic and resource control in comparison with traditional cellular-like point-to-multipoint wireless networks. Taking into account features of WMN perspective methods of traffic control, including routing and link resource allocation, must meet following requirements. Firstly, traffic control must be based on cross-layer optimization that means joint solution of routing and link resource allocation problems in order to maximize productivity of WMN in whole. Secondary, optimization approach requires appropriate mathematical model of WMN which must be dynamic, flow-based, and QoS-based.

Because there are different ideas of WMN's realization which are based at different schemes of multiple accesses of mesh-stations to common resource (TDMA, FDMA, or CDMA) in the paper we'll focus on time-division approach that lies in a basis of WiMax WMN (IEEE 802.16). In work [1] authors proposed a mathematical model of cross-layer optimal routing in TDMA-based WMN with different classes of service (CoS). To control timeslot allocation the model uses binary control variable $\tau_{i,j}^{r,l,z}(k)$ which equals 1 if r -th slot is used in the link (i, j) for transmission of flow addressed to l -th mesh-station (MS) within z -th CoS. State variable $q_{i,j}^z(k)$ represents the data volume within z -th CoS that is kept at the instant t_k in buffer of the i -th MS and intended for transmission to the j -th station. Control and state variables are related within following expressions:

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

$$\sum_{z=1}^{N_{QoS}} \sum_{\substack{j=1, \\ i \neq j}}^{N_v} q_{i,j}^z(k) \leq q_i^{\max}, \quad \sum_{z=1}^{N_{QoS}} \sum_{\substack{(i,j) \in E, \\ j \neq i}} \sum_{\substack{l=1, \\ l \neq i}}^{N_v} \tau_{i,j}^{r,l,z}(k) + \sum_{z=1}^{N_{QoS}} \sum_{\substack{(g,j) \in E, \\ g \in S_i^2, \\ g \neq j}} \sum_{\substack{l=1, \\ l \neq i}}^{N_v} \tau_{g,j}^{r,l,z}(k) \leq 1, \quad (2)$$

where $k = 0, 1, 2, \dots$, $i, j = \overline{1, N_v}$, $j \neq i$, $(i, j) \in E$, $z = \overline{1, N_{QoS}}$, $\Delta t = t_{k+1} - t_k$ is the sampling interval (period of re-computation and change of control variables); $m_{i,j}$ is number of bits of the user's data that can be carried by one slot in link (i, j) ; E is a set of links between stations of a mesh-network; S_i^1 is a set of distance-1 neighboring stations to the i -th MS; $\xi_{i,j}^z(k)$ is the intensity of the data arrival to the i -th MS at time t_k in the frameworks of the z -th CoS addressed to the j -th MS; n is the number of the frames transmitted during time Δt , $n = \Delta t / T_F$; T_F is the frame duration; N_F is an number of slots per frame; N_v is a total number of stations in WMN; N_{QoS} is an number of QoS-classes supported by the network; $q_i^{\max}$ is total size of buffer at i -th MS; S_i^2 is a set of stations interfered to the i -th station.

System of equalities (1) describes dynamic of WMN's states. Inequalities (2) eliminate overflow of buffers and represent interference effect. In addition assuming the coding and modulation schemes provide sufficient level of packet loss QoS requirements on network layer can be reduced to delay and bandwidth constrains:

$$B_{\Sigma}^z \geq B_{req}^z \quad \text{and} \quad D_{\Sigma}^z \leq D_{req}^z, \quad (3)$$

where $B_{\Sigma}^z = \sum_{r=1}^{N_F} m_{i,j}(k) \tau_{i,j}^{r,l,z}$ and D_{Σ}^z are achieved total end-to-end rate and delay respectively within z -th CoS; B_{req}^z and D_{req}^z are required end-to-end rate and delay within z -th CoS. Value of D_{Σ}^z in WiMax WMN can be calculated according to [1].

Thus optimal joint routing and slot allocation problems within TDMA-based WMN with different CoSs can be formalized as

$$J = \sum_{k=1}^a \left[\vec{q}^T(k) W_q \vec{q}(k) + \vec{\tau}^T(k) W_{\tau} \vec{\tau}(k) - \vec{\tau}^T(k) W_{reuse} \vec{\tau}(k) + \vec{\tau}^T(k) W_{seq} \vec{\tau}(k) \right] \rightarrow \min \quad (4)$$

subject to (1) – (3), where a is the number of intervals Δt , for which the control variables should be calculated; $\vec{q}(k)$ and $\vec{\tau}(k)$ are vectors of state and control variables respectively; W_q , W_{τ} are the diagonal weight matrices of buffer and link resources usage respectively; W_{reuse} is the weight matrix presenting a gain at the cost of the slots reuse; W_{seq} is the weight matrix presenting a breach of the order of slots along the path.

According model (1) – (4) a simulation was carried out. Simulation parameters

are: $T_F=20$ ms, slot duration $T_s=12.5$ μ s, type of modulation is 16QAM, coding rate is $\frac{3}{4}$, MSH_CTRL_LEN=5, that together define data rate 172.8 kbps when one slot is using in every frame. Two classes of service were assumed, low-cost “bronze” class and high-quality “gold” class. Some of obtained results are shown in fig.1.

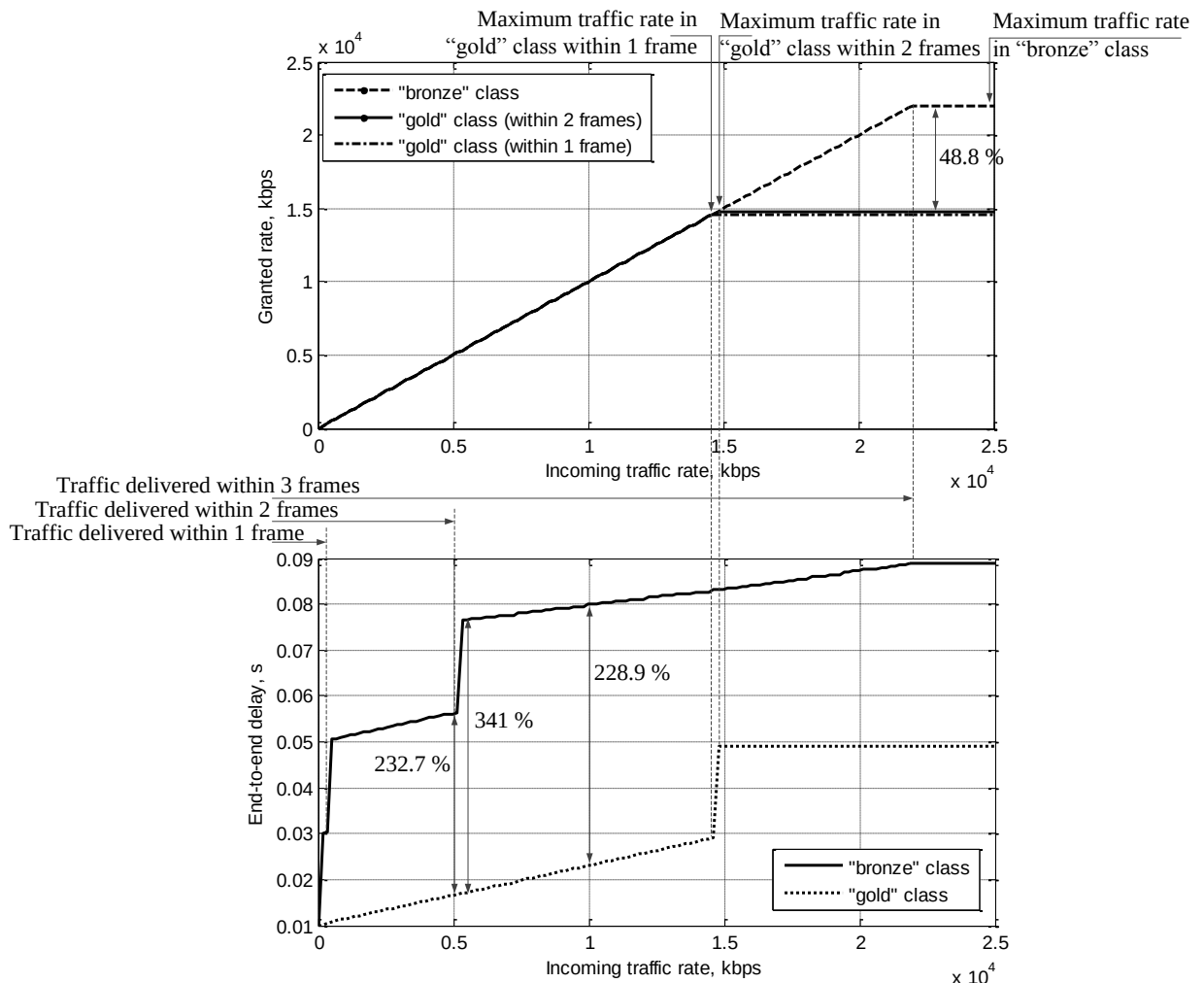


Fig. 1. Resulted quality of service in simulated WMN (number of stations is 11)

As simulation results show the model (1) – (4) allow to deliver traffic within “gold” CoS with minimal delay (2-3 times less than for “bronze” traffic), at same time it reduces maximal rate by 50%. In whole maximum rate between some pair of stations depends on distance between them. It’s related to different number of slots required to deliver same traffic along different number of links. Proposed model realize multipath routing. In comparison with single path it leads to increasing of traffic delivery rates together with delay reducing. Gain in delivery rate due to multipath routing becomes 40 – 45 % for bronze” traffic and it can reach from 20 up to 100% for 4 to 6-hop distances between source-destination within “gold” CoS under same amount of available link resources.

References

1. Yevsyeyeva O. Optimal Cross-Layer Routing in 802.16 Mesh Networks With Different Classes of Service / Oksana Yevsyeyeva, Essa Mohammed Al-Azzawi // Scholars Journal of Engineering and Technology. – 2015. –Vol. 3 (1A). – P. 21 – 32.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ СТРУКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ В MESH-СЕТЯХ СТАНДАРТА IEEE 802.11

Гаркуша С.В., Гаркуша Е.В.

Полтавский университет экономики и торговли

E-mail: sv.garkusha@mail.ru, av.garkusha@mail.ru

The solution tasks of structural and functional self-organization in mesh-network IEEE 802.11

An approach to the use of hypergraphs and graphs Koenig for modeling multi-radio multi-channel mesh-networking standard IEEE 802.11. This, in turn, allowed for a fuller and describe in detail all the possible configurations of mesh-network as a whole and its individual elements in solving the problem of distribution of non-overlapping frequency channels in the form of a hypergraph as well as dissimilar vertices of Koenig in solving the problem of routing. Based on hypergraph and flat koenigs representation of multi-radio multil-channel mesh-network in the work performed consistent solution of problems of distribution of non-overlapping frequency channels and stream routing.

Одним из наиболее эффективных средств повышения производительности беспроводных mesh-сетей (Wireless Mesh Network, WMN) стандарта IEEE 802.11 является подход, основанный на использовании многоканального многоинтерфейсного режима ее построения и функционирования (Multi-Radio Multi-Channel Wireless Mesh Networks, MR MC WMN) с эффективным решением задач распределения неперекрывающихся частотных каналов [1, 2] и маршрутизации. В результате анализа известных решений топологического описания MR MC WMN стандарта IEEE 802.11 установлено, что все они базируются на использовании графового представления. Использование теории графов обеспечивает максимальную наглядность при моделировании MR MC WMN, так как множеству станций ставится в однозначное соответствие множество вершин графа, а множеству радиоканалов – множество ребер (дуг) графа.

Однако, при моделировании MR MC WMN, ввиду использования ненаправленных антенн, необходимо использовать более эффективные, хотя, возможно, и более сложные, способы представления mesh-сети с использованием топологических идей. В качестве таких подходов предложено использовать математический аппарат теории гиперграфов, что позволяет провести теоретическое описание задач распределения частотных каналов и маршрутизации в MR MC WMN с учетом стационарного размера, степени перекрытия и неоднородности зон устойчивого приема на этапе постановки задач, а также анализа стационарных размеров создаваемых доменов коллизий и их связности на этапе анализа результатов решения.

Предложена топологическая модель MR MC WMN стандарта IEEE 802.11, которая позволила более полно и подробно описать возможные конфигурации как всей mesh-сети в целом, так и отдельных ее элементов представленных в виде вершин и ребер гиперграфа. В рамках

гиперграфового представления, как было показано в работе [3], MR MC WMN ставится в соответствие гиперграф $H(I, J; R)$, где I – множество вершин, J – множество ребер, R – предикат, определяющий смежность станций с зонами устойчивого приема (Transmission Range, TR). $I = \{n_i, i = \overline{1, N}\}$, где n_i – элемент множества I , моделирующий mesh-станции MR MC WMN, N – их общее количество в mesh-сети. $J = \{z_j, j = \overline{1, Z}\}$, где z_j – элемент множества J , моделирующий зону устойчивого приема, Z – их общее количество в MR MC WMN. Предикат R , являясь инцидентом гиперграфа H , определяет принадлежность i -й станции j -й зоне устойчивого приема. Так в случае, если i -я mesh-станция участвует в формировании j -й TR, то предикат $R(n_i, z_j)$ – истинный, т.е. равный единице, в противном случае $R(n_i, z_j)$ – ложный, т.е. равный нулю. В результате этого описание MR MC WMN может быть произведено с использованием конечного гиперграфа $H(I, J; R)$, состоящего из пары множеств вершин $I = \{n_i, i = \overline{1, N}\}$ и ребер $J = \{z_j, j = \overline{1, Z}\}$ вместе с двуместным предикатом $R \Leftrightarrow R(n_i, z_j)$, определенным для всех $n_i \in I$ и $z_j \in J$ [4].

Приобрела новую формализацию задача определения связности. По сравнению с использованием графового представления возможной конфигурации WMN, нет необходимости проводить поиск независимых путей между всеми парами вершин графа. При использовании гиперграфового подхода решения задачи связности сводится к поиску максимального числа станций, удаление которых приведет к разделению WMN на несколько несвязных компонент. Использование гиперграфов также позволяет определить место той или иной станции в составе WMN, в отличие от графового представления, невольно «уравнивающего» основные элементы системы.

Также предложена модель комплексного решения задач распределения неперекрывающихся частотных каналов и потоковой маршрутизации в MR MC WMN стандарта IEEE 802.11 с использованием гиперграфов и графов Кенига. Если в приведенных ранее решениях задача распределения неперекрывающихся частотных каналов была ориентирована на получение связной сбалансированной по пропускной способности структуры WMN, то в рамках предложенной модели решение указанных задач подчинено единой общей цели – повышению межконцевого качества обслуживания по показателям производительности за счет согласованного использования сетевых ресурсов MR MC WMN, что особенно проявлялось при увеличении степени перекрытия зон устойчивого приема, числа радиointерфейсов на mesh-станциях и количества поддерживаемых частотных каналов в сети. На рис. 1 приведен пример WMN, которая была получена в результате комплексного решения задач распределения неперекрывающихся частотных

каналов и потоковой маршрутизации, а на рис. 2 и рис. 3 ее представление в виде гиперграфа и графа Кенига.

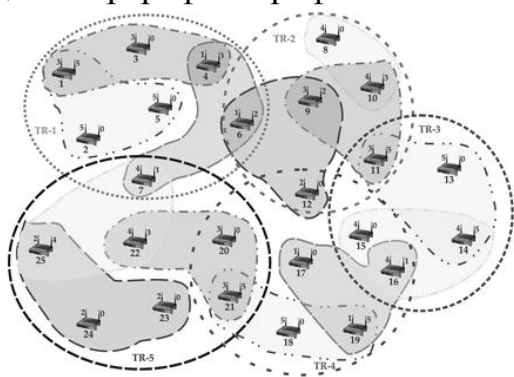


Рис.1 Пример MR MC WMN, полученной в результате согласованного решения задач распределения неперекрывающихся частотных каналов и потоковой маршрутизации

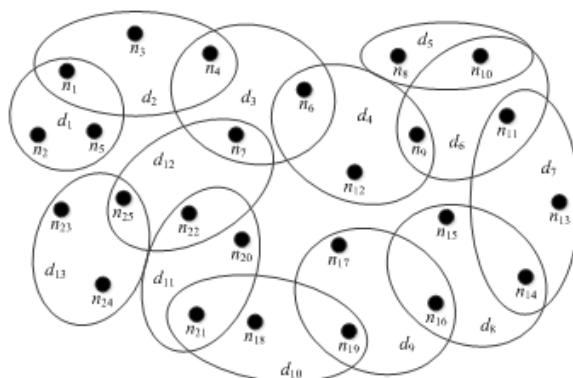


Рис. 2 Гиперграфовое представление MR MC WMN, приведенной на рис. 1

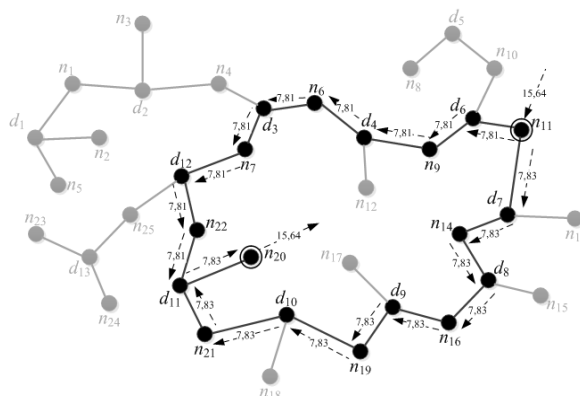


Рис. 3 Кениговое представление MR MC WMN, приведенной на рис. 1

В результате сравнительного анализа установлено, что в случае использования MR MC WMN с уровнем связности равным единице (1-связная mesh-сеть) выигрыш при использовании согласованного решения задач распределения неперекрывающихся ЧК и потоковой маршрутизации отсутствует. В случае использования 3-связной MR MC WMN выигрыш составил 75-100%, а для 7-связной mesh-сети – 80-100%.

Литература

1. Гаркуша С.В. Разработка и анализ двухиндексной модели распределения частотных каналов в многоканальной mesh-сети стандарта IEEE 802.11 [Электронный ресурс] // Проблемы телекоммуникаций, 2011, № 3 (5), С. 38-57. – Режим доступа к журн.: http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113_garkusha_mesh.pdf.
2. Лемешко А.В., Гаркуша С.В. Классификация методов распределения частотных каналов в многоинтерфейсных многоканальных mesh-сетях стандарта IEEE 802.11 [Электронный ресурс] // Проблемы телекоммуникаций. – 2011. – № 2 (4). – С. 139–149. – Режим доступа к журн.: http://pt.journal.kh.ua/2011/2/1/112_lemeshko_classification.pdf.
3. Гаркуша С.В. Разработка потоковой модели маршрутизации в многоканальных многоинтерфейсных mesh-сетях стандарта IEEE 802.11, представленных в виде графа Кенига [Электронный ресурс] / С.В. Гаркуша // Проблемы телекоммуникаций. – 2014. – № 1 (13). – С. 20-34. – Режим доступа до журн.: http://pt.journal.kh.ua/2014/1/1/141_garkusha_routing.pdf.
4. Berge C. Graphs and Hypergraphs. – New York: Elsevier, 1973. – 528 p.

ТИПОВІ СХЕМИ MIMO ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Домрачева К.О., Семенко А.І.

Державний університет телекомунікацій, Україна

E-mail: katyscha@ukr.net

Typical schemes MIMO telecommunication systems

This article discusses the basic principles of implementation of the technology MIMO. examined algorithms of signal processing allow to raise quality of information transmission and thereby increase the capacity of the link.

MIMO (Multiple Input Multiple Output) - це різновидність безпроводних телекомунікаційних технологій, головним принципом якої, є надходження сигналу від передавача з декількома антенами до приймача з декількома антенами.

Всі різновиди технології MIMO направлені на те щоб збільшити максимальну швидкість передачі даних в мережах зв'язку за рахунок покращення завадо захищеності.

Раніше MIMO являла собою лише технологію рознесеного прийому (одна передавальна й N приймальних антен). Обробка сигналів технології базувалася на застосуванні багатовимірного фільтра Калмана та критерії оптимального вагового складання (MRC) : у двох прийомних каналах на базі цього алгоритму порівнювалося відношення сигнал/шум і відповідно до оцінки

цього значення кожному каналу обробки призначалися вагові коефіцієнти, за якими ухвалювалося рішення.

Найбільш широке розповсюдження отримала технологія MIMO на основі просторово-часового кодування (STC). Ця технологія використовується в мережах безпроводного широкосмугового доступу IEEE (Wi-Fi-802.11n, WiMAX- 802.16-2004 та 802.16e).

Спрощена схема STC наведена на рис.1. Показана передача даних двома антенами.

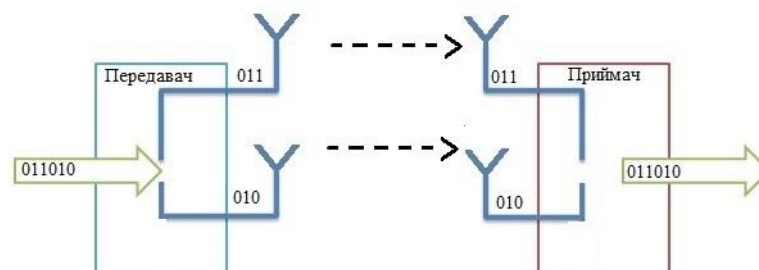


Рис.1. Спрощена схема алгоритму STC

Системи зв'язку, що працюють не за технологією MIMO використовують частотний метод розподілу каналів. На відміну від них

системи зв'язку, засновані на технології MIMO з STC мають безліч каналів зв'язку, котрі працюють на одній частоті. Основне завдання технології MIMO з STC - поділ і вирівнювання сигналів різних каналів.

При блоковому методі просторово-часовому кодуванні вхідний потік розбивається на пари $[c1, c2]$, та ретранслюється в різні часові інтервали, це підтримує принцип неодноразової посилки даних і поліпшує завадостійкість схеми MIMO. Однак енергетичного виграшу кодування по завадостійкості блокові код не дають.

Розповсюдженою є схема Аламоути, згідно якій дані у кодері розподіляються в відповідності до матриці

$$H = \begin{bmatrix} c1 & -c2^* \\ c2 & c1^* \end{bmatrix}$$

Для передачі необхідні дві антени та два часові інтервали. В першому часовому інтервалі випромінюються сигнали $c1$ та $c2$, а в другому $-c2^*$, $c1^*$.

Фізичну суть формування таких сигналів можливо пояснити наступними виразами:

$$c1 = a1 + jb1$$

$$c2 = a2 + jb2$$

$$-c2^* = -a2 + jb2$$

$$c1^* = a1 - jb1$$

де a_i, b_i – відповідно дійсна та уявна складова i -го комплексного сигналу. Для прийому сигналу, кодованого блоком Аламоути достатньо однієї антени. У такому випадку говорять про технології MISO, що є підкласом технології MIMO.

Інший принцип реалізації технології MIMO-використання ортогонального кодування сигналів, незалежно випромінюваних різними антенними елементами. Один з можливих підходів до реалізації ортогонального кодування полягає в розширенні спектру переданого сигналу методом прямої послідовності (DSSS-Direct Sequence Spread Spectrum). Суть полягає в заміні кожного біта вихідного потоку даних якоюсь псевдовипадковою (шумоподібною) кодовою послідовністю.

При використанні технології MIMO в пристроях стандарту IEEE 802.11 антени випромінювачі передають сигнали або з частотним розподілом, або зі здвигом по часу друг відносно друга. В останньому випадку бази сигналів в кожному антенному каналі виявляються взаємно ортогональними (або близькі до цього).

Надалі розвитком принципу DSSS в стандартах IEEE 802.11 стало використання в протоколі 802.11b методу фазової модуляції за допомогою багатофазної (поліфазної) комплементарної кодової послідовності (ССК-Complementary Code Keying). Сутність комплементарного кодування використані двох послідовностей a та b , кожна з k елементів, з автокореляційними функціями $A(i) = \sum_{j=1}^{k-i} a_j a_{j+i}$ та $B(i) = \sum_{j=1}^{k-i} b_j b_{j+i}$, де $i = 0, \dots, k-1$ -

можливий зсув, для яких $A(i) + B(i) = 0$ при $i \neq 0$, та $A(0) + B(0) = 2k$.

Використання неортогональних методів просторово-часового кодування (BLAST-Bell Labs Space-Time Transformation) призначена для розподілу потоків модульованих даних по декількох антенно-фідерних трактах приймально-передавального пристрою та для розподілу вхідних модульованих сигналів по тимчасових слотах.

Існує два види алгоритму BLAST: алгоритм BLAST з діагональним розподілом часових слотів (D-BLAST) та вертикальним розподілом слотів (V-BLAST). V-BLAST в порівнянні з оригінальною D-BLAST виграє в відсутності часових втрат, простій структурі кодеків та менш складній реалізації.

В технології V-BLAST відбувається збільшення швидкості передачі даних за рахунок передачі в одній полосі частот декількох інформаційних каналів, та розподілу їх на основі просторових відмінностей.

Архітектура системи зв'язку на основі використання технології V-BLAST наведена на рис.2. Між передавачем та приймачем знаходиться радіоканал з повільним завмираннями. Цей канал характеризується постійною на певному інтервалі часу матрицею комплексних коефіцієнтів передачі між приймачем та передавачем:

$$H_{NM} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1m} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{n1} & h_{n2} & \cdots & h_{nm} \end{bmatrix}$$

де М-число передавачів, N-число приймачів.

Протягом цього інтервалу здійснюється передавання й приймання блоку інформаційних символів.

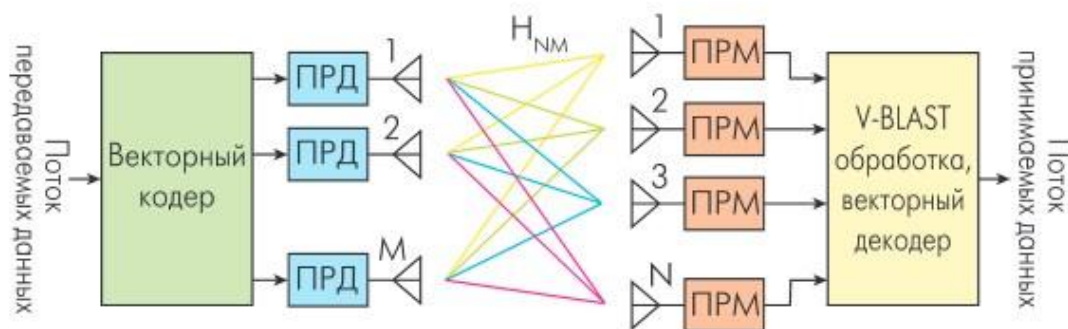


Рис.2. Архітектура системи зв'язку MIMO на базі V-BLAST

Розглянуті алгоритми обробки сигналів дозволяють підвищити якість передачі інформації, і тим самим збільшити пропускну здатність каналу зв'язку.

Література

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. - Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура -2010
2. Слюсар В.И. Системы MIMO: принципы построения и обработка сигналов. //Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. - № 8. – С. 52 - 58

МАКЕТ GSM-СЕТИ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА OPENBSC И ФЕМТОСОТЫ ДЛЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Жогов Р.Ю., Минович Д. А.

Национальный технический университет Украины «КПИ»

Институт телекоммуникационных систем

Email: romanzhohov@gmail.com

GSM network model based on OpenBSC software product with femtocells for educational process

In this paper OpenBSC software for creation of a GSM-network model is offered. The possibility of femtocell access point deployment along with OpenBSC is considered.

Согласно данным iKS-рейтинга доля рынка, преподающая на стандарт GSM, составляет 97.03 % от всего рынка сотовой связи в Украине. Несмотря на переход на стандарт 3G операторы не намерены отказываться от существующей GSM-инфраструктуры, поэтому возникает необходимость создания современного макета для практического изучения аспектов функционирования GSM-сети в целом и отдельных ее составляющих (BTS, BSC, MSC и др.).

На данный момент существует большое число проприетарных программных продуктов для использования в GSM-сетях, зачастую, данные программные продукты поставляются операторам сотовой связи совместно с оборудованием и требуют наличия инфраструктуры GSM-сети.

Однако существуют свободно распространяемые программные продукты с открытым исходным кодом. Примером таких программ может служить OpenBSC [1], которая представляет собой не только контроллер базовой станции, но и может поддерживать следующие возможности GSM-сети:

- Поддержка Abis-интерфейса (через E1 или IP);
- Поддержка различных BTS (в том числе и в режиме ip.access);
- Возможность работы в режиме контроллера базовой станции или полноценной GSM-сети (режим network in the box);
- Поддержка функциональности GSM-сети (SMS, hand-over и др.);
- Поддержка GPRS (EDGE), а также возможность эмуляции SGSN, GGSN;
- Возможность доступа ко всем элементам GSM-сети с помощью протокола Telnet (Cisco-style).

На рис. 1 показана структура GSM-сети при использовании OpenBSC в режиме NITB (network in the box) [1].

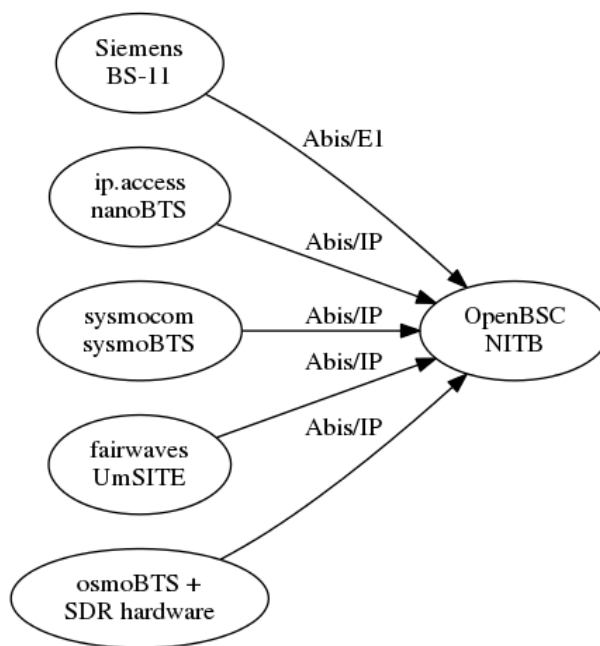


Рис. 1. Структура GSM-сети при использовании OpenBSC.

В данном режиме работы нам не требуется иметь собственные SIM-карты, а также отдельно создавать или подключать такие элементы как MSC, HLR, VLR и др. Поскольку OpenBSC имеет несколько режимов работы, сеть может быть легко переконфигурирована, а возможность использования различных BTS делает ее удобным средством для реального моделирования идей или изучения процессов происходящих в сотовых сетях. В макете GSM-сети предлагается использовать маломощные фемтосотовые точки доступа. Они не требуют дополнительных блоков питания (возможно использование режима Power over Ethernet (PoE)), имеют низкую стоимость и возможность использования без угрозы создания помех операторам сотовой связи.

Таким образом, OpenBSC совместно с нано- и фемтосотами может использоваться для создание экспериментального макета для исследование стека протоколов мобильной связи, а так же для проверки и внедрения идей в области сотовой связи. Кроме того, в OpenBSC возможна так же поддержка стандартов 3G и подключение к интернету, что делает возможным создание «локальных» мобильных сетей.

Литература

1. Osmocom. (2015, March 22). OpenBSC – OpenBSC. Retrieved from <http://openbsc.osmocom.org/trac/wiki/OpenBSC>
2. Welte, H. (2010, October). Free Software GSM protocol stacks OpenBSC, OsmoSGSN, OpenGGSN, OsmocomBB. Paper presented at Free Software GSM protocol stacks, Cambridge/UK.

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЙ ПРОТОКОЛ ФОРМИРОВАНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЕЙ MANET

Згурский А.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: oleksii.zghurskyi@gmail.com

The distributed protocol for hierarchical clustering of MANET

The paper presents brief description of new hierarchical clustering protocol for MANETs. The main features of proposed protocol are following: 1) fast cluster formation due to randomized approach and distributed nature of protocol subroutines; 2) combination of clustering protocol with TDMA media access scheme.

Сети MANET (Mobile Ad Hoc Networks) – это децентрализованные самоорганизующиеся сети подвижных радиоустройств. Особенностью этих сетей является динамически меняющаяся топология, т.е. в любой момент времени устройства могут разрывать существующие каналы связи и устанавливать новые, а также присоединяться к сети и выходить из нее. Также характерной чертой является то, что каждое устройство выполняет функции маршрутизации и ретрансляции данных. Это позволяет обеспечить передачу сигналов на большие расстояния без увеличения мощности передатчика отдельного устройства.

В традиционной плоской сети каждому устройству необходимо постоянно отслеживать состояние каналов связи с соседними устройствами. В условиях динамического изменения связности это приводит к резкому ухудшению эффективности протоколов маршрутизации и доступа к каналу. Одним из возможных решений перечисленных проблем является разработка протоколов формирования наложенной иерархической топологии.

Целью иерархической кластеризации является декомпозиция всего множества узлов сети на отдельные группы, которые называются кластерами. В каждой такой группе выбирается главный узел, которому делегируется задача маршрутизации пакетов между кластерами и управление доступа к каналам внутри кластера. В результате уменьшается влияние мобильности узлов на эффективность сети, и достигается масштабируемость сети.

В этих тезисах приводится метод децентрализованного формирования кластеров в сети MANET, который также решает задачу управления доступа к радиоканалу внутри кластера при помощи временного разделения.

Определение задачи. Задачей протокола децентрализованной кластеризации является поиск соединенного непересекающегося множества кластеров, которое охватывает все узлы сети. При этом метод должен использовать информацию доступную локально каждому отдельному узлу, т.е. не предполагается использование глобальной информации о состоянии всей сети.

В предлагаемом протоколе максимальное количество хопов ограничивается двумя. Это компромисс между скоростью формирования кластеров и стабильностью, которую обеспечивают многоуровневые кластеры в условиях мобильности отдельных узлов. Как результат такого ограничения, в сети определено *три уровня иерархии*. Принадлежность к конкретному уровню определяет роль, которую выполняет узел в кластере:

- *Ведомые узлы* кластера формируют первый уровень. Эти узлы используют логическую структуру, предоставляемую остальными уровнями.
- *Ретранслирующие узлы* формируют второй уровень – они ретранслируют сообщения от головы кластера ведомым узлам и в обратном направлении. Эти узлы увеличивают покрытие отдельного кластера.

- *Главные узлы* кластеров формируют третий уровень – они управляют доступом к каналам внутри кластера и маршрутизируют данные между кластерами.

Как будет показано далее, задачи решаемые узлами изменяются при изменении связности сети. Также следует отметить, что все узлы остаются источниками и приемниками данных независимо от того какую роль они выполняют в рамках кластера. Другими словами формируемая иерархическая топология является наложенной логической структурой, которая динамически изменяется.

Протокол децентрализованной иерархической кластеризации. Предлагаемый протокол кластеризации состоит из четырех процедур, которые выполняются узлами сети асинхронно: 1) выбор ретранслирующих узлов; 2) выбор главных узлов кластеров; 3) формирование кластеров и распределение временных каналов; 3) поддержка иерархической топологии.

В рамках первых трех процедур создаются кластеры, а четвертая отвечает за реконфигурацию кластеров при изменении топологии вследствие мобильности узлов. Для целей протокола каждый узел хранит следующие параметры: MAC-адрес главного узла, MAC-адреса ближайших ретрансляторов и список соседних узлов.

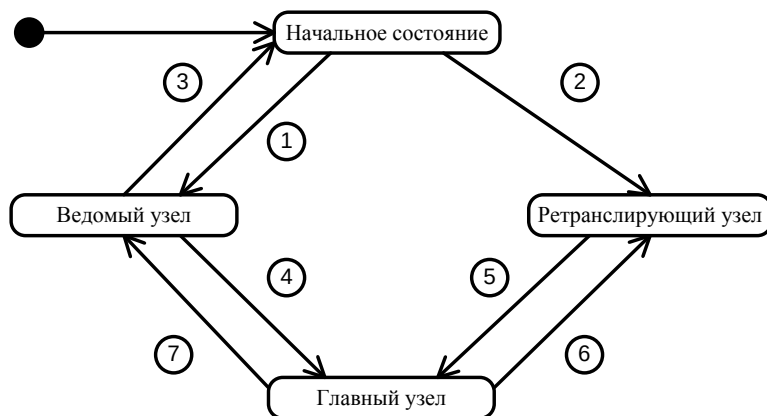


Рис.1. Диаграмма состояний узла сети при выполнении протокола кластеризации

Состояния узла сети

При выполнении процедур протокола любой узел сети может выполнять одну из перечисленных выше ролей. На рис.1 приводится диаграмма возможных состояний узла и переходов между ними.

События перехода между состояниями узла обозначены цифрами и имеют следующее значение:

- 1) прием синхронизационного сообщения от ретрансляционного узла;
- 2) превышение таймута выхода из начального состояния;
- 3) потеря связи со всеми ретранслирующими узлами;
- 4) два соседних узла являются ретрансляторами;
- 5) ретранслирующий узел теряет связь с главным узлом кластера;
- 6) два соседних узла являются главными узлами;
- 7) главный узел имеет среди соседей только один ретранслирующий узел.

Служебные сообщения. Для функционирования протокола требуется два типа сообщений – синхронизационные сообщения (SYNC) и сообщения-подтверждения, или квитанции (ACK). Поскольку выбрано временное разделение, то обмен сообщений выполняется во временных слотах. Слоты объединяются во временные блоки – периоды времени между двумя последовательными SYNC-сообщениями, переданными главным узлом кластера. Длина временного блока устанавливается равной $2m$ временным слотам, где m – это число узлов в кластере. SYNC-сообщения создаются главным узлом и используются для распределения временных слотов между членами кластера.

В рамках одного блока предлагается следующее функциональное распределение слотов: первый слот зарезервирован за главным узлом кластера, затем идут слоты для ретранслирующих и ведомых узлов. Дополнительно зарезервировано m пустых слотов для новых узлов кластера, а также квитанций от ретранслирующих узлов.

АСК-сообщения используются для подтверждения получения сообщений синхронизации, а также резервирования слотов для передачи данных. АСК-сообщения передаются ведомыми и ретранслирующими узлами голове кластера: ретранслирующие узлы собирают квитанции от ведомых узлов и передают аккумулированное сообщение с MAC-адресами узлов главному узлу.

Краткое описание процедур протокола. На этапе инициализации каждый узел обнуляет хранимые параметры, т.е. MAC-адрес главного узла, MAC-адреса ближайших ретрансляторов и список соседних узлов. Кроме того узлы случайным образом выбирают любой из доступных 2m слотов. После выполнения этих действий узлы асинхронно переходят к *процедуре выбора ретранслирующих узлов*.

Процедура начинается с периода ожидания случайной длительности. Если после инициализации узел получает SYNC сообщение от другого узла, который уже является ретранслятором, то узел объявляет себя ведомым узлом, и добавляет MAC-адрес ретранслятора в списки своих соседей и ретрансляторов. Если же узел после завершения периода ожидания не получает SYNC сообщение – он объявляется ретранслятором и начинает периодически передавать SYNC-сообщения. Узлы, которые завершили выполнения этой процедуры, переходят к *выбору главного узла*.

Как и предыдущая, эта процедура начинается со случайного периода ожидания. Узел может стать главным узлом в двух случаях: 1) не зависимо от его роли в начале процедуры выбора главного узла, если после завершения периода ожидания узел не получил SYNC-сообщения от любого главного узла; 2) если узел был ведомым узлом и получил SYNC-сообщение сразу от двух и более ретрансляторов. В последнем случае он продолжает ждать завершения периода ожидания по истечению, которого либо объявляет себя главным узлом, либо присоединяется к кластеру, в зависимости от того появится ли другой узел, который объявит себя главным. Как только узел завершает определения своего главного узла, он запоминает его MAC-адрес и переходит к *этапу синхронизации и окончательного формирования кластера*.

Процедура синхронизации и формирования кластера, зависит от того в какой роли узел перешел к ней. Главный узел кластера на этом этапе периодически передает SYNC-сообщения всем известным узлам и для того чтобы они запомнили его MAC-адрес; кроме того главный узел распределяет временные слоты между ретрансляторами и ведомыми узлами. Узел ретранслятор принимает SYNC-сообщения от главного узла и ретранслирует их ведомым узлам, а также передает АСК сообщение главному узлу, чтобы тот хранил его в актуальном списке ретрансляторов кластера. Ведомый узел ожидает получения SYNC-сообщения от главного узла, чтобы запомнить выделенный ему временной канал и ответить АСК-сообщением; если полученное SYNC-сообщения не содержит выделенный узлу слот, то он выбирает случайный слот из свободных слотов.

Задачей *процедуры поддержки кластерной структуры* является обновления кластеров сети при входе/выходе узлов из кластеров, а также изменении кластеров вследствие мобильности узлов. Для этих целей протокол подразумевает периодическое обновление списка соседей и главного узла кластера для удаления устаревшей информации. В частности если узел не получает SYNC-сообщения от ретранслятора/главного узла в течение периода ожидания, он ищет другой ретранслятор/главный узел в том же кластере. Если этого не удастся сделать, узел переходит к процедуре инициализации и пытается присоединиться к ближайшему существующему кластеру либо сформировать новый кластер.

Выводы. В докладе кратко изложены основные аспекты предлагаемого протокола децентрализованного формирования иерархических сетей MANET: определена кластерная структура сети, описаны возможные состояния узла, изложена схема обмена сообщениями, а также кратко описаны отдельные процедуры протокола. К достоинствам предлагаемого протокола относится быстрое формирование кластеров, а также совместное решение задач кластеризации и управления доступа к каналу связи. В дальнейшем планируется выполнить имитационное моделирование описанного протокола с целью сравнения его производительности с другими известными протоколами кластеризации.

ЗМЕНШЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ФАЗИ ПЕРЕДАЧІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В ПРОТОКОЛІ MOBILE IPV6

Камінський Р.В., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: roma_kaminskiy@ukr.net

Reducing the phase handoff in Mobile IPv6

One of the most weighty challenges in Mobile IPv6 is to ensure the service for a mobile node to maintain its connection to the Internet when it moves from one domain to another, which is referred to as handover.

Для того, щоб мобільний мережевий вузол неперервно підтримував з'єднання з Інтернет-мережею незалежно від місця розташування, застосовується мобільний міжмережевий протокол IPv6, який позиціонується у якості протоколу наступного покоління для реалізації безпроводового широкосмугового доступу [1]. Це головним чином досягається за рахунок використання тимчасової IP-адреси CoA (Care of Address) місця розташування мобільного вузла. Мобільний міжмережевий протокол IPv6 має багато перспективних властивостей і являє собою реальний механізм підтримки мобільності, однак йому притаманний недолік. А саме, під час виконання процесу передачі обслуговування (ПОб) існує певний короткий період, коли мобільний вузол не може відправляти або приймати пакети через затримку перемикання між каналами зв'язку та операціями мережевого протоколу IP [2]. У даному випадку ПОб є процес, при якому мобільний вузол зберігає активним своє з'єднання при переході з одного середовища доступу до іншого [3]. Коли мобільний вузол переміщується з одного середовища доступу до іншого, відбувається процес ПОб за допомогою трьох операцій: виявлення переміщення, нової конфігурації тимчасових адрес CoA і оновлення прив'язки/з'єднання BU (Binding update). Під час фази ПОб є проміжок часу, за який мобільний вузол не може відправляти або отримувати інформаційні пакети як звичайно. Тривалість цього проміжку, який називається фазою затримки ПОб, є дуже важливою для сервісів, чутливих до затримок і тих, що працюють у реальному часі.

Для підтримки мобільності в специфікації міжмережевого протоколу IPv6 запропонована загальна схема ПОб. Однак для багатьох застосувань затримка на відпрацювання ПОб може бути занадто великою і критичною. Щоб знизити затримку ПОб, було запропоновано дві категорії протоколів.

Одна категорія протоколів орієнтована на розробку архітектури мережі [4, 5], до них відносяться HMIP (Hierarchical Mobile Mobility Management) [6] і IDMP (Intra-Domain Mobility Management Protocol) [5]. Інша категорія орієнтована на механізми зниження затримки мобільними вузлами і маршрутизаторами доступу AR (Access Router). До таких механізмів відноситься так звана швидка передача обслуговування [2, 7]. У даній роботі буде представлено саме розробка схеми швидкої передачі обслуговування.

Схема швидкої передачі обслуговування – це сукупність засобів, спрямованих на зниження затримки ПОБ шляхом прогнозування ПОБ та виконання попередніх операцій для розірвання радіоканалу. Це передбачає наявність наступних проблем [2, 7]: як дозволити мобільному вузлу MN (Mobile Node) передавати пакети в момент виявлення каналу нової підмережі без затримок; і як доставити пакети до MN в момент виявлення його підключення новим середовищем доступу без затримок. Вирішення цих проблем покладено на схему швидкої ПОБ для Mobile IPv6 [2].

Дана схема передбачає надання MN інформації про нову точку доступу (Access Point) та інформації, пов'язаної з префіксом підмережі у момент часу, коли MN все ще з'єднаний з поточною підмережею. Зниження затримки конфігурації нових CoA (new CoA) виконано за рахунок нехтування процедурою DAD (Duplicated Address Detection) – виявлення дубльованих вузлів [8] і генерації мобільним вузлом nCoA самостійно. Між попереднім AR (PAR) та новим AR (NAR) встановлюється двонаправлений тунель, що дозволяє знизити затримку на виконання BU.

У схемі швидкої передачі обслуговування, як нам відомо, оновлення прив'язки BU до домашнього агента і вузла-кореспондента HA/CN (Home Agent/Correspondent Node) виконується після моменту часу, коли мобільний вузол IP-сумісний з каналом зв'язку нової підмережі. Виходячи з цього, MN з'єднується з HA/CN безпосередньо через NAR без використання тунелю пізніше. Таким чином, пакетна затримка для деяких пакетів, надісланих під час передачі обслуговування буде значно більшою.

Отже, дана робота ставить за мету вирішення наступних питань: чи можливо, щоб процедура DAD була виконана заздалегідь? Чи потребують BU до HA/CN бути виконаними в момент часу, коли мобільний вузол IP - сумісний в каналі зв'язку нової підмережі?

Після дослідження було виявлено: генерація nCoA (new CoA) і процедура DAD можуть бути виконані перед початком передачі обслуговування; в момент часу, коли nCoA повідомлена PAR – відбудеться ПОБ для нової точки доступу NAR. Тому оновлення прив'язки до HA/CN може бути виконано в момент часу, коли нова тимчасова адреса відома PAR.

Щоб зменшити затримку процедури DAD, ми дозволимо новому AR створити нову CoA, виконати процедуру DAD для мобільного вузла і зберігати цю нову CoA в таблиці nCoA. Потім, коли мобільний вузол робить запит nCoA через PAR, ця nCoA буде розподілена від NAR за допомогою PAR. У той же час, щоб зменшити затримку реєстрації, оновлення прив'язки до HA/CN буде виконуватися після того, як нова тимчасова адреса буде відома попередньому маршрутизатору доступу. Також передбачено узгодження локалізованої процедури аутентифікації із запропонованою схемою.

Робота мотивована тим, щоб дозволити генерувати нову тимчасову адресу заздалегідь новим маршрутизатором доступу NAR, який містить таблицю CoA для встановлення зв'язку. У запропонованій покращеній схемі швидкої передачі обслуговування оновлення прив'язки до HA/CN проводиться заздалегідь. У результаті аналізу було виявлено, що в порівнянні з існуючою схемою швидкої ПОБ, затримка передачі обслуговування і пакетна затримка можуть бути зменшені запропонованою покращеною схемою.

Література

1. D. Johnson, E. C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6," RFC 3775, June 2004.
2. R. Koodli, "Fast handovers for mobile IPv6," RFC 4068, July 2005.
3. I. F. Akyildiz, J. Xie, and S. Mohanty, "A survey of mobility management in next-generation all-IP-based wireless systems," *IEEE Wireless Commun.*, Aug. 2004.
4. A. T. Campbell, J. Gomez, S. Kim, A. G. Valko, C-Y. Wan, and Z. R. Turanyi, "Design, implementation, and evaluation of cellular IP," *IEEE Personal Commun.*, pp. 42-49, Aug. 2000.
5. A. Misra, S. Das, A. Dutta, A. McAuley, and S. K. Das, "IDMPbased fast handoffs and paging in IP-based 4G mobile networks," *IEEE Commun.*, vol. 40, no. 3, pp. 138-145, Mar. 2002.
6. H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, and L. Bellier, "Hierarchical mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)," RFC 4140, Aug. 2005.
7. C. Blondia, O. Casals, L. Cerda, N. Wijngaert, and G. Willems, "Performance evaluation of Layer 3 low latency handoff mechanisms," *Mobile Networks and Applications*, vol. 9, no. 6, pp. 633-645, Dec. 2004.
8. S. Thomson and T. Narten, "IPv6 stateless address autoconfiguration," RFC 2462, Dec. 1998.

АНАЛІЗ ЧЕРГ ХЕНДОВЕР ВИКЛИКІВ В КЛАСТЕРАХ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Короненко А.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

E-mail: koronenko.nastya@gmail.com

Analysis of queuing handoff calls in clusters of multiservice network

The purpose of this article is to analyze statistics of incoming handover calls for optimizing the structure of multi-service network and incorporation of base stations (BS), the selection of the handover area, the intensity of traffic and the speed of movement of the mobile device (MD). In order to obtain a statistical result and create a method [1] has been investigated [2]

Основним елементом топології мережі є стільник. Кластер, представляє собою сукупність сусідніх стільників, де використовуються різні робочі частоти або різні набори частот. Розмірність кластера K визначається числом комірок, які входять до нього (рис.1).

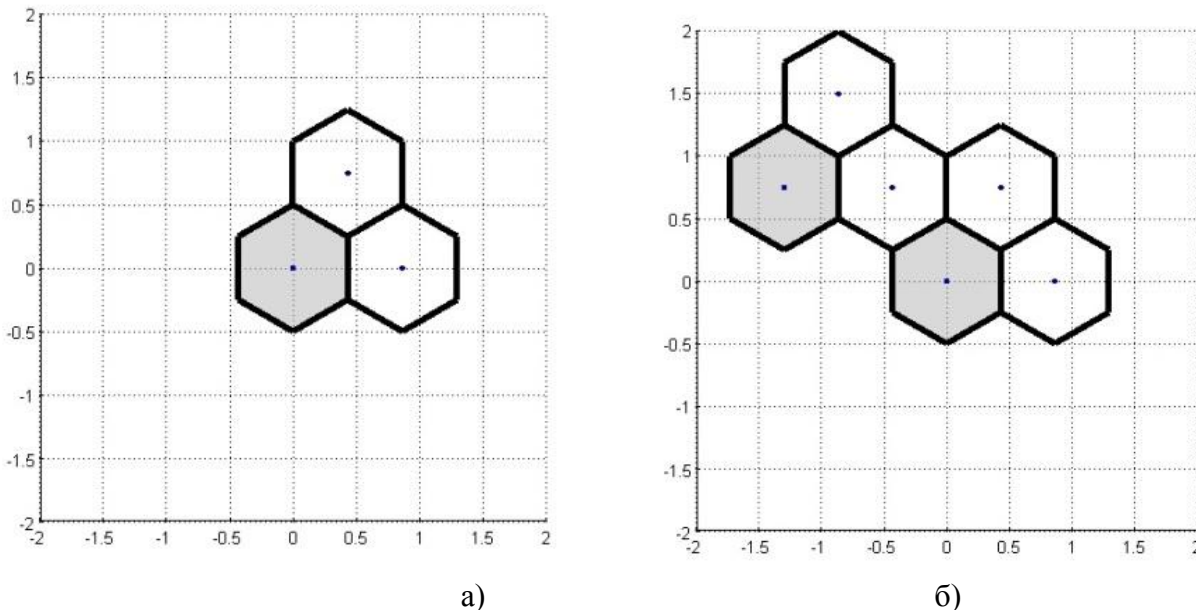


Рис. 1. Гексагональна решітка розмірності $K = 3$ (а) – один кластер, б) - два кластера)

Кластери рівномірно покривають всю територію, де розгортається стільникова мережа, утворюючи періодичну структуру.

Для аналізу були використані дані спостереження, що відбувалось 8 грудня 2014 року на БС, що розміщені в м. Києві по бул. Дружби Народів, дані надано ТОВ «ТриМоб», дослідження тривали протягом доби, всього було отримано 96 спостережень.

З таблиці 1 видно фрагмент кількості переходів з однієї БС, сектора БС або мережі до іншої до 2:30. Напівжирним виділено перехід між секторами БС. Затемнені ділянки в таблиці свідчать про відсутність переходів в цей період. Отже з аналізу по переходу хендовер викликів в 2 кластерах з 6 БС можна зробити прогноз [3] числа хендовер викликів в кластерах мультисервісної мережі.

Таблиця 1. Фрагмент динаміки вхідних хендоверів
для двох кластерів з 6 БС

Час	Напрямок											
	10354	10355	10356	10864	11064	11274	11275	11276	11484	11624	11625	11626
0:00	2	12	0	5	0	0	0	17	0	0	0	2
0:15	0	10	0	3	0	0	0	2	0	0	0	1
0:30	3	13	0	1	0	0	0	3	0	0	0	2
0:45	0	12	0	2	0	0	0	1	0	0	0	4
1:00	1	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
1:15	0	18	0	1	0	1	0	7	0	0	0	1
1:30	1	9	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
1:45	0	7	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0
2:00	2	19	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
2:15	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:30	0	9	0	5	0	0	0	4	0	0	0	3

Записи з таблиці 1 показують кількість переходів по кожному з напрямків протягом кожних 15 хвилин. Пікове значення числа переходів складає 136 о 18:45, що відповідає кінцю робочого дня і часу пік в транспортних системах.

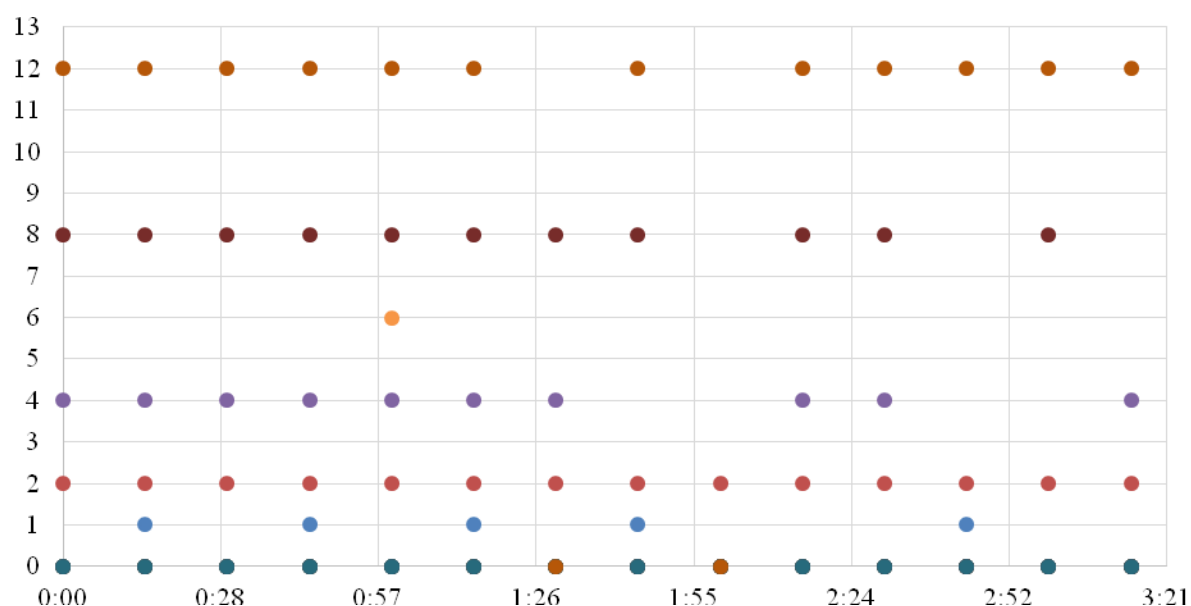


Рис. 2 Навантаження вхідними хендовер викликами двох кластерів з 6 БС

Проаналізувавши інформацію про вхідні хендовер виклики можна говорити про те, чи ефективно буде динамічно виділяти канали з загального пулу каналів під хендовер виклики в певний час доби, тижня, року з урахування географічного розміщення БС, секторів БС та мереж зв'язку. В періоди великого навантаження, коли викликів буде значно більше ніж усереднене значення[4], а трафік буде мати властивості самоподібності, то постає задача про розрахунок необхідних буферів, величина яких залежатиме від характеру функції навантаження та прогнозування.

Література

1. Короненко А. М. Метод ефективного динамічного розподілення каналів між голосовими викликами та даними / А. М. Короненко // Electronics and Communications – 2014. – № 4(81) – С.83-89.
2. Короненко А. М. Дослідження динаміки навантаження мультисервісної мережі / А. М. Короненко // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – 2014. – № 60 – С. 95-101.
3. Кулаков Ю. О. Аналіз методів прогнозування та розрахунок прогнозу зміни числа хендовера в стільнику мультисервісної мобільної мережі / Ю. О. Кулаков, А. М. Короненко // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – 2014. - № 61.
4. Меликов А. З. Метод расчета параметров интегральной сотовой сети связи с изолированным разделением каналов / А. З. Меликов, М. И. Фаттахова, Г. М. Велиджанова // Электронное моделирование. – 2014. – Т. 36. - № 5. – С. 37-47.

ЙМОВІРНІСТЬ ПЕРЕРИВАННЯ ЗВ'ЯЗКУ В МІМО-СИСТЕМІ З ОБМЕЖЕНИМ ВІДНОШЕННЯМ СИГНАЛ-ШУМ

Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: sakravchuk@ukr.net

Mathematical model of the outage probability in MIMO-system with Rician fading and limited signal-to-noise

The mathematical model of MIMO-system for Rician fading conditions considering the limited signal-to-noise ratio SNR values in coefficients of transmission modes for diversity and multiplexing, allowing more realistically analyze the possibility of a tradeoff between these two regimes in the MIMO system. Thus revealed that significantly reduces the spatial correlation coefficient attainable transmission diversity limited SNR compared to the asymptotic values of high SNR. Transfer coefficient at the diversity and taking into account the limitations SNR to evaluate the additional power required, which is required to reduce the likelihood of errors when used in MIMO-system adaptation data rate.

На даний час значного поширення при розробці сучасних систем безпроводового доступу набув метод просторово-часового кодування сигналу, при якому передача даних здійснюється за допомогою багатоантенної системи множинного входу і множинного виходу МІМО (Multiple Input Multiple Output), що дозволяє збільшити пропуску здатність безпроводового каналу [1].

Технологія МІМО характеризується просторовими рознесенням (Spatial Diversity) і мультиплексуванням (Spatial Multiplexing). Просторове рознесення обумовлюється можливістю рознесення антен приймачів і передавачів, при якому копії сигналу передаються з кількох антен, або приймаються на більш ніж одну антену. Просторове мультиплексування полягає в одночасній передачі більш ніж одного просторового потоку даних на одній частоті. Тому побудова надійних і ефективних МІМО-систем тісно пов'язана з постійним пошуком компромісу між просторовим рознесенням, яке збільшує енергетичний ресурс, і просторовим мультиплексуванням, що підвищує смуговий ресурс.

Теоретичний опис такого компромісу був представлений в [2], де було отримано асимптотичні межі представлення двох режимів роботи МІМО-системи: рознесення і мультиплексування як методів підвищення надійності і спектральної ефективності, відповідно. Однак отримана асимптотична характеристика компромісу дійсна тільки для випадку високошвидкісної передачі даних і, відповідно, низького рівня помилок, тобто дуже високих значень відношення сигна-шум SNR, що не є типовим для реальних систем радіозв'язку.

Хоча на даний час мають місце ряд математичних виразів для опису взаємної інформації МІМО і, відповідно, ймовірності переривання зв'язку,

але вирази для випадку врахування компромісу між режимами рознесення та мультиплексування нам не відомі. При цьому з появою малорозмірних комірок в системах радіодоступу (наприклад, мікросітьників) та розвитком систем міліметрового діапазону хвиль збільшується потреба в теоретичній базі щодо умов поширення сигналу при райсовських завмираннях, коли мають місце дві складові: прямої видимості LOS (line-of-sight) і непрямой видимості NLOS (nonline-of-sight).

Таким чином, метою даної роботи є розробка математичної моделі MIMO-системи для умов райсовських завмирань з урахуванням обмежених значень SNR в коефіцієнтах передачі для режимів рознесення та мультиплексування; отримання функціональної залежності ймовірності переривання зв'язку такої системи при врахуванні компромісу між рознесенням і мультиплексуванням.

Розглянемо вузькосмугову MIMO-систему з N передавальними і M приймальними антенами. Відповідно просторовий канал такої системи буде мати матрицю $\mathbf{H}$ розмірністю $N \times M$.

У випадку райсонівських завмирань канална матриця може бути записана у вигляді $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{\text{LOS}} + \mathbf{H}_{\text{NLOS}}$, де $\mathbf{H}_{\text{LOS}}$ і $\mathbf{H}_{\text{NLOS}}$ – каналні матриці компонент прямої видимості LOS і непрямой видимості NLOS, відповідно. При відсутності просторової кореляції часто використовувані моделі для цих матриць наступні: $\mathbf{H}_{\text{LOS}} = [K / (K + 1)]^{1/2} \mathbf{1}_{N \times M}$ і $\mathbf{H}_{\text{NLOS}} = [1 / (K + 1)]^{1/2} \mathbf{H}_w$, де K – райсовський K -фактор; $\mathbf{1}_{N \times M}$ – матриця розмірністю $N \times M$, що складається з одиниць; $\mathbf{H}_w$ – матриця розмірністю $N \times M$, елементи якої є комплексними гауссівськими випадковими змінними з нульовим середнім і одиничною дисперсією.

На практиці значення SNR обмежені, тому виникає потреба в новому аналізі компромісу між рознесенням і мультиплексуванням для реальних SNR з урахуванням PER. Коефіцієнт передачі при мультиплексуванні r визначається як відношення R до пропускної здатності каналу з AWGN при snr з коефіцієнтом передачі решітки q : $r = R / \log_2(1 + q \text{snr})$.

При низьких значеннях SNR коефіцієнт передачі решітки залежить від взаємної інформації I MIMO-каналу. При умові $\lim_{\text{snr} \rightarrow 0}$,

$I \approx \log_2 \left[1 + \frac{\text{snr}}{N} \|\mathbf{H}\|_F^2 \right]$, де $\|\mathbf{H}\|_F = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M |h_{ij}|^2}$ – норма Фробеніуса матриці каналу. Таким чином, для порівняння характеристик рознесення і переривання зв'язку нахрест різних N і M при низьких і середніх значеннях SNR, коефіцієнт передачі решітки q обирається так, що $g = \frac{1}{N} M [\|\mathbf{H}\|_F^2] = M$.

При постійному коефіцієнту передачі при мультиплексуванні спектральна ефективність збільшується при збільшенні SNR. Коефіцієнт передачі при мультиплексуванні r забезпечує індикацію чутливості поведінки адаптації швидкості передачі даних при зміні SNR.

Коефіцієнт передачі $d(r, \text{snr})$ при рознесенні системи з адаптацією по швидкості передачі даних з фіксованим коефіцієнт передачі

мультиплексування r при $\text{SNR} = \text{snr}$ визначається негативним нахилом кривої ймовірності переривання зв'язку від SNR в логарифмічному масштабі.

$$d(r, \text{snr}) = -\text{snr} \frac{\partial \ln P_{\text{out}}(r, \text{snr})}{\partial \ln \text{snr}},$$

$P_{\text{out}}(r, \text{snr}) = \Pr[I < r \log_2(1 + q \text{snr})]$ – ймовірність переривання зв'язку MIMO-системи як функція від коефіцієнту передачі при мультиплексуванні і SNR .

При райсовських завмираннях ймовірність переривання зв'язку як нижня можлива межа може бути визначена через функцію одновимірної щільності ймовірності (ФЩІ) F_{X_l} у наступному вигляді $P_{\text{out}}(r, \text{snr}) > \prod_{l=1}^N F_{X_l}(\tilde{\beta}_{\rho,l})$,

де $r = \sum_{l=1}^N \tilde{\beta}_l \tilde{\beta}_0 = 0$; $\tilde{\beta}_{\rho,l} = [(1 + g\rho)^{\tilde{\beta}_l} - (1 + g\rho)^{\tilde{\beta}_{l-1}}]N/\rho$; X_n - незалежні випадкові змінні ($0 < x_1 < \dots < x_N$). Для $l = 1, 2, \dots, N-1$ X_l є гамма-змінною з параметрами $(M - N + 2l - 1, 1 / (K + 1))$, а X_N – нецентральною гамма-змінною з параметром форми $M + N - 1$, нецентральним параметром KMN і параметром масштабування $1/(K+1)$. Тоді для $l = 1, 2, \dots, N$ буде справедливим нерівність ймовірностей $\Pr[\lambda_{\text{райс},N} < x_l] \geq \Pr[\sum_{n=1}^l X_n < x_l]$.

Висновок.

Розроблено математичну модель MIMO-системи для умов райсовських завмирань з урахуванням обмежених значень SNR в коефіцієнтах передачі для режимів рознесення та мультиплексування, що дозволило більш реально проаналізувати можливість досягнення компромісу між цими двома режимами в MIMO-системі. При цьому виявлено наступне.

Коефіцієнт передачі при рознесенні та при врахуванні обмеження SNR дозволяє оцінити додаткову необхідну потужність, яка потрібна для зменшення ймовірності помилки на задане значення при використанні в MIMO-системі адаптації по швидкості передачі даних. Коефіцієнт передачі по рознесенню в залежності від SNR для фіксованих коефіцієнтів передачі по мультиплексуванню може бути визначений за допомогою негативного нахилу кривої графіку функції ймовірності переривання зв'язку від SNR в логарифмічному масштабі.

Наявність LOS-компонентів при райсовських завмираннях робить коефіцієнт передачі при рознесенні більшим у випадку асимптотично високих значень SNR .

У випадку наближення коефіцієнту передачі при мультиплексуванні до нуля, приведений обмежений коефіцієнт передачі при рознесенні в залежності від SNR залишається одним і тим же для різних MIMO-систем і зовнішнього середовища поширення.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. – К.: Наукова думка, 2009. – 312 с.
2. Zheng L., Tse D.N.C. Diversity and multiplexing: A fundamental tradeoff in multiple antenna channels // IEEE Trans. Inf. Theory. – 2003. - vol. 49, № 5. - P. 1073–1096.

ЗАСТОСУВАННЯ КРИТЕРІЮ РІВНЯ ЯКОСТІ СИГНАЛУ ДЛЯ ОЦІНКИ МЕТОДІВ ПЕРЕДАЧІ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: sakravchuk@ukr.net

Assessment handover methods with the parameter of signal quality level

Designed integral criterion, named parameter of signal quality level (QoL), which connects the energy and quality indicators of the access channel, allows evaluation of the application of a handover methods. This criterion takes into account the level of the received signal, the probability of failure call reception, interference probability.

На даний час розвиток сучасного інформаційного суспільства ставить вимоги до збільшення пропускної здатності систем радіодоступу, що в свою чергу, при розгортанні мереж систем стільникового мобільного зв'язку потребує зменшення радіусу стільника (до мікростільника) та збільшення кількості базових станцій (БС), що обслуговують такі стільники [1, 2]. Відповідно до цього збільшується і кількість можливих передач обслуговування (ПОб) при русі мобільного користувача між БС мережі. А отже, набуває все більшого значення наявність у операторів найбільш вірогідного критерію для оцінки алгоритмів ПОб з метою вибору такого алгоритму, який буде здатен раціонально забезпечити кожному користувачеві задану для нього якість обслуговування QoS за конкурентоспроможною ціною.

Таким чином метою даної роботи є розробка інтегрального критерію, названого параметром рівня якості сигналу, який би пов'язував енергетичні та якісні показники каналу доступу, надавав можливість оцінки застосування того, чи іншого методу (алгоритму) ПОб.

В даній роботі будуть розглянуті класичні методи ПОб жорсткого типу [3]: пороговий, гістерезисний, комбінований порогово-гістерезисний.

Розглянемо мережу стільникового мобільного зв'язку з множиною базових станцій (БС) $\{БС_1, БС_2, \dots, БС_M\}$ (де M - кількість БС). Позначимо через v довільний елементарний відрізок шляху руху мобільного користувача. Для оцінки алгоритмів ПОб розглянемо множину можливих шляхів руху Θ користувача. Визначимо точки відліку (ТВ) як точки на елементарному відрізку шляху руху користувача, на яких проводиться вимірювання рівня прийнятого сигналу від БС. Тоді можна записати рівень сигналу від $БС_j$, прийнятий в i -й ТВ, через S_{ij} . Визначимо послідовність ПОб $x(v)$ на елементарному відрізку v як послідовність БС, встановлених в ТВ, у вигляді $x = \langle b_1, b_2, \dots, b_N \rangle$ (де N – кількість ТВ).

Для кожного елементарного відрізка шляху визначимо множину усіх можливих послідовностей ПОб як $X = \{x_i | 0 < i \leq M^N\}$. Кількість ПОб $\beta(x)$ в

послідовності ПОБ x дорівнює кількості змін в послідовності БС. Так, послідовність ПОБ $x = \{БС_1, БС_1, БС_2, БС_3, БС_3, БС_1\}$ має $\beta(x) = 3$.

Для заданої послідовності ПОБ x визначимо $S_i(x) = S_{ij}$ таким, що $БС_j = b_i$, де $b_1 \in x$. Прийmemo величину $S_{\min}$ як мінімальне значення рівня сигналу на приймачі, нижче якого якість сигналу не відповідає вимогам, закріпленими за користувачем; і величину $S_{\max}$ – рівень сигналу, вище за який покращення характеристики сигналу незначне.

Для заданого елементарного відрізка шляху і відповідній йому послідовності ПОБ запишемо наступні можливі виміри якості сигналу: середній рівень прийнятого сигналу $СРПС(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i(x)$; кількість допустимих точок відліку $КДТВ(x)$, що представляє собою кількість ТВ послідовності ПОБ з рівнем сигналу більшим за $S_{\min}$. Приймавши $\Psi_x = \{i | S_i(x) \geq S_{\min}\}$, маємо, що $КДТВ(x)$ відповідає кількості елементів в послідовності Ψ_x , тобто $КДТВ(x) = |\Psi_x|$; параметр рівня якості сигналу (РЯС, Quality of Level) $QoL(x)$, який пропонується в даній роботі, визначається наступним чином $QoL(x) = A(x) - B(x)$, де $A(x)$ – складова РЯС, яка враховує покращення якості сигналу і визначається як відношення $\sum_{i \in \Psi_x} \xi_i(x) / |\Psi_x|$; $\xi_i(x) = S_i(x)$ при умові, що $S_i(x) < S_{\max}$, тобто $\xi_i(x) = S_{\max}$; $B(x) = \delta N(x)$; $N(x) = (N - |\Psi_x|)$ – кількість відліків з рівнем сигналу меншим ніж $S_{\min}$; δ - штраф за недозволену ТВ.

Прийmemo за p максимум, при якому підтримується пропорційність ТВ з сигнальною якістю нижче $S_{\min}$, тобто $N(x) / N \leq p$. Якщо $|\Psi_x| \neq 0$, то РЯС може приймати мінімальне значення в двох випадках: при $N(x) / N = p$ і при $\sum_{i \in \Psi_x} \xi_i(x) / |\Psi_x| = S_{\min}$. Тоді параметр δ може бути таким, що його мінімальне значення більше або рівне нулю і буде визначатись із виразу $\delta \leq A(x) / N(x) = S_{\min} / p N$. При цьому δ прийнята лінійною функцією. В результаті отримаємо

$$QoL(x) \geq A(x) - S_{\min}(N - |\Psi_x|) / p N.$$

Виміри СРПС, ЛДТВ і РЯС визначаються для будь-якого x на довільному відрізку шляху $v \in \Theta$. Для окремого алгоритму ПОБ має місце принаймі одна оптимальна послідовність ПОБ для даного v згідно з основними критеріями алогитму. Припускаючи, що усі елементарні відрізки є незалежними і однаково важливими, то різні алгоритми ПОБ можуть бути оцінені шляхом усереднення значень величин вимірів по всім елементарним відрізкам. Тоді усереднене значення QoL можна записати у наступному вигляді $\widehat{QoL} = \sum_v QoL(x(v)) / |\Theta|$.

Параметр p відповідає ймовірності пропадання виклику P_n (сигналу запиту по каналу сигналізації). На практиці, виклик відкидається (пропадає), якщо має місце або високий рівень завад в радіоканалі, або рівень сигналу нижче певного порогу $S_n < S_{\min}$ (умова пропадання виклику) зберігається протягом d послідовних вибірок в послідовності ПОБ.

Тоді ймовірності пропадання виклику на елементарному шляху v з N_v послідовних ТВ ($N_v > d$) задається наступною рекурсивною формулою:

$$P_{pv}(N_v) = P_{pv}(N_v - 1) + Z_v(1 - P_{pv}(N_v - d - 1)),$$

де $Z_v = P_v^d(1 - P_v)$; $P_v = 1 - (1 - \sigma_v)(1 - \mu_v)$ – ймовірність наявності єдиної ТВ, що задовольняє умові пропадання виклику; σ_v – ймовірність прийому рівня сигналу нижче S_n ; μ_v – ймовірність прийому співканальної завади вище певного значення; $P_v^d = P_{pv}(N_v = d)$. Тоді усереднене значення ймовірності пропадання виклику по $|\Theta|$ елементарним шляхам складає $P_n(N_v, d) = \sum_{v=1}^{|\Theta|} P_{pv}(N_v) / |\Theta|$.

Враховуючи кількість ТВ N_v , можна визначити величину d так, щоб $P_n(N_v, d)$ була нижчою за певний поріг, який відповідає заданим вимогам на якість обслуговування QoS. Величина p вибирається із умови виконання нерівності $p \geq d / N_v$. Знаючи величину p для даної послідовності ПОБ елементарного шляху з $N = N_v$. ТВ можна розрахувати мінімальне значення QoL. Для того, щоб можна було провести порівняння різних методів ПОБ доцільно ввести частоту слідування QoL на одну ПОБ: $\tau = \widehat{QoL} / \hat{\beta}$, де $\hat{\beta} = \sum_v [\beta(x(v))] / |\Theta|$.

Висновок. Розроблено інтегральний критерій, названий параметром рівня якості сигналу QoL, який пов'язує енергетичні та якісні показники каналу доступу, надає можливість оцінки застосування того, чи іншого методу передачі обслуговування. Даний критерій враховує рівень прийнятого сигналу, ймовірність пропадання виклику (сигналу запиту по каналу сигналізації), ймовірність прийому співканальної завади.

На базі розробленого критерію проведено порівняння існуючих методів передачі обслуговування (пороговий, гістерезисний, комбінований порогово-гістерезисний) і визначений компроміс між якістю сигналу і кількістю ПОБ.

Результати проведених чисельних досліджень показують, що найкращий показник якості сигналу QoL має гістерезисний метод, а ефективність застосування усіх методів ПОБ знижується зі збільшенням кількості ПОБ. При певних значеннях кількості передачі обслуговування в усіх методах досягаються свої високі значення QoL, і подальше зростання кількості ПОБ вже не дасть відчутного поліпшення показника якості сигналу, а отже і не буде ефективним. Визначена зона найбільш раціональних значень $\hat{\beta}$, яка в даному випадку складала від 1,1 до 1,3.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. – К.: Наукова думка, 2009. – 312 с.
2. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Основні тенденції розвитку сучасних ТС // Стан та перспективи розвитку інформатики в Україні (Відділення інформатики НАН України). – К.: Наукова думка, 2010. – С. 757–761.
3. Системи зв'язку з рухомими об'єктами / С.О. Кравчук, О.Г. Голубничий, А.Г. Тараненко, В. Г. Потапов, О.П. Ткаліч. – К.: Спринт-Сервіс, 2012. – 452 с.

ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ПОРТАТИВНИХ ТРОПОСФЕРНИХ РАДІОРЕЛЕЙНИХ СТАНЦІЙ

Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail:sakravchuk@ukr.net

Principles of creating portable tropospheric radio relay stations

The aim of this work is the creation of constructing the efficient portable Tropospheric Radio Relay Stations (TRRS) while maintaining the required immunity to multipath fading conditions to ensure the competitiveness of these TRRS against other wireless access systems.

Тропосфера представляє собою нижній шар атмосфери Землі. Її верхня границя перебуває на висоті приблизно 10...12 км. У тропосфері завжди є локальні об'ємні неоднорідності, викликані різними фізичними процесами, що відбуваються в ній. Радіохвилі діапазону дециметрового й сантиметрового діапазонів хвиль (особливо в смузі 0,3...5 ГГц) здатні розсіюватися цими неоднорідностями. З огляду на те, що неоднорідності перебувають на значній висоті, неважко представити, що розсіяні ними радіохвилі можуть поширюватися на сотні кілометрів. Ефект такого далекого тропосферного поширення радіохвиль був відкритий на початку 50-х років минулого сторіччя [1]. Його практичне застосування дало можливість побудувати новий тип радіорелейних ліній - тропосферні радіорелейні лінії з відстанню між сусідніми станціями від 150 км до 300 км, а в окремих випадках від 600 км до 800 км і навіть більше. Незважаючи на те, що тропосферні радіорелейні системи (ТРРС) значно складніші в реалізації, а пропускна здатність їх нижче, ніж радіорелейних систем (РРС) прямої видимості, завдяки більшій довжині прольотів ТРРС знайшли досить широке застосування, у першу чергу, у районах, де будівництво РРС утруднене. Основними особливостями тропосферного поширення радіохвиль, пов'язаними з фізичною природою цього явища, є дуже велике загасання радіосигналу на ділянці поширення й завмирання сигналу на вході приймача, які носять селективний по частоті характер. При цьому проявляється ефект багатопроменевості, обумовлений тим, що довжини променів, що проходять через різні ділянки об'єму, де проходить розсіювання, різні. Це приводить до перекручувань форми переданих сигналів, і об'єм, що розсіює, може розглядатися як чотириполіусник, що володіє обмеженою смугою пропускання. У цих умовах для забезпечення стійкого зв'язку доводиться підвищувати енергетичні параметри обладнання ТРРС, що досягається підвищенням потужності передавачів, застосуванням антен більших розмірів, використанням малoshумливих підсилювачів на вході приймачів, а також застосуванням більш ефективних методів формування й обробки сигналів при прийомі з метою зниження відношення сигнал-шум на вході приймача,

при якому забезпечуються виконання норм на якісні показники каналів і досить висока пропускна здатність.

Розгортання тропосферних станцій не висуває складних вимог до рельєфу місцевості. Не потрібно установки високих щогл, необхідних у випадку РРЛ для забезпечення прямої видимості.

В основі побудови таких тропосферних радіоліній зв'язку лежать два механізми поширення радіохвиль: на інтервалах більше 60...70 км - розсіювання радіохвиль на неоднорідностях тропосфери; на коротких інтервалах (менше 60...70 км) - дифракційне поширення радіохвиль. Тому станції, призначені для роботи в умовах наявності обох механізмів поширення, називають системами загоризонтного зв'язку.

Метою даної роботи є розв'язання важливої науково-технічної проблеми створення принципів побудови ефективних портативних ТРРС при збереженні необхідної завадостійкості в умовах багатопроменевих замирань з метою забезпечення конкурентоздатності зазначених ТРРС по відношенню до інших систем безпроводового доступу.

В Україні тропосферні станції виробляв Світловодський завод (Кіровоградська обл.). Головною продукцією цього заводу були рухомі тропосферні станції типу "ТОРФ" Р-412 у діапазоні частот 4,4...5,0 ГГц. Після 1991 р. було випущено кілька станцій типу "БРИГ" серії Р-423 цього ж діапазону, але цифрового виконання. Ці станції забезпечували на інтервалах до 150...180 км передачу інформаційного потоку зі швидкістю до 1 Мбіт/с.

До недоліків існуючих вітчизняних засобів військового загоризонтного радіорелейного зв'язку відносяться [2]:

- низька надійність зв'язку в умовах завад;
- великі габарити й енергоспоживання і, як наслідок, велика кількість транспортних засобів, відсутність автоматизованих антенно-щоголових пристроїв;
- низькі характеристики з електромагнітної сумісності;
- відсутність уніфікації радіорелейних станцій з систем управління й недостатня ефективність систем функціонального контролю і діагностики.

Розглядаючи необхідність створення портативних ТРРС на дальність до 100 км, доцільно визначити основні принципи їх створення:

- зменшення масогабаритних показників, можливість ручного перенесення обладнання станції;
- управління потужністю випромінювання в широких межах;
- підвищення швидкості передачі інформації до 10 Мбіт/с і більше;
- підключення до мережного обладнання, зокрема інтерфейсу Ethernet 100 BASE-TX, при потребі наявності портів з можливістю інкапсуляції зовнішнього потоку конвертора E1 (G.703) в Ethernet;
- підвищення енергетики радіолінії за рахунок використання нових радіотехнологій та додаткової цифрової обробки сигналу;
- робота в режимах прямої і непрямой видимості, можливість роботи в діапазоні супутникового зв'язку;

- багатодіапазонність радіообладнання, можливість роботи в діапазонах частот загоризонтного зв'язку, радіорелейних систем прямої видимості і супутникового зв'язку;
- наявність вбудованої системи функціонального контролю;
- використання багаторівневої адаптації до зміни навколишніх умов роботи: просторова адаптація в межах двох просторових каналів, частотна адаптація в межах одного просторового каналу та всього діапазону частот з вибором оптимального за смугою частот та частотним присвоєнням каналу, часова адаптація в межах одного частотного каналу за рахунок використання технології адаптивної модуляції та кодування;
- забезпечення необхідного рівня завадостійкості (10^{-6}) шляхом використання кодів з прямою корекцією помилок разом з перемежуванням, яке враховуватиме особливості поширення радіохвиль через тропосферні канали;
- використання просторово-частотного рознесення: два незалежних просторових канали, кожен з яких має в своєму складі до чотирьох одночасно працюючих незалежних частотних каналів, що потенційно дозволить збільшити пропускну здатність приблизно в сім разів відносно використання одно каналного режиму;
- дальність передачі цифрового потоку на швидкості до 1 Мбіт/с при коефіцієнті бітових помилок не гірше 10^{-6} до 100 км;
- діапазон робочих частот виробу - 4,4...5,0 ГГц;
- вихідна потужність передавача на антенному фланці повинна бути не більше 500 Вт;
- антенно-поворотний пристрій повинен забезпечувати юстировку антени: по азимуту - у межах ± 25 град., по куту місця - у межах $+35 -15$ град;
- наявність дистанційного управління ТРРС на віддаленні не більше 100 м;
- забезпечення електромагнітної сумісності. Величина побічних складових випромінювання ТРРС щодо рівня гармонічних, інtermодуляційних складових та інших видів випромінювань повинна відповідати вимогам діючих стандартів;
- стандартизація і уніфікація обладнання. Обладнання ТРРС повинно будуватися по блочно-модульному принципу на базі єдиних уніфікованих конструкцій, розроблених з використанням сучасної та перспективної мікроелектронної елементної бази.

Література

1. Серов В.В. Тропосферная связь. История и перспективы // Технологии электромагнитной совместимости 2012. № 2(41). – С. 55-60.
2. Проектирование модема современных тропосферных радиорелейных станций / А.Г. Войтенко, Н.Н. Кайденко, С.А. Кравчук, Т.Н. Нарытник // Матер. 23-й Международной Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013). Севастополь, 8–13 сентября 2013 г. – Севастополь: Вебер, 2013. – С. 326–327.

БАГАТОСТАНЦІЙНИЙ ДОСТУП НА ОСНОВІ М-АРНОЇ ОРТОГОНАЛЬНОЇ МАНІПУЛЯЦІЇ В БЕЗПРОВОДОВОМУ ЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мазуренко О.В., Орищук М.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: mazurenko.alexander@gmail.com

Multiuser access that is based on M-ary orthogonal keying in military wireless communications

Special case of M-ary orthogonal keying application for military wireless communications is presented in this paper. Performance evaluation of this case in comparison to DS-CDMA is also presented.

Вступ. Системи безпроводового зв'язку спеціального призначення повинні забезпечувати високий рівень скритності та завадозахищеності. Проте, при класичному підході це забезпечується за рахунок зниження продуктивності в пропускній здатності, кількості станцій, що можуть бути одночасно обслужені, зменшенні зони покриття і т.і. Для даних потреб одним з найкращих підходів є використання принципів розширення спектру. Особливим випадком, що досі не розкритий повністю є використання М-арної ортогональної маніпуляції (МОМ), який забезпечує менший програш в пропускній здатності при розширенні спектру. Принципи його багатоканального використання коротко описані в [1]. Додатково підвищити продуктивність даних систем та вирішити конфлікти багато станційного доступу допоможуть спеціальні процедури синхронізації та методи тривимірного просторового мультиплексування, що наведені в [2].

Основна частина. В даній роботі описується дослідження роботи безпроводового зв'язку з коефіцієнтом розширення спектру $M = 1024$, що забезпечує енергетичний виграш 30дБ при роботі з одним каналом. В якості методу передачі даних для нашої системи було використане багатоканальна М-арна бі-ортогональна маніпуляція (БМБОМ), за рахунок використання якої і було досягнуто підвищення ефективності системи.

Перевагою БМБОМ над класичною DS-CDMA є те, що інформація передається не лише в полярності ортогональної розширюючої послідовності (ОРП) але в її індексі чи номері в ансамблі. Таким чином спектральна ефективність системи значно підвищується. Програш в завадозахищеності з приростом кількості каналів рівний порядку збільшення каналів для БМБОМ та DS-CDMA є однаковим. Таким чином БМБОМ є і більш енергетично ефективною. Результати порівняння спектральної ефективності при використанні ансамблю з 1024 ОРП для БМБОМ та DS-CDMA та її виграшу відображено на рис.1 та рис.2 відповідно.

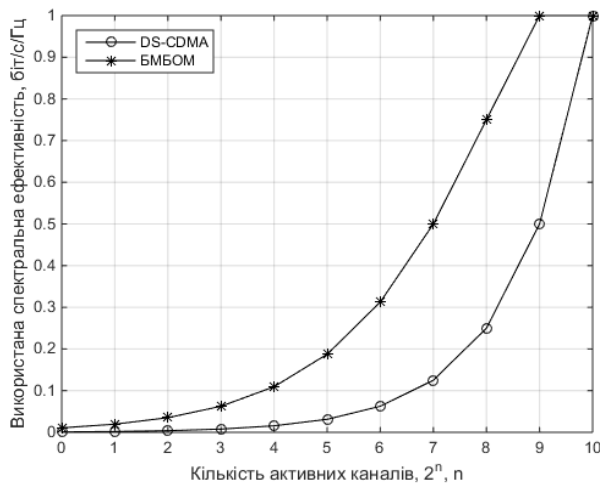


Рисунок 1. Використана спектральна ефективність БМБОМ та DS-CDMA

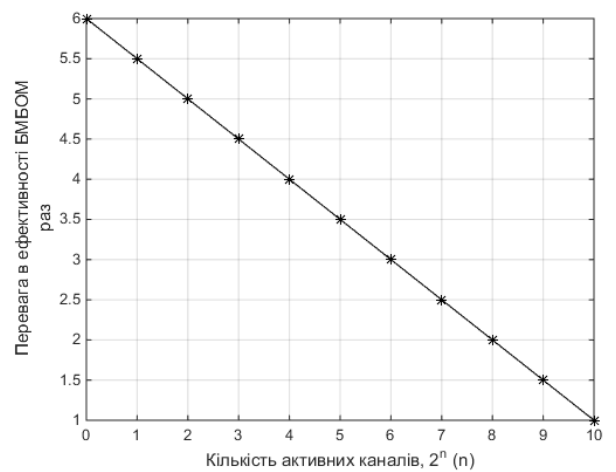


Рисунок 2. Перевага в спектральній ефективності БМБОМ над DS-CDMA

БМБОМ може бути спрощеною до просто МОМ (БМОМ) чи модифіковане до квадратурного МОМ (БМКОМ). В одному каналі шириною 1 МГц при використанні ансамблю з 1024 ОРП вони забезпечують наступні швидкості передачі та енергетичний виграш в завадозахищеності (таблиця 1)

Таблиця 1

Тип маніпуляції	Швидкість передачі R, кБіт/с	Енергетичний виграш W, дБ
DS-CDMA	~0,97	30
БМОМ	~9,7	30
БМБОМ	~10,7	27
БМКОМ	~21,4	24

З збільшенням кількості каналів призводить до рівнозначного зменшення енергетичного виграшу.

В ході роботи були змодельовані дві 16-ти каналні системи на основі DS-CDMA та БМБОМ/ БМКОМ кодера/декодера при передачі по каналу з АБГШ. В ході виконання, отримані показники рівня бітової помилки цих двох систем (рис. 3).

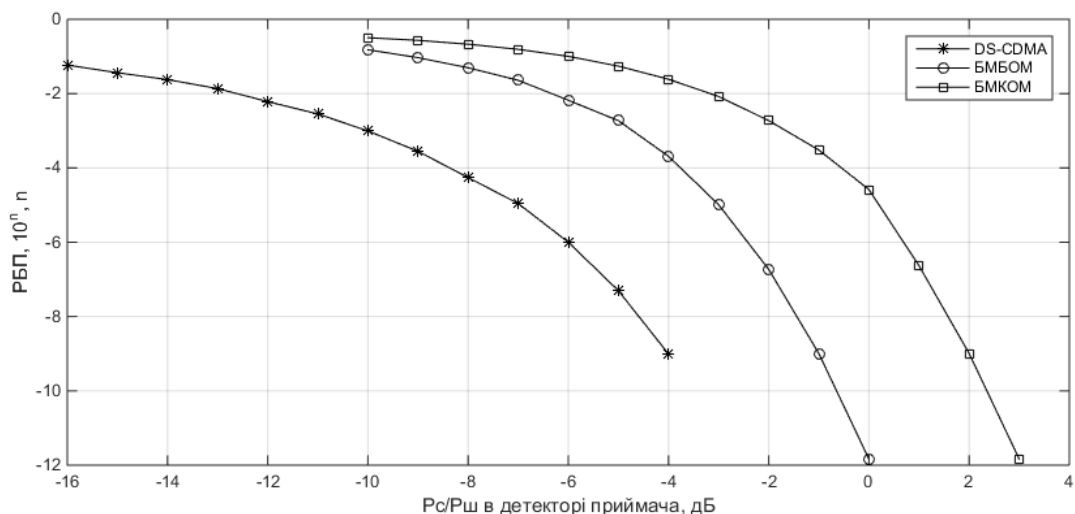


Рисунок 3. Рівень бітової помилки БМБОМ/ БМКОМ у порівнянні з DS-CDMA

Як видно з рис. 3, БМБОМ система має вдвічі вищий рівень бітових помилок ніж DS-CDMA у випадку організації 16 каналів. Пояснити такі результати можна виходячи з того, що система БМБОМ має в 7 разів більшу спектральну ефективність (рис. 1), а отже, і швидкість передачі. Проте, для модуляції даних БМБОМ використовує АФМ-3 модуляцію, тоді як DS-CDMA використовує ФМ-2 модуляцію, яка має на 3 дБ більше відношення сигнал/шум (ВСШ) при однакових рівнях бітових помилок. Це пояснюється тим, що АФМ-3 модуляція має в 2 рази меншу відстань між сигнальними точками сузір'я ніж ФМ-2. Отже, загальне підвищення ефективності системи на основі БМБОМ, у порівнянні з DS-CDMA складає $7/2 = 3,5$ рази.

Для більшої точності, розглянемо ще один метод порівняння загальної ефективності систем, через різну природу кодування БМБОМ і DS-CDMA. Для початку, знайдемо випадок, коли бітова помилка чи енергетична ефективність для обох систем однакова, після чого зрівняємо їх спектральні ефективності. Звертаючись до випадку зазначеного вище, 16 канална DS-CDMA має однакову продуктивність бітової помилки з 8 каналною БМБОМ системою. Але БМБОМ має у 4 рази більшу спектральну ефективність, тому вона більш ефективніша ніж DS-CDMA.

Як видно із рис. 2, 3, система БМБОМ більш ефективніша ніж система DS-CDMA для будь-якої кількості організованих каналів. Максимальна перевага БМБОМ встановлюється у випадку одноканальної системи і зменшується зі збільшенням кількості каналів.

Для збільшення продуктивності системи бажано використовувати принципи забезпечення синхронної передачі сигналів в обох напрямках між станціями кореспондентами при CDMA, які описані в [2].

Висновки. У роботі представлений новий підхід до побудови радіоканалів багатоканальних систем зв'язку спеціального призначення. Показано, що найбільш ефективним каналоутворюючим кодуванням для даних систем є БМБОМ і її види, оскільки вони забезпечують найбільші швидкість передачі, скритність та завадозахищеність (енергетичний виграш). Вона перевершує класичну схему DS-CDMA по спектральній ефективності в 11 разів при передачі одного каналу з коефіцієнтом розширення 1024. Використання при цьому АФМ-3 модуляції замість ФМ2 понижує енергетичну ефективність БМБОМ у 2 рази у порівнянні з DS-CDMA. Результати підтверджені при моделюванні в пакеті MATLAB. Порівняння продуктивності при моделюванні 16 каналних систем DS-CDMA та БМБОМ показали виграш у загальній ефективності в 4 рази останньої над першою.

Література

1. Касьяненко Д.Г., Ковальчук К.П., Мазуренко О.В. Багатоканальне використання «МВОК» модуляції. // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" (ПТ-14), 22–25 квітня, 2014 р. Збірник тез. К.: НТУУ "КПІ", 2014. – С. 89–91.
2. Mazurenko O.V., Yakornov Y.A. Principles of three dimensional spatial multiplexing in wireless communications. Telecommunication Sciences, 2013, Volume 4, № 2. P.47-52.

ОЦІНКА ТРОПОСФЕРНИХ РАДІОРЕЛЕЙНИХ СТАНЦІЙ ЗА КРИТЕРІЄМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ БЕЗПЕКИ

Наритник Т.М.

НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ»

e-mail:director@mitris.com

Evaluation of tropospheric scatter radio-relay stations according to the criterion of electromagnetic safety

Approaches to the estimation of tropospheric stations criterion electromagnetic safety and comparative data on electromagnetic safety of different models of stations. The necessity for the transition to a fundamentally new information and communication technologies when designing tropospheric scatter radio-relay lines of the new generation.

Динамічний розвиток телекомунікаційних систем супроводжується появою ряду нових проблем, які мають не тільки технологічні, економічні, але також і екологічні аспекти. В теорії та практиці проектування телекомунікаційних систем сформувався новий напрям – забезпечення електромагнітної безпеки [1-8]. Прогнозування електромагнітної обстановки навколо технічних засобів телекомунікацій для забезпечення електромагнітної безпеки людини, яка знаходиться в зоні впливу випромінюючих об'єктів, є одним із головних факторів при виборі технічних рішень при плануванні розміщення, проектуванні і експлуатації випромінюючих технічних засобів телекомунікаційних систем [9-10].

Одним із перспективних напрямів телекомунікацій є створення тропосферних радіорелейних станцій, які до останнього часу вважались системами з надзвичайно великими енергетичними потенціалами випромінюючих радіоелектронних засобів. Тому оцінка тропосферних радіорелейних станцій за критерієм електромагнітної безпеки є актуальною.

В Україні розроблена нормативна база, яка містить в собі комплекс нормативних документів, в яких, в основному, здійснюється регламентація такого важливого параметру електромагнітного поля, як густина його потужності, тобто встановлені її гранично допустимі рівні [1]. Причому досить актуальною задачею є розробка єдиних підходів до нормування електромагнітних полів в рамках Міжнародного проекту по вивченню електромагнітних полів під егідою Всесвітньої організації охорони здоров'я [2].

Мікрохвильовий (сантиметровий) діапазон електромагнітного поля, в якому працюють сучасні тропосферні радіорелейні станції, знаходиться в межах 4,4-5,0 ГГц. Доказано, що радіохвилі з частотою вище 1 МГц приводять до нагріву тканин людини (внаслідок поглинання енергії поля). У зв'язку з цим вкрай актуальною у всьому світі є біологічна безпека [biosafety]. Біологічна безпека визначається впливом електромагнітного випромінювання на організм людини, яке зазвичай оцінюється з допомогою санітарних норм, що

встановлюють допустимий межа випромінювання. Такі межі, як правило, в 50-100 раз менші значень інтенсивностей, при яких в організмі відбуваються необоротні зміни. Для України встановлена норма щільності потоку потужності $0,0025 \text{ мВт/см}^2$, без обмеження часу, а для Росії - $0,01 \text{ мВт/см}^2$, усереднена за 20 годин. Значення SAR для США прийнято $1,6 \text{ мВт/г}$ для інтервалу усереднення, рівного 30 хв. В Україні електромагнітного значення SAR не встановлені.

Дія електромагнітного випромінювання на організм людини залежить від поглинутої енергії, яка переходить в теплову енергію. Процес поглинання залежить від довжини хвилі: хвилі міліметрового діапазону поглинаються поверхневими шарами шкіри; хвилі сантиметрового – шкірою і підшкірною клітчаткою; хвилі дециметрового – внутрішніми органами; хвилі метрового – всім тілом. По інтенсивності випромінювання ділять на: малоінтенсивні – менше 10 мВт/см^2 і високоінтенсивні – більше 10 мВт/см^2 . Таке малоінтенсивне високочастотне (ВЧ) випромінювання нагріває тканину не більше, ніж на $0,1^\circ\text{C}$ за час, менший 6 хвилин (0,1 год). При інтенсивностях більших 10 мВт/см^2 значно підвищується температура (так званий тепловий ефект) опромінюваної тканини. Чітко виявлений тепловий ефект дециметрових і сантиметрових хвиль, коли температура підвищується під час опромінювання тканини. Значення 10 мВт/см^2 вибране як деяке порогове значення тому, що в нормальних умовах тіло людини віддає в оточуюче середовище кількість теплоти, що відповідає тепловому потоку 10 мВт/см^2 поверхні. Це відповідає енерговитратам при легкій роботі. При інтенсивностях опромінювання 25 мВт/см^2 знаходиться в зоні опромінювання заборонено, а доза 100 мВт/см^2 – це найменше граничне значення інтенсивності опромінювання, яке здатне створити незворотні процеси у людини.

В якості антен тропосферні радіорелейні станції використовують апертурні дзеркальні антени із параболічним рефлектором з такими параметрами:

Діаметр антени, м	Коефіцієнт підсилення антен, дБ	Ширина діаграми спрямованості антени в головній пелюстці, град
2,65 м (для ТРРС «Р-423»)	39,0	1,69
1,25 м (для ТРРС «Чайка»)	32,0	3,58

Виходячи із формули для густини потоку потужності P_0 антени з коефіцієнтом підсилення G , яка випромінює потужність $P_{\text{випр}} = P_{\text{ПРД}} \cdot G$, розрахована відстань R , що відповідає граничному значенню $P_0 = 2,5 \text{ мкВт/см}^2$: $R[\text{м}] = \sqrt{\frac{10^2 P_{\text{ПРД}} \cdot G}{\pi}}$, де $P_{\text{ПРД}}$ - потужність передавача на вході антени.

Маємо: для ТРРС «Р-423» ($P_{\text{ПРД}} = 1 \text{ кВт}$) – $R = 5 \text{ км}$; для ТРРС «Чайка»

($P_{\text{прд}} = 100 \text{ Вт}$) – $R = 0,7 \text{ км}$. Для порогового значения густини потоку потужності $P_{\text{пор}} = 10 \text{ мВт/см}^2$ отримаємо наступні значення в головному пелюстку: для ТРРС «Р-423» - $R = 50 \text{ м}$; для ТРРС «Чайка» - $R = 4,3 \text{ м}$. В усіх інших пелюстках: для ТРРС «Р-423» - $R < 3,1 \text{ м}$; для ТРРС «Чайка» - $R < 0,4 \text{ м}$.

Таким чином, ТРРС «Чайка» характеризується мало інтенсивним випромінюванням і відповідає нормам біологічної безпеки. Природа дає нам приклади надзвичайно раціонального використання малих і понад малих (за сучасними уявленнями) рівнів потужності для передачі великих обсягів інформації. Необхідно переходити на принципово нові технології, які б з одного боку дозволили нарощувати обсяги переданої інформації, а з іншого здійснювали б це на екологічно безпечному рівні. Перехід на нову модель (стратегію) розвитку, що розвивається науковою школою Згуровського М.З. та одержала назву моделі стійкого розвитку, представляється природною реакцією щодо створення нових радіотехнологій і тропосферних радіорелейних систем на екологічно безпечних і ресурсозберігаючих принципах є вкрай актуальним і необхідним рішенням в реалізації ідеї стійкого розвитку.

Література

1. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. Сан Ні П №488/1533 від 29.08.1996 р. Київ, 1966.
2. Радиочастоты и микроволны. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 16.-Женева: Совместное издание Программы ООН по окружающей среде, Всемирной организации здравоохранения и Международной ассоциации по радиационной защите.-1984.-145с.
3. Ильченко М.Е., Калинин В.И., Нарытник Т.Н. Экологическая безопасность и микроволновые телекоммуникационные технологии. Материалы Международного симпозиума «Инженерная экология-2009».-Москва.-2009.
4. Нарытник Т.Н, Лазоренко В.Н., Кашин С.В. О новых государственных санитарных нормах и правилах защиты населения от воздействий электромагнитных излучений. – Радиоаматор.1997.-№6 (48).- с.14-15.
5. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968. – 288с.
6. Кольчугин Ю.И. Система защиты окружающей среды и человека от воздействия электромагнитных лучей //Электросвязь.-1997.-№1.-с.15-16.
7. M.Ye. Ilchenko, T.N. Narytnik, A.I. Fisun, and O.I. Belous. Conception of Development of Millimeter and Submillimeter Wave Band.- RadioTelecommunication Systems.- Telecommunications and RadioEngineering, 67(17):1549-1564 (2008).
8. М.Е.Ильченко, Т.Н.Нарытник. Микроволновые телекоммуникационные технологии и биологическая безопасность. Наука і культура, №35, С.17-39.
9. Сподобов Ю.М. Основы электромагнитной экологии. /М.Радио и связь.-2000.-240с.
10. Определение уровней электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 700 МГц – 300 ГГц. Методические указания ТУК 4.3.680-97-М:Интэрсэн.-1998.-40 с.

СПОСОБ РАСШИРЕНИЯ ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА К ГЕТЕРОГЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ

Корытова О.А., Казимиренко В.Я., Сайко В.Г.

Государственный университет телекоммуникаций, Украина

E-mail: vkazim2@gmail.com,

Нарытник Т.Н.

СП «Институт электроники и связи УАИИП»

E-mail: director@mitris.com

The way to expand the service area for subscriber access for heterogeneous information network

This paper is devoted to the extension of the service area to provide subscriber access to heterogeneous information network, for example, In the Internet, due to the location of the access points in the area covered created in-formational flow in the posted directions, and local subscriber network is based on standard WiFi (802.11 n), and the terahertz range is used in the channels of the backhaul network.

Освоение суб- и терагерцовых частотных диапазонов требует как создания аппаратных средств, позволяющих их использование для реализации таких каналов и сетей, так и перспективных программно-аппаратных технологий, позволяющих обеспечить требуемое качество передачи [1].

Целью данной работы является расширение зоны обслуживания для обеспечения абонентского доступа к гетерогенной информационной сети, например, Интернет, за счет дислокации точек доступа по территории, покрываемой созданными информационными потоками в разнесенных направлениях. При этом локальная абонентская сеть создается на базе стандарта WiFi (802.11n), а терагерцовый диапазон используется в каналах сети backhaul. Это позволяет использовать в каналах абонентского доступа нелицензируемый частотный ресурс и позволяет подключать точку доступа к сети backhaul, как по цифровому, так и по высокочастотному (в данном случае терагерцовому) интерфейсам.

В качестве базового узла, реализующего процедуры помехоустойчивого кодирования/декодирования информационного потока, модуляцию/демодуляцию, перевод данного потока модуляционных символов на частоту радиоканала, в данном случае, на частоты в районе 2,5ГГц или в районе 5ГГц и обеспечения скорости передачи, обеспечивающей экономическую эффективность, использовался созданный формирователь информационного потока [2]. Этот формирователь создает мультиплексированный поток восьми субпотоков в формате 802.11n, каждый из которых создается с помощью Microtic R52Hn miniPCI.

R52Hn поддерживает около 300 Мбит скорости физической передачи данных. Фактическая пропускная способность на канальном уровне составляет 150 Мбит, как на восходящем, так и на нисходящем каналах. Это устройство может функционировать в диапазоне 2,5 ГГц и также в диапазоне в районе 5 ГГц в полосах 20 или 40 МГц, поддерживая технологию МИМО, обеспечивая тем самым еще высокую эффективность при использовании Интернетом. Мультиплекс восьми таких субпотоков обеспечивает скорость до 1,2 Гбит/с.

В патенте [3] описано реализованное техническое решение канала передачи данных в диапазоне 136 ГГц с общей полосой в обоих направлениях около 400 МГц. Мультиплексирование субпотоков реализовывалось на частоте около 2,5 ГГц. Ввод в диапазон около 140 ГГц осуществлялся посредством линейных трактов, подключаемых к приемной и передающей антеннам.

В [4-5] описаны технические решения создания хот-спотов и хот зон, обслуживающих абонентские сети. При этом центральная станция версии МИТРИС являлась основой для создания сети backhaul, которая подключалась к магистральному информационному каналу.

В [6] отражено техническое решение, предусматривающее подключение точек доступа к каналам системы МИТРИС-ИНТ, в которых используется одночастотная модуляция. При использовании в качестве опорного канала с одночастотной модуляцией (например, канал системы МИТРИС) точка доступа подключается по порту Ethernet к абонентским станциям системы. При использовании канала с многочастотной модуляцией точка доступа может также подключаться по цифровому порту или по высокочастотному интерфейсу.

Дефицит в настоящее время узлов линейного тракта (выходных усилителей мощности, входных малошумящих усилителей) в терагерцовом диапазоне не позволил обеспечить приемлемую дальность передачи. Поэтому на передающей и приемной стороне к портам передающей и приемной антенн подключались соответственно выход повышающего и вход понижающего смесителей. При этом уровень мощности на входе передающей антенны составил 50 мВт, а значение эффективной шумовой температуры приемника не превышало 5000 К. Оценка реализуемой дальности при использовании антенн с коэффициентом усиления 50 дБ показала реализуемую дальность около 1 км (модуляция 64-QAM, каскадное кодирование).

Поэтому задача повышения энергетики в канале требует решения. В [7] показано техническое решение, реализуемое модернизацией формирователя, предусматривающей выполнение мультиплексирования в используемом терагерцовом диапазоне. При этом спроектированный канал передачи, в зависимости от реальных условий эксплуатации, может использоваться и как опорный канал для подключения узлов доступа, так и для создания

беспроводной локальной сети, кода точка доступа совмещается с аппаратурой базовой станции.

При применении антенны с усилением 50 дБ можно обеспечить покрытие достаточно большой площади, на которой эффективно использовать предоставляемую битовую скорость 1,2 Гбит/с, особенно на территориях с пригородной и сельской застройками, не реально. Поэтому следующим этапом была модернизация формирователя для повышения эффективности использования предоставляемого информационного потока.

В настоящее время создано техническое решение, которое предусматривает расширение зоны обслуживания за счет дислокации точек доступа по территории, покрываемой созданными информационными потоками в разнесенных направлениях. При этом создаются мультиплексы из числа информационных потоков, определенных при исследовании требуемой зоны обслуживания, и направления этих мультиплексированных потоков в требуемых направлениях.

Этим расширяется размер зоны покрытия и за счет этого распределяется информационный поток 1,2 Гбит/с пользователям, эффективно использующим предоставляемый ресурс.

Литература

1. Телекомунікаційні системи терагерцового діапазону. Монографія.-Житомир.-2014.-394с. Кравчук С.О., Наритник Т.М.
2. Приймально-передавальний формувач для інформаційного потоку для каналу зв'язку із підвищеною спектральною ефективністю та пропускною здатністю. Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Войтенко О.Г., Радзіховський В.В., Свириденко В.В./ Патент України на корисну модель №84923, Бюл.№21 з пріоритетом від 11.11.2013 р.
3. Канал передачі даних в терагерцовому діапазоні з пропускною здатністю більше 1 Гбіт/с., Ільченко М.Ю. Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Радзіховський В.М., Кузьмін С.Є/ Патент України на кор. модель №93139, Бюл.№8 з пріоритетом від 19.10.2014 р.
4. Мікрохвильова інформаційна система надання послуг передачі даних із використанням терагерцового діапазону. Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я./Заявка на корисну модель, 01409347 від 22.08.2014.
5. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система широкосмугового мультисервісного радіодоступу з підвищеною пропускною здатністю UMDS-DK. Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Сайко В.Г./Заявка на корисну модель U2014 04050 від 16.04.2014.
6. Телекомунікаційна система широкосмугового радіодоступу з інтеграцією засобів радіо-і проводного доступу «МІТРІС-Е». Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Волков В.В., Ременець М.І., Охріменко О.В./ Патент України на корисну модель №75581, Бюл.№23 з пріоритетом від 27.04.2012.
7. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу UMDS-NGN. Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Сайко В.Г., Осама Турабі, Ali AbdaAli Абдалла Ібрагім Ідріс, Полоневич А.П. / Патент України на корисну модель №96519, Бюл.№3 з пріоритетом від 14.08.2014.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА ПРИ ПОСТРОЕНИИ СВЕРХВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Нарытник Т.Н., Набока Б.Ю., Ляшенко А.В.

НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ»

E-mail: director@mitris.com

Peculiarities of using terahertz range when building ultra high performance distribution transport networks for mobile communications

Abstract - The current article presents the analysis findings regarding the main features of the terahertz range and possibilities of its application for the construction of new generation ultrahigh-speed (more than 1 Gb / s) distribution mobile backhaul networks.

В данное время, в связи с установившейся стратегией увеличения пропускной способности сетей backhaul по мере эволюции сетей доступа от 3G/HSPA+ к LTE и к 5G и ограниченными возможностями длинноволновой части микроволнового диапазона является обоснованным переходить на более высокие частоты [1-7]. В данном докладе проводится анализ основных особенностей характеристик терагерцового диапазона и возможностей его использования для построения сверхвысокоскоростных (более 1 Гбит/с) распределительных транспортных сетей мобильной связи нового поколения.

Как известно, классическая транспортная сеть оператора мобильной связи состоит из двух основных сегментов [1,4]: распределительной сети (backhaul), связывающей базовые станции с контроллерами и центрами коммутации подвижной связи (Mobile Switching Center, MSC) и магистральной сети (backbone) обеспечивающей высокоскоростной транспорт между центрами коммутации (рис.1). Для распределительных транспортных сетей backhaul одним из факторов увеличения трафика в данное время является тенденция операторов уменьшать все меньше и меньше размеры (расстояние до 5 км) сот. Малые соты (известные как микро- или пикосоты, также называемые гетерогенными сетями или HetNets, со временем могут стать основой сотовой связи пятого поколения 5G [4].

Микро - пикосоты могут работать в терагерцовом диапазоне, что позволит получить необходимый для значительного увеличения трафика частотный ресурс. Более того, использование таких частот позволяет размещать на одной территории огромное множество станций без взаимной интерференции и каких либо влияний.

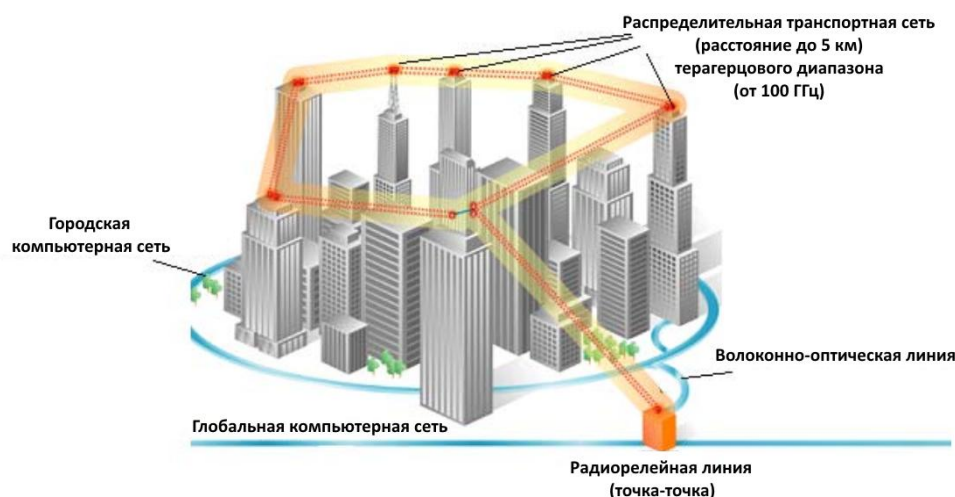


Рис. 1 Пример использования терагерцового диапазона в гетерогенной транспортной сети мобильной связи

Благодаря повышенной узконаправленности луча (ширина в пределах одного градуса и меньше) можно передавать информацию с высокой степенью конфиденциальности и безопасности, такой луч не подвержен эффекту дифракции [3]. Сегодняшняя средняя пропускная способность таких сетей составляет 35 Мбит/с. Для того чтобы соответствовать росту объема мобильных данных, пропускная способность, как показано на рис. 2, всего за пять лет должна вырасти до 1 Гбит/с на ячейку.

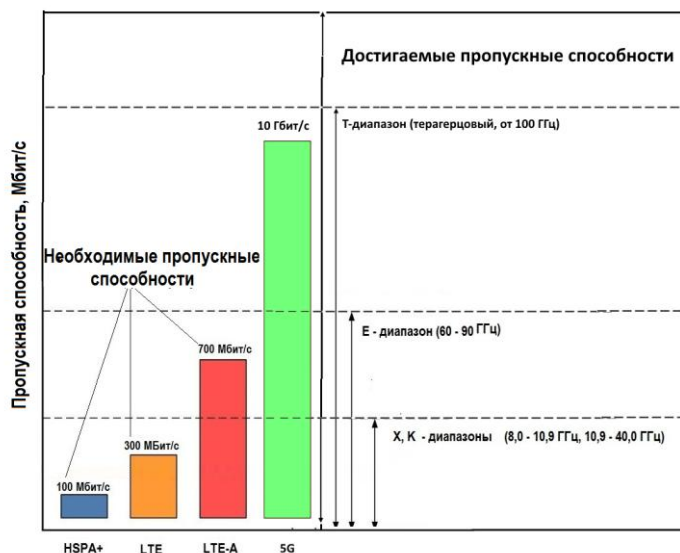


Рис. 2 Стратегия увеличения пропускной способности сетей backhaul

Это означает, что есть потребность в каналах связи с большой полосой пропускания), использующих выбранные участки спектра в полосе терагерцового диапазона. При уменьшении размеров сот снимаются ограничения достижимой мощности [1], что, в свою очередь, способствует использованию более высоких частот. Вместе с тем в терагерцовом диапазоне имеют место большие затухания электромагнитных волн, вызванные поглощением в атмосфере, дождем и резонансным поглощением в молекулах

кислорода и воды, что приводит к необходимости их применения в распределительных сетях (backhaul) на малые расстояния (в пределах не более 5 км). В настоящее время существуют примеры [6] использования терагерцового диапазона от 120 до 400 ГГц в высокоскоростных (скорость до 10 Гбит/сек) цифровых системах.

Проведенный анализ показал, что основными особенностями при использовании терагерцового диапазона в сверхвысокоскоростных (более 1 Гбит/с) распределительных транспортных сетях мобильной связи являются:

- снижение лицензионных платежей, стоимости оборудования и уменьшения времени, затрачиваемого на монтаж оборудования микро- или пикосот, по сравнению с более низкочастотными микроволновыми диапазонами.

- улучшение качества связи, поскольку на терагерцовых частотах первая зона Френеля сужается в диаметре.

- вместе с тем сложность работы в терагерцовом диапазоне представляется в поддержании точности установки, наведения и удержания узконаправленного луча антенны в заданном направлении

Заключение. Анализ особенностей характеристик терагерцового диапазона показал перспективность его использования в транспортных распределительных сетях мобильной связи с высокой пропускной способностью. Так же перспективным [8-9] является разработка телекоммуникационных систем терагерцового диапазона, на базе субмикронных и нанoeлектронных компонентов.

Литература

1. Кравчук С. О. Телекомунікаційні системи терагерцового діапазону/ Кравчук С. О. Нарытник Т. М. -Житомир:ФОП «Євенок О.О.» -2015р.-208с.
2. Narytnik T.N. Possibilities of Using THz-Band Radio Communication Channels for Super High-Rate Backhaul/M Telecommunications and Radio Engineering, 73 (15):1361-1371 (2014).
3. М.Е. Ильченко, Т. Н. Нарытник, Б. Н. Шелковник, В. И. Христенко. Радиотелекоммуникационные системы терагерцового диапазона // Системы телекоммуникации, связи и защиты информации. С. 205-209.
4. Гепко И.А. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития/ Гепко И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В -К.: «ЕКІО». -2009.-672с.
5. 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).
6. 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.
7. M.Ye. Ilchenko, T.N. Narytnik, S.Ye. Kuzmin, A.I. Fisun, O.I. Belous, V.N. Radzikhovsky. Transceiver for 130-134 GHz band and digital radiorelay system. Telecommunications and Radio Engineering.- Volume 72.- Number 17.- 2013.-P.1623-1638.
8. Нарытник Т.Н., Ильченко М.Е., Радзиховский В.Н. Исследование радиоканала связи для перспективных телекоммуникационных систем терагерцового диапазона// Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 2014, с.137-140.
9. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу. Патент України на корисну модель №71488, Бюл.№13 з пріоритетом від 30.01.2012.

АЛГОРИТМ БЫСТРОЙ ЭСТАФЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ВЫБОРКОЙ В ФЕМТОСОТОВОЙ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО РАДИОДОСТУПА

Кравчук С.А., Познякова А.О.

*National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
Institute of Telecommunication Systems
E-mail: sakravchuk@ukr.net, poznyakova_a@i.ua*

The algorithm that simplifies and speeds the handover procedure at the cost of consuming more network resources at the femtocell base station is proposed.

Основу фемтосотовой сети составляет ячейка – фемтосота, которая покрывает малую территорию и, по своей сути, является маломощной миниатюрной станцией (точкой доступа) сотовой связи, подключаемой через Интернет-сеть к опорной сети мобильного оператора и обеспечивающей высокие скорости передачи данных [1]. Поскольку передача сигнальных сообщений от фемтосот в опорную сеть осуществляется через распределенную Интернет-сеть, а не посредством выделенных линий, как в макросотах, это приводит к дополнительным случайным задержкам. Более того, для фемтосот отсутствует специальная стандартизированная процедура передачи обслуживания (ПОб), а использование существующих известных алгоритмов, рассчитанных на ПОб между макросотами, в сочетании с малыми областями покрытия фемтосотовых базовых станций (БС) приводит к тому, что при быстром перемещении мобильного терминала (МТ) ПОб между фемтосотами может быть нереализуемой и МТ будет обслуживаться макросотой, имеющей меньшие скорости передачи данных [2].

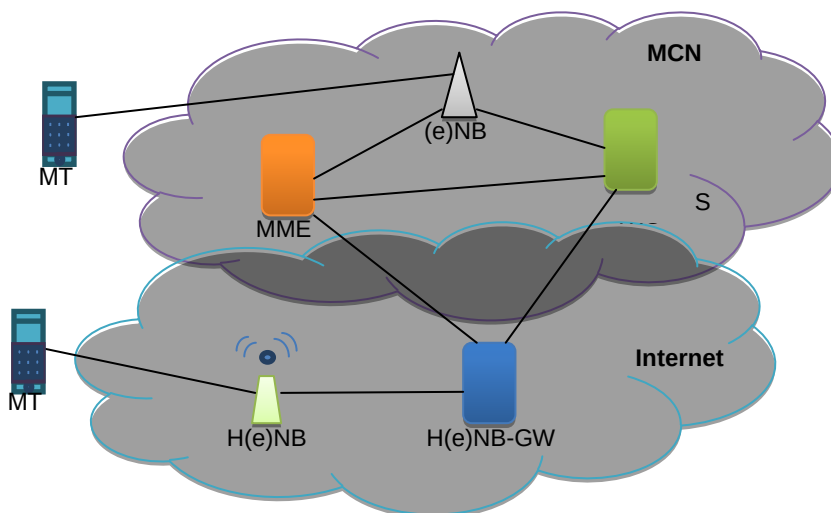


Рис.1. Соответствующие компоненты 3G/LTE архитектуры

Предложенный алгоритм быстрой эстафетной передачи с опережающей выборкой (АБЭПОБОВ) предназначен для решения проблемы реализации процедуры ПОб в фемтосотовой сети. На рис. 1 изображены необходимые

компоненты сети с точки зрения реализации ПОб. Обслуживающий шлюз (SGW), который обеспечивает передачу данных пользователя, выполняет функции маршрутизации и переадресации между фемтосотовой БС и пакетной сетью передачи данных (PDN), играющей важную роль в передаче обслуживания для сетей с фемтосотовыми БС. Все БС подсоединены к опорной сети (MNC) и PDN через SGW для передачи сигналов управления. Узел управления мобильностью (MME) представляет собой ключевой контролирующий модуль сети доступа LTE. Он отвечает за процедуры обеспечения мобильности между LTE-сетью и другими сетями доступа, так же отвечает за выбор SGW для МТ и их аутентификацию. H(e)NB-Gateway используется для поддержки большого количества фемтосот и обеспечения расширяемости интерфейса. Предложенный алгоритм ПОб отличается от известных тем, что:

- учитывается влияние скорости перемещения терминала на функцию принятия решения о начале процедуры ПОб;
- части существующего алгоритма разделены на этапы для предварительной выборки данных с фемтосотовых БС вблизи МТ.

Передача обслуживания в АБЭПОБОВ осуществляется следующим образом. МТ сканирует все доступные БС, измеряя их мощность, и передает данную информацию БС, к которой подключен на данный момент. В стандартном алгоритме после получения данной информации принимается решение о ПОб БС с большей мощностью, в АБЭПОБОВ перед решением об ПОб учитывается информация о скорости движения терминала. Данную информацию можно получить из оценивающих отчетов, посылаемых МТ. Это поможет оценить дополнительную целесообразность осуществления ПОб между ячейками. Например, сократить количество частых ПОб между фемтосотами, что неизбежно при быстром передвижении терминала, и, снизить дополнительные задержки при осуществлении ПОб к макросоте, пока МТ не снизит скорость передвижения.

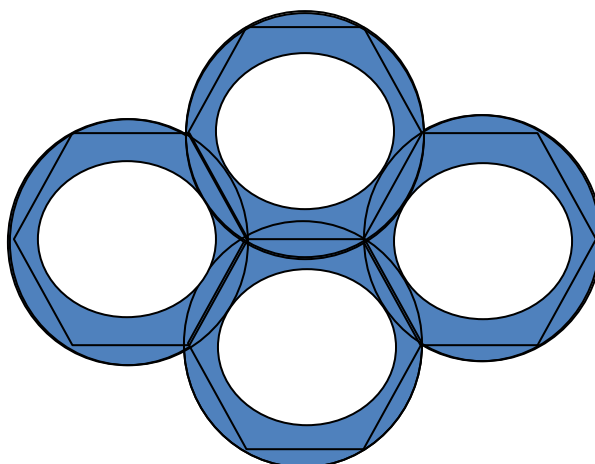


Рис. 2. Области покрытия фемтосотовой БС (область приближения окрашена, область с высокой мощностью не окрашена)

В предлагаемом алгоритме, после принятия решения о ПОб посылается запрос на H(e)NB-Gateway через MME к новой БС, которая в свою очередь выполняет входной контроль (Admission Control) и передает ответ на сообщение о ПОб. Тем временем пост БС, ПОб от которой осуществляет МТ, начинает буферизировать данные прикладного уровня получаемые от SGW и передает сообщение о состоянии перехода МТ (Status Transfer) новой БС, а после сообщения и буферизированные данные. Новая БС буферизирует данные до тех пор пока не получает подтверждение ПОб (Handover Confirm) от МТ, после чего начинается передача данных к мобильному терминалу, в этот момент данные от SGW через пост БС идут в новую БС, дважды проходя через сеть интернет. После некоторого обмена сигнальными сообщениями пост БС высвобождается и данные передаются от SGW через новую БС к МТ.

В АБЭПОБОВ схема самой процедуры передачи обслуживания остается той же, но области покрытия БС условно делятся на область с высокой мощностью и область приближения в которой мощности от соседних фемтосот приблизительно равны рис. 2.

Алгоритм предусматривает обмен необходимыми для ПОб данными когда МТ перемещается в область приближения, т.е. до фактического перемещения абонента в область высокой мощности соседней БС, что позволяет ускорить процедуру ПОб, поскольку БС ПОб к которой будет осуществляться уже владеет всей необходимой информацией МТ.

Таким образом, предложен АБЭПОБОВ, который позволяет устранить недостатки классической процедуры ПОб. Процедура направлена на предварительную выборку данных из более высокого уровня ближайшим фемтосотам путем отделения части процедур ПОб, осуществленных до и после фактического перехода мобильного терминала. Как результат алгоритм дает возможность существенно снизить время затрачиваемое на передачу сигнальных сообщений, так как передача данных между фемтосотой и опорной сетью осуществляется во время фактической ПОб это приводит к меньшим и более коротким прерываниям на более высоких уровнях сессии и использование потенциала более широкого набора доступных фемтосот. Использование большего количества фемтосот при передвижении терминала так же позволит снизить нагрузки на макросоты и, следовательно, повысить пропускную способность сети. К тому же, определение скорости движения терминала, как один из этапов данного алгоритма, позволит избежать неэффективных ПОб между фемтосотами, осуществив ПОб на макросоту, что так же позволит ускорить ПОб и снизить задержки сигналов.

Литература

- [1] Chandrasekhar V., Andrews J., Gatherer A. Femtocell Networks: A Survey // IEEE Communications Magazine. – 2008. – Vol. 46, no. 9. – P. 59–67.
- [2] Handover within 3GPP LTE: Design Principles and Performance / K. Dimou, M. Wang, Y. Yang, M. Kazmi, A. Larimo, J. Pettersson, W. Muller, and Y. Timmer // IEEE 70th Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2009-Fall), 2009, September 2009. – P. 1–5.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІНТЕРЕФЕРЕНЦІЙНОЇ КООРДИНАЦІЇ В ГЕТЕРОГЕННИХ МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ LTE

Рак Р.І., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: foxter222@ukr.net

Application of methods of interference coordination in heterogeneous networks of standard LTE

In this survey we have briefly summarized inter-cell interference coordination (ICIC) methodologies in the concept of heterogeneous networks of LTE and demonstration of needed to use their in future.

Первинне розгортання мереж LTE (Long Term Evolution) базується на однорідних (гомогенних) мережах, які складаються із базових станцій (БС), що забезпечують базове покриття (завдяки макробазовим станціям). На даний час неоднорідні (гетерогенні) мережі привернули до себе значну увагу. Так завдяки розгортанню таких мереж можна здійснити оптимізацію показників систем зв'язку, особливо при врахуванні нерівномірного розподілу користувачів та трафіку по стільнику. В таких мережах шар планових макро БС, що мають високу потужність, накладається з шарами піко або фемто базових станцій, що мають нижчі рівні енергетичних затрат, вони можуть бути розгорнуті в умовах меншої спланованості або навіть при повній відсутності координації. При такому розгортанні мереж можна досягти значного підвищення потужності та продуктивності роботи мережі LTE на краях стільників [1].

На даний момент існує елементарна стратегія, що дозволяє збільшити ємність мережі стільникового зв'язку завдяки зменшенню розміру самого стільника. Основна ідея полягає в тому, щоб надалі збільшувати застосування повторного використання частот. Для оптимізації витрат різні типи базових станцій використовуються в різноманітних цілях, так наприклад, деякі великомасштабні БС використовуються для базового покриття, менші БС застосовуються у місцях, де наявні зони із недостатнім покриттям або ж для забезпечення зв'язку на границях стільників, також можливе використання БС для створення зон покриття в робочих приміщеннях та житлових будівлях.

Глобальні (макро) базові станції не мають обмежень по вихідній потужності. Що ж стосовно локальних базових станцій (піко БС), то за своїми ознаками вони є повнофункціональними вузлами, які при цьому мають меншу потужність передачі, менші габарити та вартість, завдяки чому БС даного виду можуть бути легко розгорнуті для покращення умов у зонах, де наявні сліпі зони та для забезпечення більш високих швидкостей передачі даних на краю стільника. Домашні (фемто) БС мають обмежену потужність, яка фактично нижча від термінальної вихідної потужності. Обмеження

введено задля того, щоб мінімізувати вплив у серйозних інтерференційних умовах, що виникають в результаті нескоординованого розгортання БС [2].

Так мережі стандарту LTE використовують метод повторного використання частот із коефіцієнтом повторного використання рівним 1, що в свою чергу означає, що кожна базова станція для здійснення передачі використовує всю системну смугу пропускання і при цьому стільникове планування відсутнє, що надалі ускладнює боротьбу із інтерференцією від сусідніх стільників. Таким чином, при розгортанні макростільників LTE мобільні термінали, що знаходяться на краях стільників, зазнають впливу високого рівня інтерференції. Тому розміщення нових БС між макростільниками дозволило б підвищити відношення рівня сигналу до рівня шуму (далі SINR, Signal Interference + Noise Ratio) для абонентів на краях стільників та допомогло б у досягненні рівномірного задоволення потреб користувачів та подолання обмеження енергетичного потенціалу лінії зв'язку. Саме у такій ситуації інтерференційна координація між стільниками ICIC (Inter Cell Interference Coordination) відіграє досить важливу роль у функціонуванні гетерогенних мереж.

Методи інтерференційної координації в LTE в основному обмежуються частотною областю, наприклад, можливістю тільки часткового використання ресурсів у напрямку частоти і (або) адаптації рівнів потужності [3]. ICIC реалізується шляхом планування частотних ресурсів, тобто визначення максимальної потужності випромінювання сигналів у тій чи іншій ділянці спектра несучої у кожному із стільників. Розрізняють три основні схеми частотного планування:

- повне повторне використання частоти – стандартний спосіб управління мережею LTE. Головною проблемою у цій конфігурації є те, що користувачі, які перебувають на краю стільника, відчують високий рівень інтерференції від сусідніх стільників у низхідному каналі і створюють сильну інтерференцію у висхідному каналі, при цьому значно погіршуючи продуктивність зв'язку.

- жорстке повторне використання частот розглядається в основному в мережах GSM. При застосуванні даного методу до LTE це означає, що піднесучі розділені на 3, 4 або 7 непересічних наборів піднесучих частот. Ці набори призначаються окремим БС таким чином, щоб сусідні стільники не використовували той же набір частот. Це значно зменшує рівень інтерференції на краю стільника будь-якої стільникової пари і може вважатися повною протилежністю до повного повторного використання частоти. У той час як користувацька інтерференція на краю стільника максимально зменшена, ефективність використання спектра падає на коефіцієнт, що дорівнює коефіцієнту повторного використання.

- дробне повторне використання частот комбінує поняття двох попередніх схем. Даний метод складається з ділення частотного спектру на дві частини, у яких буде різне повторне використання частот. Одна ділянка системного спектру використовується у всіх стільниках, в той час як інша частина спектра розділена між різними БС, як у жорсткому повторному

використанні частоти. Ідея полягає в тому, що базова станція буде призначати повністю повторно використовувані частоти частинами для UE (User Equipment), що знаходиться в центрі стільника, та інші частини для абонентів на краю стільника. Ця схема найбільш вигідна для ICIC у висхідній лінії зв'язку, де можуть виникнути проблеми при високих рівнях інтерференції, коли користувач знаходитиметься близько до інтерферуючого джерела – сусіднього стільника.

Слід зазначити, що в разі гетерогенних мереж блокування деяких наявних ресурсів у частотному напрямку на піко або фемто базових станціях також може бути корисним, та при цьому макро БС повинні мати можливість використовувати весь частотний спектр. Це надає ресурси макростільникам, які не піддаються впливу інтерференції від менших базових станцій, в результаті чого досягається зменшення пропускну здатності для менших БС. Але це не обов'язково призводить до зменшення користувацької пропускну здатності, так як кількість абонентських терміналів, які обслуговуються меншими БС, зазвичай має певні обмеження.

Розглянуті схеми частотного розподілу можуть бути легко реалізовані ресурсом радіоуправління на базових станціях. В ході дослідження було проведено моделювання роботи мережі LTE в трьох випадках: перший випадок відповідає розгортанню макростільників; другий випадок додає шар піко базових станцій; третій випадок включає розширення діапазону, додатково до шару неоднорідних мереж. В результаті дослідження наведених випадків стало зрозуміло, що проблема статичного методу ICIC полягає в тому, що оптимальна конфігурація сильно залежить від конкретного сценарію, тобто і від розташування піко БС в макростільниках, і від розподілу абонентів, їх переміщення в безпосередній близькості від піко БС. Тому задля досягнення більш високої продуктивності доцільно налаштувати вищевказані схеми динамічно, на основі підтримки алгоритму ICIC завдяки активному обміну інформацією між БС задля кращої адаптації до поточного стану мережі. Для цього можна використати X2 сигналізацію.

Література

1. TS 36.814, E-UTRAN; Further advancements for E-UTRA physical layer aspects; Release 9, March 2010.
2. J. Huiling, Z.Zhaoyang, Y.Guanding, C. Peng, and Shiju, "On the Performance of IEEE 802.16 OFDMA Sytem Under Different Frequency Reuse And Subcarrier Permutation Patterns," IEEE Communication Society, in ICC2007, p. 5722.
3. TS 36.814, E-UTRAN; Further advancements for E-UTRA physical layer aspects; Release 9, March 2010.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИСКОРЕННЯ ПЕРЕДАЧІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ МЕРЕЖ БАГАТОПРОЛЬОТНОЇ РЕТРАНСЛЯЦІЇ СТАНДАРТУ IEEE 802.16J

Рижко А.В., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: ryzhkoandre@gmail.com

Investigation of acceleration handoff for multispan repeater networks IEEE 802.16j

Broadband wireless access systems, IEEE 802.16, also called WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) were designed for the development of the software package air interface for fixed, portable and mobile wireless systems.

Системи широкосмугового безпроводового доступу стандарту IEEE 802.16 (WiMax) призначені для створення високошвидкісного радіоінтерфейсу для фіксованих, переносних та мобільних систем безпроводового доступу. В таких системах мобільні станції (МС) користувачів можуть надсилати дані прямо до центральної станції (ЦС), або використовувати проміжні ретрансляційні станції (РС) для доступу до ЦС [1].

Розвиток технологій та доступність мобільного зв'язку став однією з причин збільшення кількості абонентів у мережі, що призвело до більших навантажень та необхідності збільшення кількості РС, що в свою чергу призвело до необхідності задіяння більш частішої процедури передачі обслуговування (ПОб). При переході від однієї БС/РС до іншої, процес передачі обслуговування МС складається з двох фаз:

- 1) фаза вимірювання рівня сигналу прийому (РСП).
- 2) фаза прийняття рішення.

Під час вимірювання, МС сканує найбільш прийнятні сусідні ЦС/РС для здійснення передачі обслуговування шляхом відправки повідомлень Measurement_REQ (MOB_SCNREQ) та Measurement_RSP (MOB_SCN-RSP). Протягом вимірювання РСП для сусідніх ЦС/РС, МС не може отримувати пакети даних від обслуговуючої ЦС/РС. При збільшенні кількості ЦС та РС, збільшиться кількість сигналів у процедурі сканування. Це призведе до збільшення часу проведення сканування та обслуговування і відповідно вплине на якість послуг прикладних програм, які потребують захисту.

Метою даної роботи є розробка схеми процедури сканування та відповідного алгоритму зі зменшеною кількістю переривань процесу ПОб. При цьому для роботи алгоритму має бути зменшена кількість інформації, яка потрібна для управління ПОб, а також повинна бути визначена потенційна траєкторія МС у мережах безпроводового мобільного зв'язку [2].

Запропонований алгоритм визначає потенційну РС за допомогою зміни кута відносно РС, зміни відстані між РС та МС, а також за допомогою визначення швидкості руху МС.

Кінцевий алгоритм можна представити у вигляді функції

$$\omega_{RSr,t_n} = \frac{\sum_{t=t_0}^{t_n} \alpha_{RSr,t}}{\sum_{t=t_0}^{t_n} \beta_{RSr,t}} + \varepsilon_{t_n}, \quad (1)$$

де ε_{t_n} подано у наступному виразі:

$$\varepsilon_{RSr,t_n} = \begin{cases} \delta_{MS,t_n} & \text{якщо } \alpha_{RSr,t_n} > 1 \text{ та } \beta_{RSr,t_n} < 1, \\ -\delta_{MS,t_n} & \text{якщо } \alpha_{RSr,t_n} < 1 \text{ та } \beta_{RSr,t_n} > 1, \\ 0 & \text{якщо } \alpha_{RSr,t_n} = 1 \text{ та } \beta_{RSr,t_n} = 1 \end{cases} \quad (2)$$

а α_{RSr,t_n} та β_{RSr,t_n} відповідають за визначення зміни кута відносно базової станції та зміни відстані між РС та МС. ε_{t_n} використовується як параметр швидкості.

Адекватність моделі підтверджена результатами моделювання. Для цього було змодельована ситуація з випадковим напрямком руху МС. Чисельність МС змінювалась від 100 до 500. Затримка повідомлення обчислюється за формулою

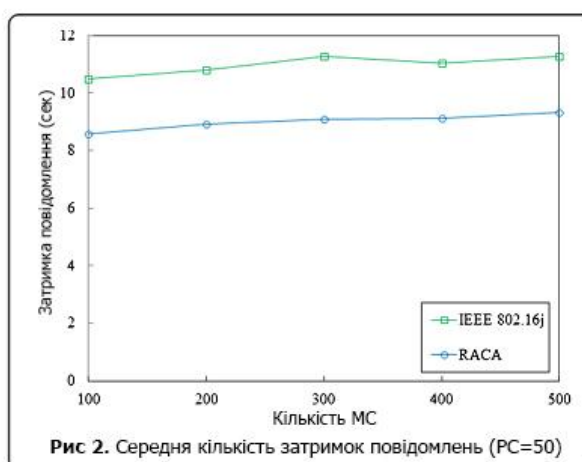
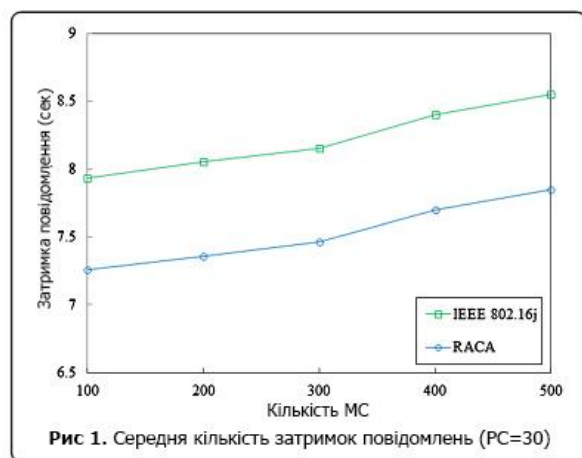
$$Q = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{t=t_s}^{t_l} md_{m,t} \quad (3)$$

де $md_{m,t}$ - затримка повідомлення за час t , M - кількість МС в системі.

Таким чином, для прискорення процесу ПОБ, а також зменшення переривання передачі, розроблено математичну модель для обслуговування мереж багатопрольотної ретрансляції IEEE 802.16j, отримано алгоритм вибору РС для МС.

У результаті моделювання виявлено, що при середній кількості РС = 30, використовуючи алгоритм RACA (relative angle computing algorithm), затримка зменшується в середньому на 0,7 с. При використанні в середньому 50 РС, за даним алгоритмом, значення затримки зменшується на 2 с [3, 4, 5].

Результати моделювання вказують, що запропонований алгоритм досягає малих затримок сигналів процесу ПОБ та низького рівня затримки повідомлень.



Література

1. Ilchenko M.E., Kravchuk S.A. Information Telecommunication Broadband Radio Access Systems // J. of Automation and Information Sciences. – 2006. – **38**, Issue 4. – P. 69–77.
2. Ann S., Lee K.G., Kim H.S. A path selection method in IEEE 802.16j mobile multi-hop relay networks // Proceedings of the IEEE Second International Conference on Sensor Technologies and Applications, (Cap Esterel, France, 2008). - P. 808–812.
3. Ge Y., Wen S., Ang Y.-H., Analysis of optimal relay selection in 802.16 multihop relay networks // Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), (Budapest, Hungary). – 2009. - P. 1 -6.
4. Ge Y., Wen S., Ang Y.-H., Optimal relay selection in 802.16j multihop relay vehicular networks // IEEE Trans. Veh. Technol 59. – 2010. – P. 2198-2206.
5. S-S Wang, H-C Yin, Y-H Tsai, S-T Sheu, An effective path selection metric for IEEE 802.16-based multi-hop relay networks, in Proceedings of the IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), (Aveiro, Portugal, 2007), pp. 1051–1056

ІЄРАРХІЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМИ РАДІОМЕРЕЖАМИ КЛАСУ MANET

Сова О.Я., Міночкін Д.А., Ошурко В.М., Уманець Я.Л.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ДУТ, Україна

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: soy135@ukr.net

The hierarchical model of interaction between intelligent agents in the MANET control systems

The hierarchical model of interaction between intelligent agents in the MANET control systems is proposed in the paper. Proposed model is based in the conceptual representation of the intelligent MANET control systems as a hierarchical structure with vertical connections that define management tasks subordination in the MANET.

Актуальність дослідження. Основна вимога до процесу управління мобільними радіомережами (МР) класу MANET (*Mobile Ad-Hoc Networks*) [1] полягає в тому, що всі рішення з управління вузловими та мережевими ресурсами повинні прийматися самостійно окремими мобільними вузлами в автоматичному режимі. При цьому, система управління (СУ) кожного вузла під час прийняття управлінських рішень повинна враховувати не лише власні цільові функції, але і цільові функції сусідніх вузлів, інформація про які отримується від вузла-координатора. За таких умов, СУ радіомережею класу MANET повинна володіти інтелектуальними можливостями щодо розпізнавання та аналізу ситуації (в мобільному вузлі чи МР у цілому), на основі якої будуть прийматися рішення з управління вузловими та мережевими ресурсами.

Перспективним підходом до побудови вузлових інтелектуальних систем управління (ІСУ), який дозволить забезпечити виконання наведених вище вимог, а також врахувати особливості функціонування МР класу MANET, є технологія інтелектуальних агентів (ІА) та мультиагентних систем (МАС) [2]. Найважливішою особливістю зазначеної технології є те, що агент розглядається як програмно-апаратна система, котра здатна приймати рішення в умовах невизначеності.

У зв'язку з цим, *мета* роботи, яка полягає в розробці ієрархічної моделі взаємодії інтелектуальних агентів при побудові систем управління мобільними радіомережами класу MANET, є актуальною на даному етапі розвитку безпроводових телекомунікацій.

Вихідні дані моделі. Відповідно до концепції [3], ІСУ МР являє собою сукупність взаємодіючих вузлових ІСУ, всі функціональні підсистеми яких реалізовані з використанням технології ІА. Під ІА розумітимемо програмний продукт, який здатен діяти в інтересах поставленої цілі і, крім основних властивостей (реактивність, проактивність, соціальність), володіє наступними властивостями:

– мобільність – здатність ІА виконувати свої функції на інших вузлах від імені вузла-ініціатора;

– інтелектуальність – одна з найосновніших властивостей ІА вузлової ІСУ, яка передбачає його здатність до самонавчання в процесі функціонування мобільного вузла, для того, щоб знаходити оптимальні способи його поведінки в умовах, які не передбачені на етапі проектування.

Кожен ІА вузлової ІСУ спроектований для вирішення певного типу завдань (виконує певні функції, залежно від рівнів моделі OSI), може взаємодіяти з іншими ІА з метою обміну інформацією та прийняття узгоджених рішень, утворюючи при цьому виконавчий рівень ІСУ МР. Координація дій ІА на виконавчому рівні здійснюється метаагентом вузлової ІСУ, множина яких утворює вузловий рівень ІСУ МР. У свою чергу, координація рішень, які приймаються метаагентами вузлових ІСУ, здійснюється вузлом-координатором, функцію якого може виконувати будь-який вузол МР, у залежності від його апаратних характеристик чи географічного розташування.

Таким чином, з урахуванням концепції ієрархічної побудови ІСУ МР [3], а також зазначеної вище функціональної структури вузлової ІСУ з використанням ІА, формальний опис структури ІСУ МР класу MANET можна представити у вигляді множини ІА різних рівнів, які взаємодіють між собою шляхом обміну службовою інформацією, що використовується ними для прийняття управлінських рішень.

Ієрархічна модель взаємодії ІА. Формалізований опис функціональної структури ІСУ МР (в умовах децентралізованого управління) представимо у вигляді ієрархічної структури ІА з вертикальними зв'язками між ними. Дані зв'язки визначають підпорядкованість задач, що вирішуються ІА на кожному з рівнів [3]:

– на нульовому, виконавчому, рівні вирішуються задачі управління відповідно до рівнів моделі OSI (маршрутизація, управління радіоресурсом, потоками даних, безпекою та ін.) шляхом вибору необхідних значень параметрів відповідних підсистем вузлової ІСУ;

– на першому, вузловому, рівні, який представлений мета агентами вузлових ІСУ, вирішуються задачі координації ІА нульового рівня, шляхом вибору оптимального набору управляючих впливів і послідовності їх виконання всіма підсистемами вузлової ІСУ;

– на другому, мережевому, рівні, який представлений вузлом-координатором, здійснюється корегування цільових функцій метаагентів першого рівня з урахуванням ситуації у всій МР чи її зоні.

Зобразимо дану функціональну структуру з позиції теорії графів у вигляді дерева (рис. 1). При цьому, кореню дерева поставимо у відповідність підсистему (I_2, U_2) , яка являє собою вузол-координатор, а вершинам цього дерева, що знаходяться від кореня на відстані одного ребра – підсистеми $(I_{11}, U_{11}), \dots, (I_{1q}, U_{1q}), \dots, (I_{1Q}, U_{1Q})$, що відображають Q метаагентів вузлових ІСУ.

Кожна зазначена підсистема ІСУ МР містить блок контролю (ідентифікації) I і блок управління U .

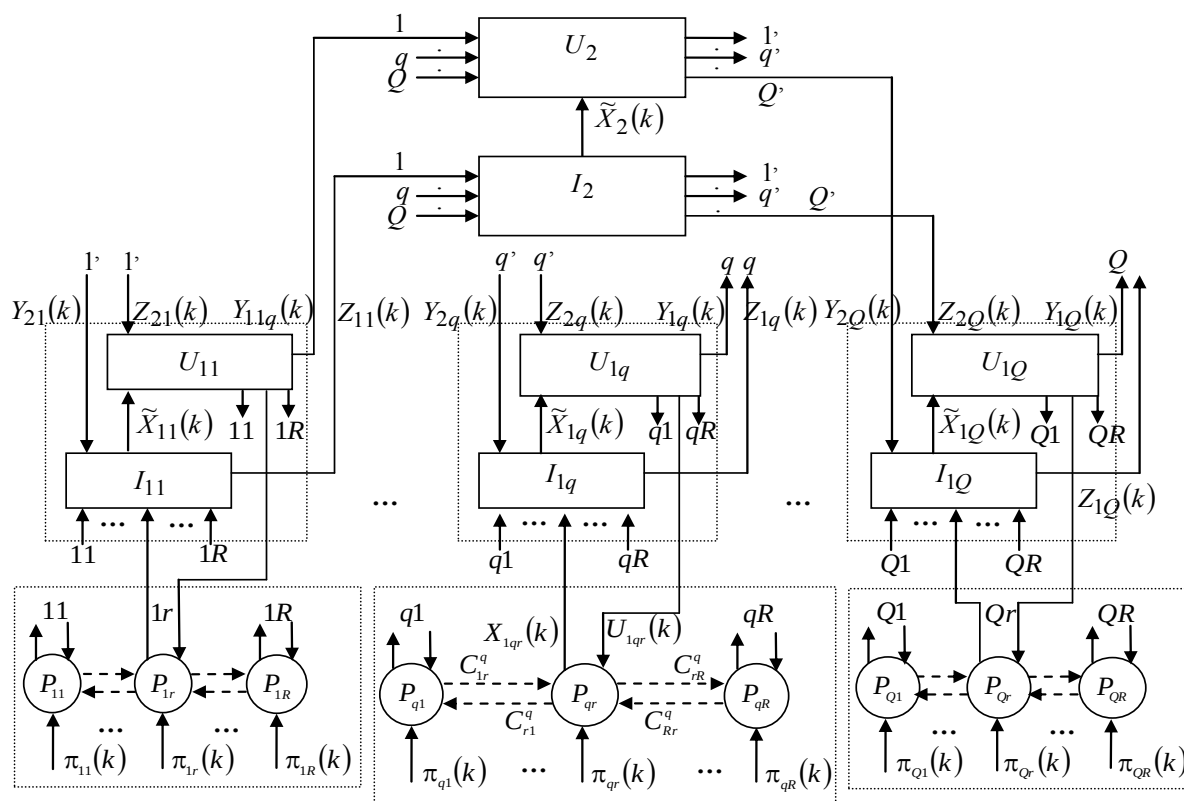


Рис. 1. Ієрархічна модель організації ІА системи управління МР

Висновки. Для об'єднання різномірних ІА в інтелектуальній системі управління МР в роботі вперше запропоновано ієрархічну модель взаємодії ІА, суть якої полягає в концептуальному представленні ІСУ МР у вигляді ієрархічної структури з вертикальними зв'язками, які визначають підпорядкованість задач управління МР.

Новизна моделі полягає в застосуванні теорії графів для формалізованого опису функціональних підсистем ІСУ МР, які відповідають вершинам графа, та процесів взаємодії між ними, представлених ребрами графа. Запропонована модель дозволить прискорити та систематизувати процес проектування МР, з урахуванням умов їх функціонування та ієрархічної структури системи управління ними.

Література

1. Conti M. Mobile ad hoc networking: milestones, challenges, and new research directions / Conti M., Giordano S. // Communications Magazine, IEEE. – Vol. 52, Issue 1. – P. 85 – 96.
2. Рассел С. Искусственный интеллект. Современный поход / Рассел С., Норвиг П. – Вильямс, 2007. – 1408 с.
3. Концепция иерархического построения интеллектуальных систем управления тактическими радиосетями класса MANET / [Сова О.Я., Романюк В.А., Жук П.В., Романюк А.В.] // Тезисы докладов и выступлений участников XXII Международной Крымской конференции „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии, КриМиКо-2012”. – Севастополь: КриМиКо – 2012. – С. 265 – 266.

УДК 004.057.4

**ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА
ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ SHAREPOINT И OFFICE365**

Алексеев Н.А., Мазанка Р.М., Омельченко А.И., Штогрин Е.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: nick@its.kpi.ua, roman.mazanka@outlook.com,

a_omelchenko@outlook.com, l_shtogrina@mail.ru

**The hybrid infrastructure of information resources of
educational institutions based on SharePoint technologies and Office 365**

The work is dedicated to aspects of interactive learning in universities using cloud services. The task of integration of cloud services with existing information and telecommunication infrastructure is considered and the analysis of existing services for selection of the most appropriate service to meet challenges of educational institutions is described.

Одним из современных трендов развития системы образования является создание и использование электронных информационных ресурсов (ИР). Это дает возможность расширить доступ к средствам интерактивного обучения, организовать совместную работу преподавателей и студентов, повысить эффективность электронного документооборота, а также своевременно оповещать сотрудников и студентов о важных событиях и новостях. Данная работа посвящена рассмотрению вариантов построения ИР научно-учебных подразделений ВУЗов, организованных как веб-портал, при этом основное внимание уделяется факторам обеспечения высокой доступности и эффективности использования таких информационных ресурсов.

Система интерактивного обучения давно практикуется в высших учебных заведениях. Это подразумевает выдачу преподавателем студенту заданий и литературы, изучение материала студентом, осуществление контроля знаний преподавателем, оповещение студента об успеваемости. Преимуществом такого вида обучения является то, что взаимодействие происходит в любое удобное время.

На сегодняшний день существует множество платформ для реализации систем интерактивного обучения. При этом наиболее распространенными в ВУЗах Украины являются технология Microsoft SharePoint, сервис Google for Education и система дистанционного обучения Moodle.

Moodle – это система управления обучением. Она является свободным программным обеспечением, предоставляющим возможность создавать сайты для онлайн-обучения [1]. Одним из главных преимуществ данной системы является то, что она бесплатна и распространяется в открытом исходном коде, что позволяет адаптировать ее для своих нужд. При этом в системе затруднено создание групп, которые изучают несколько курсов, что является недостатком. Более того, оценки ставятся внутри курса и нет возможности составить итоговую ведомость [2].

Google for Education – это сервис от компании Google, который включает в себя набор веб-приложений таких как Gmail, Google Calendar, Drive, Docs, News и т.д.. Сервис является бесплатным [3]. Важно учитывать наличие механизмов управления документооборотом. Существуют приложения сторонних производителей, которые могут работать с Google Apps, но, во-первых, некоторые из них платны, а во-вторых,

поскольку они от сторонних разработчиков, гарантировать их корректное функционирование сложно.

Microsoft SharePoint – это коллекция программных продуктов и компонентов, включающая в себя набор веб-приложений для организации совместной работы, функциональность для создания веб-порталов, модуль поиска информации, модуль создания форм ввода-вывода, функциональность для бизнес-анализа и т.д. [4]. Возможности SharePoint позволяют создать веб-портал, который можно настроить для определенных задач. Преимуществом также является интеграция с локальной инфраструктурой. Основным недостатком является стоимость данного продукта. Этот недостаток можно частично устранить, используя версию SharePoint Foundation, которая является бесплатной, но с ограниченным функционалом, которого вполне достаточно для решения базовых задач портала учебного подразделения.

Поскольку программные продукты Microsoft являются одними из самых распространенных в ВУЗах Украины, используются для построения информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, в рамках данной работы в качестве платформы для построения ИР был выбран программный продукт Microsoft SharePoint Foundation 2010, на основе которого был разработан портал для организации учебного процесса. Данный портал реализует концепцию «Студент-Преподаватель-Предмет». Необходимые для обучения материалы каждый преподаватель размещает на странице предмета. Если студент изучает данный курс, он получает доступ к этим материалам.

Реализованная в данный момент система общения пользователей дает возможность преподавателям оповещать студентов о срочных событиях. Также возможен диалог в группе для обсуждений и подготовки к занятиям. Система личных сообщений дает возможность пользователям общаться между собой. Для повышения эффективности использования ИР реализована интеграция расписания в кабинеты группы, преподавателей и студентов. Таким образом, когда пользователь входит на портал, на домашней странице у него отображается расписание на следующий день с последними изменениями. Реализация рейтинговой системы состоит в том, что преподаватель предоставляет информацию о результатах работы студентов в единую информационную базу, где эти данные анализируются и хранятся в списках SharePoint. Так как преимуществом MS SharePoint является делегирование прав любым элементам (страницы, списки, библиотеки, поля), студент, который прошел аутентификацию, имеет доступ только к своим результатам учебной деятельности.

После проведенного анализа существующих наработок актуальной задачей развития портала в направлении улучшения взаимодействия между студентом и преподавателем было определено внедрение облачных технологий с целью повышения уровня доступности разработанных ИР и уменьшения расходов на поддержание серверной инфраструктуры.

Для решения поставленной задачи была предложена миграция на Office 365, который в себя включает Online SharePoint, Exchange и Azure AD. Данный продукт является платным, но для учебных заведений существует бесплатный тарифный план с ограниченными возможностями.

Office 365 также включает в себя Word Online, Excel Online, PowerPoint Online, которые позволяют одновременную работу нескольких пользователей с одним документом. Это особенно актуально для учебных заведений, например, подготовка презентации несколькими студентами или совместное написание научной работы. Более того, файлы хранятся на облачных серверах, что снижает вероятность их утери вследствие поломки ПК.

Для управления пользователями в облачных сервисах существует служба каталогов Azure AD. Поскольку инфраструктура учебных подразделений, как правило, включает в себя локальные серверы, один из которых является домен-контроллером с уже имеющимися учетными записями, которые не должны быть утеряны, целесообразно иметь связь между уже существующей службой каталогов на локальном сервере и облачной службой каталогов. Одним из возможных сценариев синхронизации Windows Server Active Directory и Azure AD Microsoft является синхронизация Active Directory с помощью сценариев единого входа (Single Sign On – SSO) [5]. Данный сценарий позволяет использовать локальные учетные записи для облачных сервисов с тем отличием, что все учетные данные хранятся на сервере локально, а между данным сервером и облаком настраиваются сервисы доверия – Active Directory Federation Services. Таким образом, авторизация проходит в Azure AD, а аутентификация – в Windows Server Active Directory. Это позволяет хранить все учетные данные на сервере локально, что позволяет обеспечить защиту персональных данных. Данный сценарий обеспечивает и удобство для пользователей – необходимо иметь всего одну универсальную учетную запись как внутри инфраструктуры, так и в облаке. При этом преимуществом для администратора является то, что управлять политиками он может только на локальном сервере, а в облачных сервисах они применяются автоматически.

Таким образом, можно сделать выводы, что при создании и дальнейшем использовании электронных ИР научно-учебных подразделений ВУЗов для интерактивного обучения и совместной работы преподавателей и студентов, организованных как веб-портал, наиболее рациональным является применение облачных технологий параллельно с локальной инфраструктурой. При этом предложенный в работе подход делает взаимодействие с ИР более продуктивным, позволяет снизить затраты, повысить отказоустойчивость.

Литература

1. Попов А.Э., Манжула В.Г. Организация интернет обучения студентов специальностей Информационные системы и технологии и Прикладная информатика на основе системы «Moodle» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infoco.ru/file.php/3/itno-2007/moodle/1.pdf> – Электрон. текстовые данные (дата обращения: 26.03.2015).
2. Online Project Management. Преимущества/недостатки системы дистанционного обучения Moodle – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.hostedredmine.com/documents/2256> – Электрон. текстовые данные (дата обращения: 26.03.2015).
3. Google for Education IT Guide – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.google.com/edu/it/> – Электрон. текстовые данные (дата обращения: 26.03.2015).
4. Д.Н. Барсуков Возможности Microsoft SharePoint как платформы информационно-образовательной среды вуза – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.iiorao.ru/iio/pages/izdat/ison/publication/ison_2012/num_11_2012/Barsukov.pdf – Электрон. текстовые данные (дата обращения: 26.03.2015).
5. Active Directory vs. Azure Active Directory – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://technet.microsoft.com/ru-ru/windowsserver/dn850394.aspx> – Электрон. текстовые данные (дата обращения: 26.03.2015).

ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ РОЗПОДІЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Алексеев М.О., Котяш Г.Г., Таран Н.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: n_alexeyev@mail.ru; n.taran713@gmail.com

The reliability indicators of distributed information systems

The basic reliability of distributed information systems (DIS) has been reviewed. Determined their quantitative characteristics. The resulting formula for calculating the reliability of individual system elements to assess the reliability of the whole DIS.

Тенденція до об'єднання комп'ютерів у розподілені мережі обумовлена необхідністю збільшення швидкості виконання задач і можливістю доступу до ресурсів у будь-який момент. Правильно побудована РІС має великі потенційні можливості, тому значимі її якість і продуманість.

Важливо оцінити такі показники надійності, як безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість і довговічність. Така оцінка дозволяє знайти і усунути прогалини в системі, визначити необхідний для її ефективної роботи компонентний склад та архітектуру.

При наявності спроектованої мережі, коли ресурси вже розподілені і немає можливості впливати на показники надійності окремих компонентів, постає необхідність спрогнозувати рівень надійності такої системи в цілому.

Під **розподіленою інформаційною системою** зазвичай розуміється прикладна програмна система, орієнтована на збір, зберігання, пошук і обробку текстової або фактографічної інформації.

Надійність - властивість системи зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують її здатність виконувати основне призначення при впливі несправностей (відмов і збоїв) технічних засобів, помилок в програмах і даних, при відомих характеристиках системи технічного обслуговування і ремонту. [2]

Надійність системи, як комплексна властивість, включає в себе наступні показники:

- безвідмовність,
- ремонтпридатність, з
- збереженість,
- довговічність.

Зупинимося на оцінці двох властивостей надійності: безвідмовність і ремонтпридатність

Таблиця 1. Показники надійності та їх кількісні характеристики

Безвідмовність	Ремонтопридатність
Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$	Коефіцієнт готовності K_r
інтенсивність потоку відмов λ	Середній час напрацювання на відмову $T_{відм}$
	Середній час відновлення після відмови $T_{відн}$

Безвідмовність - властивість системи безупинно зберігати працездатний стан протягом деякого часу. Характеризується **ймовірністю безвідмовної роботи $P(t)$** - ймовірність того, що система буде працездатна протягом заданого часу роботи при заданих умовах експлуатації.[2]

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ визначається як:

$$P^{(i)}(t) = e^{-\lambda_i t}$$

де $\lambda = \frac{1}{T_{відм}}$ - інтенсивність потоку відмов для одного елемента.[1]

Ремонтопридатність - пристосованість системи до підтримання та відновлення працездатного стану шляхом технічного обслуговування і ремонту. Характеризується **коефіцієнтом готовності K_r** - імовірність того, що система опиниться в працездатному стані в довільний момент часу.

Коефіцієнт готовності визначається як: $K_r = \frac{T_{відм}}{T_{відм} + T_{відн}}$,

де $T_{відм}$ - середній час напрацювання на відмову і $T_{відн}$ - середній час відновлення після відмови [1].

Висновок. Запропонований підхід до визначення кількісних характеристик таких показників надійності як безвідмовність і ремонтоздатність може бути застосований для будь-яких інформаційних систем, побудованих за розподіленим принципом.

Основними етапами подальшої роботи є:

1. Оцінка надійності стаціонарної розподіленої інформаційної системи.
2. Визначення компонентного складу і характеристик розподіленої інформаційної системи зі змінною архітектурою.

Література

1. Roy Billinton and Ronald N. Allan "Reliability Evaluation of Engineering Systems" Second Edition.
2. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. СПб.: Питер, 2005, с. 393-395.

СЕРЕДА ОЦІНЮВАННЯ ДОСВІДУ РОБОТИ З АДАПТИВНИМИ СИСТЕМАМИ КІНЦЕВОГО КОРИСТУВАЧА

Баскенова К.С., Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л.
*Dresden University of Technology,
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: Baskenova@gmail.com*

An Evaluation Framework for End-user Experience in Adaptive Systems

The evaluation of adaptive and personalised systems is a difficult, complicated and very demanding endeavour due to the complex nature of these systems and the usability issues encountered. This demonstration introduces a web-based framework to support the evaluation of end-user experience in adaptive and personalised systems. This framework has been developed based upon advice from domain experts and a review of evaluation approaches, methodologies and techniques adopted by existing adaptive systems. The benefits of the framework include: i) the provision of an interactive reference and recommendation tool to encourage the evaluation of adaptive systems; ii) the collaborative nature of the framework facilitates the sharing of evaluation information among researchers from diverse communities; iii) the identification of pitfalls in the planning process as well as in data analysis; and iv) the translation of presented information into users language of choice.

Сфера досліджень адаптивних систем швидко виросла за останні 15 років і це призвело до термінів, моделей, методологій та безлічі нових систем. Адаптивні системи стають усе більш популярними як інструменти ініціалізованого користувачем доступу до інформації [1]. Це привело до складності вдоволення великої різноманітності користувачів у відмінних середовищах та питання довіри користувача. Саме тому ефективна та повна оцінка адаптивних систем має першорядне значення. Важливо не тільки оцінити але також впевнитися що оцінка використовує правильні методи, тому що неправильний метод може призвести до невірних висновків[2-3]. Ця стаття представляє інтерактивну веб-середу для оцінки досвіду роботи з адаптивними системами кінцевого користувача (An Evaluation Framework For End-user Experience in Adaptive Systems- EFEx).

Ціль та функції EFEx. EFEx розроблений як інтерфейс користувача на основі веб, дозволяє користувачам співпрацювати і підтримує користувача у: I) пошук досліджень, пов'язаних з матеріалом, таким як, орієнтована на користувача оцінка (UCE) дослідження і документи, що деталізують оцінку аналогічних адаптивних систем; II) отримати рекомендації про те, як краще поєднувати різні оціночні методи, показники і критерії оцінки для того, щоб найбільш ефективно оцінити їх системи; III) ідентифікації UCE методології, яка детально описує, як застосовувати існуючі UCE методи; VI) перевести весь інтерфейс користувача рідною мовою.

Технічна реалізація. EFEx реалізовано шляхом інтеграції сучасних технологій та програмного забезпечення: (NetBeans 6,9 - платформа, Apache Lucene -пошуковий двигун, Apache_OpenJPA - для зберігання і отримання даних з бази даних, Apache-Tomcat - сервер, MyFaces-ядро - Java Server Faces

(JSF), які використовуються для відображення даних в Інтернеті, MySQL-win32 - Сервер MySQL бази даних, MySQL-connector-Java - роз'єм для Java для зв'язку з MySQL, JSON – для інтерпретації мовних перекладів) Google Translate – для перекладу представленої інформації на мову, обрану користувачем. EFEx виконаний у вигляді типової 3-рівневої архітектури (рис.1), яка складається з: I) рівень представлення, II) рівень бізнес логіки - який витягнуто з рівня уявлення, він контролює функціональність EFEx виконанням детальної обробки і III) шар зберігання даних, які зберігає дані нейтральними і незалежними від серверів додатків або бізнес-логіки.

Цільова аудиторія. Кінцевих користувачів середі EFEx можна розділити на дві групи: I) люди, які розробляють адаптивні технології / системи, які хочуть перевірити ефект адаптивної технології / системи на кінцевих користувачів; II) люди, які розробляють адаптивні досвіди використання адаптивних технологій / систем.

Сценарій прикладу використання. Користувач, який розробив адаптивну систему, хоче використовувати EFEx рамки, щоб знайти: I) як поєднати і застосувати існуючі методи оцінки (техніки), метрики і критерії вимірювання для того, щоб оцінити адаптивну систему і метадані моделі (тобто користувач, домен, стратегія, завдання, зміст, пристрій, система, навігація і моделі представлення), що використовуються в цій системі; II) рекомендації про те, як оцінити адаптивні системи і моделі; III) будь-які оцінки подібних адаптивних систем, моделей та інструментів розробки, які були опубліковані в період між 2000 і сьогодні; IV) будь-які дослідження, що описують, орієнтованого на користувача підходи до оцінки, які були опубліковані між 2000 і сьогодні. Нарешті, припустимо, що цей користувач тільки говорить французькою і не може читати англійською зміст. Серед EFEx забезпечує персоналізовану інформацію відповідно вимогам користувача на основі їхніх інтересів та уподобань. Даггер та ін. [4] визначають, що персоналізоване електронне навчання використовує активну стратегію навчання, яка дає учню можливість управляти контекстом, темпами і масштабами його навчання.

Потенційні освітні і промислові переваги EFEx середі. Серед EFEx надає користувачам: I) в централізоване сховище в якому зберігаються поточні UCE дослідження цих систем, моделей і автор адаптивних технологій. В даний час це дуже важко для оцінювачів і дослідників, щоб знайти цю інформацію в одному місці і звітність з цих досліджень, здається, "недбалою" ; II) користувачі також отримують персональні рекомендації. Ці рекомендації скорочують час, що витрачається і витрати, понесені при оцінці цих систем, моделей і технологій. Дослідники можуть співпрацювати в той час як вони глобально розподілені і вчитися швидше.

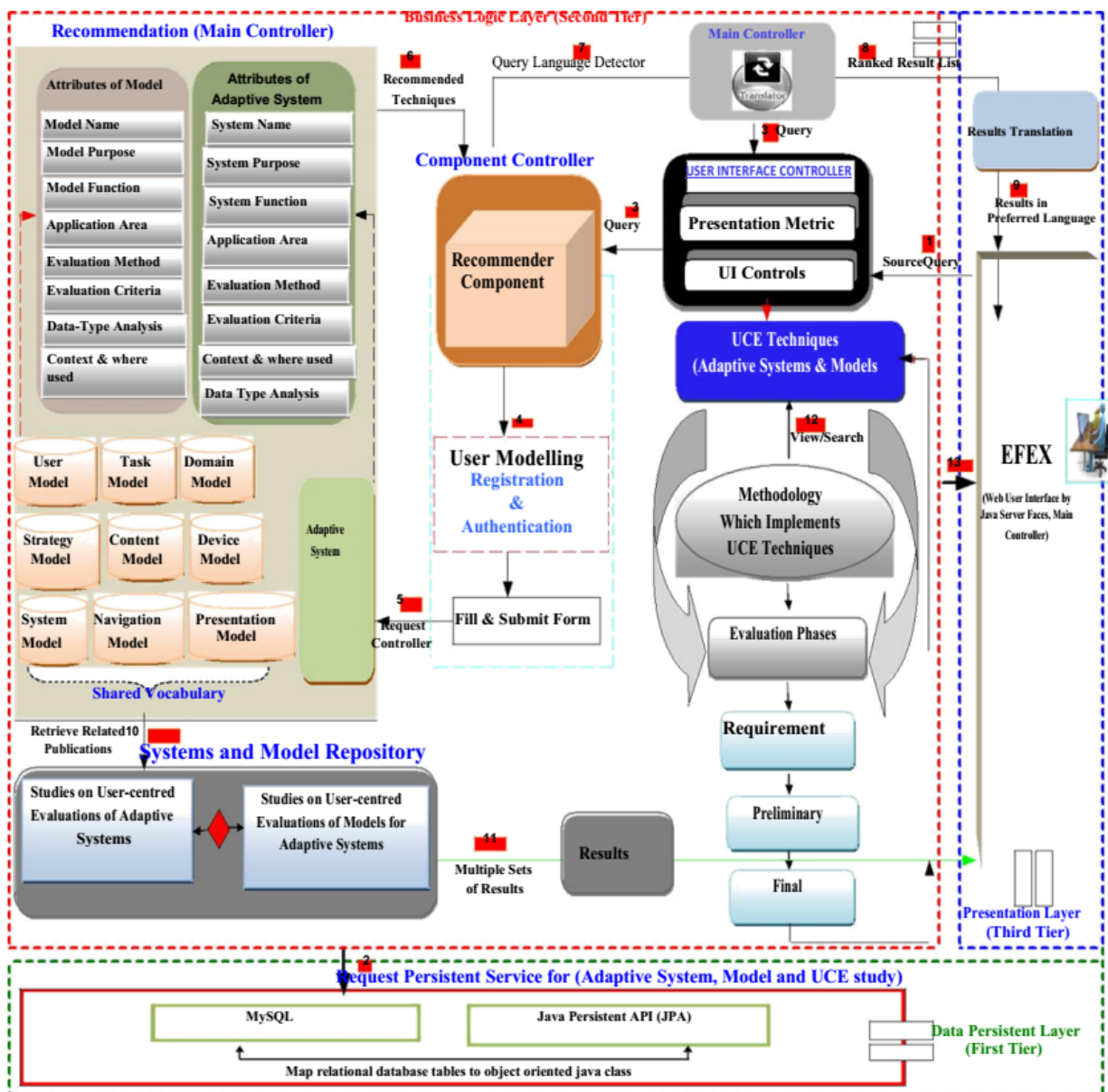


Рис. 1 Запропонована архітектура EFEX

Автори визнають, що оцінка адаптивних систем є складним завданням. Наприклад, одна з основних проблем - це зрозуміти механізм адаптації системи. Зокрема, те, що підвищується за рахунок адаптації і що, можливо, станеться, якщо б адаптація була зроблена інакше.

Література

1. E. Knutov, et al., "AH 12 years later: a comprehensive survey of adaptive hypermedia methods and techniques," *New Review of Hypermedia and Multimedia*, vol. 15, pp. 5-38, 2009.
2. C. Gena and S. Weibelzahl, "Usability engineering for the adaptive web," *The Adaptive Web*, pp. 720-762, 2007.
3. De Jong, et al., "Reader-focused text evaluation. An overview of goals and methods.," *Journal of Business and Technical Communication*, vol. 11, pp. 402-432, 1997.
4. D. Dagger, et al., "Personalisation for all: Making adaptive course composition easy," *Educational Technology & Society*, vol. 8, pp. 9-25, 2000.

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ В УКРАЇНІ

Безлюднов Д.Є., Чубатюк А.А., Алексєєв М.О.,
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна
E-mail: daniilbezludnov@gmail.com

Problems and development perspective of IoT in Ukraine

In this paper the problems of IoT implementation are given. Also, there are presented the current state of education, business and research in the field of IoT. There are development perspectives and problems solutions of IoT in Ukraine are given.

Інтернет речей - концепція комунікаційної мережі фізичних або віртуальних об'єктів, які мають технології для взаємодії між собою та з оточуючим середовищем, а також можуть виконувати певні дії без втручання людини. Дана концепція дозволяє змінити якість життя, але повномасштабному впровадженню та розвитку заважають проблеми.

Проблема Інтернету речей в Україні стоїть дуже гостро. Для того щоб дослідити більш детально сферу Інтернету речей в Україні, було з'ясовано ряд проблем, поточний стан та перспективи розвитку концепції IoT в Україні.

IoT передбачає підключення пристроїв у мережу різноманітними шляхами згідно з концепцією M2M та охоплює різні протоколи, домени та додатки. Ринок IoT стрімко розвивають на протязі останніх десяти років. Ринок IoT постійно збільшується через вплив таких чинників:

- збільшення обсягів хмарних обчислень та аналітики;
- збільшення кількості особистих інтелектуальних пристроїв;
- поширення додатків, що збільшують кількість взаємозв'язків між постачальниками та клієнтами.

На сьогоднішній день кожна людина має інтелектуальні пристрої, кількість яких швидко зростає, які з'єднуються в одну мережу. Із зростанням розмірів даної мережі та «хмари» пристроїв також зростає складність адміністрування цієї системи. Навички адміністрування будуть необхідними навіть при адмініструванні «розумного дому». Що потребує підвищення кваліфікації або розробки додаткових інтелектуальних програмних засобів адміністрування.

Всі інтелектуальні пристрої працюють на різних платформах, мають різні служби та взаємодіють на основі різних протоколів та ін. Відсутні чітко прописані стандарти у цій сфері, що є причиною безлічі проблем, пов'язаних із сумісністю та нормальною взаємодією цих пристроїв. Існує безліч пристроїв, які через відсутність стандартів та наявності великої конкуренції у цій сфері взаємодіють лише з такими самими пристроями або пристроями, що виготовлені тим самим виробником.

Передача даних між пристроями призводить до двох великих проблем – обсяг даних, що передаються та проблеми із мережею підключення. У найближчому майбутньому прогнозується, що розумний будинок генеруватиме дані екзобайтами за день, що є вражаючою цифрою на сьогоднішній день. Ці обсяги даних повинні бути передані мережею. Досі не існує жодної мережі, що

здатна передавати дані обсягом петабайт за хвилину від одного абонента, не має навіть значення, які мережі або протоколи будуть використовуватися. Також передача даних по відкритих мережах створює загрозу того, що дані можуть бути пошкоджені або викрадені, що створює ще одну проблему Інтернету речей – проблему безпеки передачі даних. Всі ці дані, що передаються містять приватну інформацію, що не може бути пошкодженою, зміненою або викраденою, тому ці дані повинні бути добре захищені.

Одною з найбільш важливих властивостей розумних пристроїв є їх мобільність. На сьогоднішній день акумулятори мобільних пристроїв здатні тримати близько двох днів без підзарядки, що є неприйнятним для пристроїв IoT, повинні працювати дуже довго без підзарядки за допомогою одного акумулятора. Також в IoT є інші проблеми, такі як: обмежена кількість IP адрес, керованість, доступність та зручність використання.

Усіма цими проблемами на сьогоднішній день займаються великі компанії такі, як Intel, Microsoft, Oracle, IBM, Google, Cisco, AT&T та інші. Деякі з цих компаній сумісно працюють та розробляють стандарти задля більшої швидкості розвитку у даній сфері.

Україна на сьогоднішній день має великі проблеми у сфері телекомунікацій, а отже і проблеми із впровадженням Інтернету речей. Перш за все, безпроводові мережі третього та четвертого поколінь мають погане покриття на території України. У деяких сільських районах навіть може і не бути можливості підключення до мережі Інтернет.

Уряд намагається ініціювати та підтримувати розвиток IoT в Україні. Впроваджується системний план розвитку національного масштабу. В цей план входить впровадження електронного уряду та електронного урядування системи до 2015 року. Розвиток у напрямку медицини передбачає створення більш як 50 центрів, що надають послуги телемедицини. Також уряд запровадив план, згідно з яким пріоритетним завданням є впровадження інтелектуальних транспортних систем в управлінні дорожнім рухом, модернізації автоматичного регулювання дорожнього руху.

Найбільші університети України: НТУУ КПІ, КНУ імені Т. Шевченка, ХНУ, ХНУРЕ, НАУ, ОНАЗ, ОНПУ та інші ведуть науково-дослідницьку діяльність у галузі IoT або у суміжних із нею областях. Дослідження ведуться у таких напрямках: MCU програмування, бездротові мережі, мережа датчиків, протоколи телекомунікацій, хмарні обчислення, мережеве програмування, програмування мобільних додатків. Кожен технічний університет має підрозділ, що займається автоматизацією, електронікою та телекомунікаціями. Сумарно у галузях, що є близькими до IoT працюють близько 750 кандидатів технічних наук та професорів та щорічно випускаються близько 2500 студентів. Крім того великі компанії створюють свої лабораторії для випуску спеціалістів, що володіють новими технологіями.

Україна тільки починає розвиток у сфері IoT. Є близько 20 стартапів, що займаються створенням пристроїв та програм, що мають відношення до IoT: NetPing, Wheatear Monitoring, GSM Universal, Petcube та інші.

Є більш ніж 100 компаній в Україні, що постачають обладнання для Інтернету речей від провідних світових виробників і більше 50 компаній в

Україні надають послуги, що пов'язані з Інтернетом речей (реалізація Розумного будинку), на базі рішень від провідних світових виробників.

Українці намагаються брати участь у великих світових заходах, які пов'язані з IoT: Contest New Automation Award (Phoenix Contact), Framework Program, European OpenIoT, Cisco IoT Innovation Grand Challenge 2014.

Таким чином можна виділити декілька напрямків майбутнього розвитку IoT в Україні. Найбільш перспективними напрямками розвитку IoT є ті області, де Уряд України, завдяки співпраці з іноземними компаніями, урядами інших країн та науково-дослідницькими підрозділами іноземних інститутів та університетів створює сприятливі умови для високих темпів розвитку. Це такі напрямки, як: медичні системи і системи охорони здоров'я, інтелектуальні система керування транспортом, інтелектуальні військові машини, Smart Grid, розумне місто.

Але майбутнє IoT в Україні залежить від багатьох факторів серед яких можна виділити наступні:

1. Застарілі телекомунікаційні стандарти. Як вже було підмічено, в Україні добре покриття мають тільки мережі другого покоління. Мережі третього та четвертого покоління тільки починають збільшуватися, коли в інших країнах вони вже активно експлуатуються великою кількістю споживачів. Відсутність мереж 3G та 4G обмежує провадження та використання IoT.

2. Вартість впровадження IoT може задовольнити тільки деякі компанії та лише деякі мало представницькі групи споживачів, особливо в Україні.

3. Проблема безпеки використання IoT. У IoT дані, які передаються мережею є приватними, тому що на основі цієї інформації система приймає рішення про те, як змінити середовище, у якому існує система. Без запровадження складного захисту будь-хто зможе використати дані у свої цілях. Цей бар'єр є найбільш важливим у реалізації IoT.

Література

1. P. B. Johns. Behaviorally Segmenting the Internet of Things (IoT) [Електронний ресурс] / P. B. Johns. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.moorinsightsstrategy.com/wp-content/uploads/2013/10/Behaviorally-Segmenting-the-IoT-by-Moor-Insights-Strategy.pdf>.
2. V. Trenkic. Demystifying the Internet of Things [Електронний ресурс] / V. Trenkic. – Режим доступу до ресурсу: <http://claricetechnologies.com/blog/2014/03/demystifying-the-internet-of-things/>.
3. Benjamin Cabé. Internet of Things Protocols & Standards [Електронний ресурс] / Benjamin Cabé– Режим доступу до ресурсу: <http://www.moorinsightsstrategy.com/wp-content/uploads/2013/10/Behaviorally-Segmenting-the-IoT-by-Moor-Insights-Strategy.pdf>.
4. P. B. Johns. What the Internet of Things (IoT) Needs to Become a Reality [Електронний ресурс] / P. B. Johns. – Режим доступу до ресурсу: http://www.freescale.com/files/32bit/doc/white_paper/INTOTHINGSWP.pdf
5. Benjamin Males. M2M Standardization and its perspectives [Електронний ресурс] / Benjamin Males – Режим доступу до ресурсу: <http://www.knom.or.kr/tutorial/Tutorial%202011/1.pdf>.
6. Dave Wagstaff. What are the components of the IoT? [Електронний ресурс] / Dave Wagstaff. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.bsquare.com/Bblog/Lists/Posts/Post.aspx?ID=48>.
7. Paul Coby. The Internet of Things [Електронний ресурс] / Paul Coby – Режим доступу до ресурсу: <http://www.internet-of-things.eu/resources/documents/appendix-f.pdf>.

МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ В РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Борис Т.В., Алексєєв М.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: boris.tatyana.ua@gmail.com; alexeyev@its.kpi.ua

Methods of big data resource management in distributed computing systems

This paper analyzed the basic methods of of Big Data resource management. 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'явилися технічні можливості для вирішення масштабних завдань в галузі науки, техніки і комерції на територіально розподілених ресурсах, що належать різним власникам та є гетерогенними. З іншого боку, майже не існує комплексних досліджень методів управління такими ресурсами.

Проблема управління ресурсами Великих Даних в розподілених обчислювальних системах за допомогою технологій MapReduce та альтернативних підходів являється актуальною. Управління ресурсами в традиційних гомогенних розподілених системах - добре вивчене і опрацьоване питання. Існує велика кількість менеджерів ресурсів для подібних систем [1]. Менеджери даного типу реалізують механізми і політики для ефективного використання даних, мають повний контроль, але тільки над такими ізольованими ресурсами. Однак, алгоритми управління для ізольованих гомогенних розподілених систем не будуть ефективними в гетерогенних обчислювальних середовищах.

Розглянемо управління великими масивами даних в хмарі на прикладі використання Amazon Web Services (AWS). Дану платформу відносить до класу IaaS-рішень так як вона надає широкий спектр хмарних сервісів. Рішення, побудовані на її основі можна розглядати як розподілені гетерогенні ресурси.

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.

Проблемно-орієнтована специфіка потоків робіт в тому, що в переважній більшості випадків, ще до виконання завдання, для кожного завдання можуть бути отримані оцінки таких якісних характеристик, як час виконання завдання, межі масштабованості і обсяг даних, що генеруються. Обчислювальні завдання по обробці ресурсів Великих Даних в багатьох випадках мають потокову структуру і можуть бути описані за допомогою моделі потоку робіт (workflow) [2], відповідно до якої завдання представляється у вигляді орієнтованого ациклічного графа. Вузлами графа є завдання, які є складовими частинами завдання, а дуги відповідають потокам

даних, переданих між окремими завданнями (Рис.1). При цьому набір завдань, з яких будуються завдання, є кінцевим і визначеним. Використання подібних знань про специфіку завдань в конкретній проблемно-орієнтованій області може істотно поліпшити ефективність методів управління обчислювальними ресурсами.

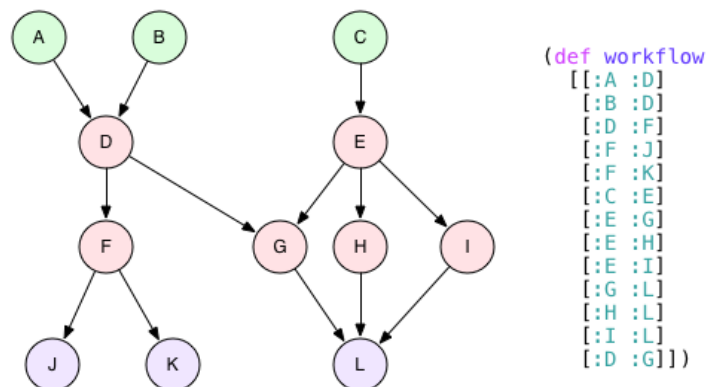


Рис. 1 Приклад орієнтованого ациклічного графа. Входи A, B і C. Виходи J, K і L. Всі інші вузли є функціями

В даний час відомо кілька програмних систем, орієнтованих на управління складними додатками з потокової структурою в розподілених обчислювальних середовищах. Потокова структура породжує гетерогенність ресурсів. Управління даними подібних ресурсів призвело до створення алгоритмів по аналізу асоціативних правил відносно специфіки завдань в конкретній проблемно-орієнтованій області [3]. Ранні роботи в галузі управління даними в розподілених середовищах фокусуються на пошуку асоціативних правил в гомогенних ресурсах. Однак для виконання експериментального дослідження застосуємо даний клас алгоритмів на гетерогенних ресурсах. До даного класу можна віднести як алгоритми Apriori, Eclat, FP-growth.

Для виконання експерименту було сконфігуровано Ubuntu Server в якості тестового середовища в Amazon EC2. В ході експерименту була поставлена тестування методів управління оцінюючи пошук асоціативних правил в за допомогою алгоритму Apriori. Перевага цього алгоритму в тому, що після того, як кожна транзакція з вихідного набору даних «пройде» через дерево, можна перевірити чи задовольняють значення підтримки кандидатів мінімального порогу.

Алгоритм Apriori працює в два етапи: на першому кроці необхідно знайти як часто зустрічаються набори елементів, а потім, на другому, отримати з них правила. Кількість елементів у наборі будемо називати розміром набору, а набір, що складається з k елементів, k-елементний набором. На першому кроці алгоритму підраховуються 1-елементні набори, що часто зустрічаються. Для цього необхідно пройтися по всьому набору даних і підрахувати для них підтримку, тобто скільки разів зустрічається в базі. Наступні кроки будуть складатися з двох частин:

генерації потенційно часто зустрічаються наборів елементів (їх називають кандидатами) і підрахунку підтримки для кандидатів. Хеш-дерево будується щоразу, коли формуються кандидати. Спочатку дерево складається тільки з кореня, який є листом, і не містить ніяких кандидатів-наборів.

Проведений експеримент показав, що швидкість обробки асоціативних правил знижується з зростанням об'єму даних (Рис.2). Таким чином зі зростанням об'єму даних знизиться відсоток корисного використання дискової пам'яті і обчислювальних потужностей і сповільниться пошук та видобування інформації для кінцевого користувача, що є сильним недоліком.

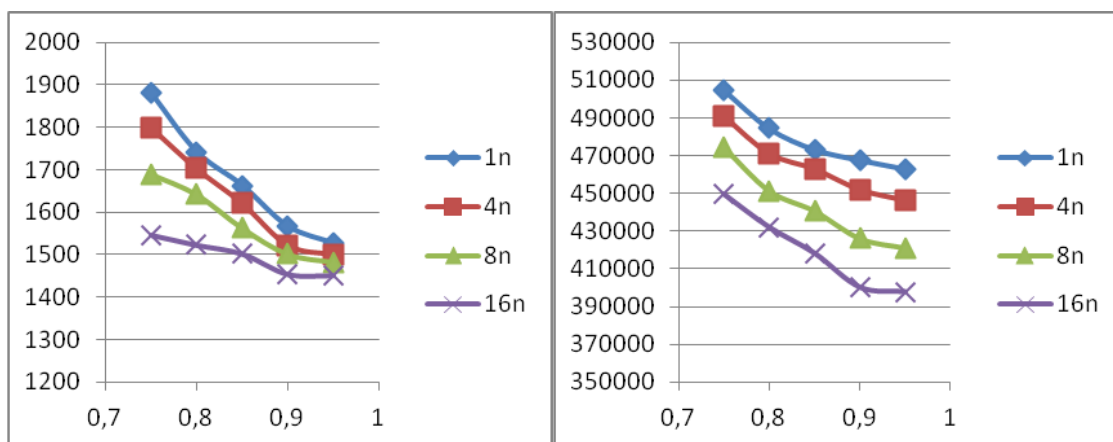


Рис. 2 Пошук асоціативних правил в хмарі за допомогою алгоритму Apriori(1 Gb, 300 Gb)

На основі проведеного експериментального тестування методів управління ресурсами було підтверджено, що алгоритми управління для однорідних розподілених обчислювальних систем погано адаптуються для розподілених гетерогенних систем [4], які генерують Великі Дані. Управління ресурсами в неоднорідних розподілених обчислювальних середовищах вимагає принципово нових моделей обчислень і управління ресурсами.

Висновки

В даній роботі окреслені перспективні напрямки досліджень роботи з великими даними. Аналіз існуючих методик на основі наведених вище графічних результатів експериментів підтверджує необхідність адаптації алгоритмів управління ресурсами Великих Даних в розподілених обчислювальних системах.

Література

1. Distributed resource management for high throughput computing [Електронний ресурс]/ Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=709966, вільний доступ.
2. Research on Component and DAG Based Dynamic Workflow System Chuan-Sheng Zhou ; Li-Hua Niu ; Jie Liu (PCSPA), 2010.
3. Association_rule_learning [Електронний ресурс] /Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Association_rule_learning#Algorithms, вільний доступ.
4. Adaptive distributed algorithms for distributed computing systems Yichuan Hu ; Ribeiro, A. Communication, Control, and Computing (Allerton), 2010 48th Annual Allerton Conference.

АЛГОРИТМ І ПРОЦЕС ВИРІШЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ЗАДАЧІ ЗА ДОПОМОГОЮ СЕРВІС-ОРІЄНТОВНОЇ СТРУКТУРИ У СЕРЕДОВИЩІ ПОРТАЛІВ ЗНАНЬ

Васильєв М.В., Новогрудська Р.Л.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: reactor729@gmail.com

The algorithm and the process of solving calculated task using service-oriented patterns in the environment of knowledge portals

In this work has been proposed principle of integration and operation of service-oriented structures for solving engineering problems in the portals of knowledge. The main parts of the service are interface, calculation forming service and partial settlement service.

Зі збільшенням наукових досліджень та нових технологій, виникає потреба у їх систематизації та зберіганні у доступному вигляді. Цю задачу вирішують інженерні портали. Але це не єдина їх функція, частіше за все, на них також розміщені деякі розрахункові задачі, які із розвитком хмарних технологій все більше вирішуються на стороні серверу, без допомоги розрахункових ресурсів користувача.

Основними пунктами у інтеграції розрахункових задач в інженерний портал є: опис користувацького інтерфейсу та розробка алгоритму виконання розрахунків по конкретній задачі.

Для того, щоб розробити інструментальний модуль динамічної інтеграції розрахункових задач на інженерних порталах знань, потрібно визначити його логічну та функціональну структуру.

В процесі отримання результатів розрахунку беруть участь користувач, сервіс формування складного розрахунку та сервіси часткових розрахунків

Користувач взаємодіє з сервісом формування розрахунку через користувацький інтерфейс.



Рисунок 1.

Рисунок 2. Рис. 1
Схема взаємодії
сервіс-орієнтовної
структури

Користувач вводить дані для розрахунків через інтерфейс, після чого сервіс формування розрахунку перевіряє правильність введених даних, розподіляє їх на окремі під задачі і передає до сервісів часткового розрахунку, які в свою чергу розраховували свою частину передають проміжний результат до сервісу формування розрахунку, де відбувається формування кінцевої відповіді на інженерну задачу і передається до користувацького інтерфейсу у доступній формі.

При цьому користувач не знає і не взаємодіє з іншими сервісами, що виконують часткові розрахунки. Сервіс формування складного розрахунку в свою чергу взаємодіє і з користувачем, і з іншими сервісами, що виконують часткові розрахунки. Всі взаємодії відбуваються через систему запитів і відповідей.

Користувацький інтерфейс:

Користувач вводить параметри та обирає, який розрахунок буде проведений.

Користувацький інтерфейс складається з кнопки для додавання нового параметру,

Parameter name	Parameter value	
a1	12	del
a4	2	del
alpha	43	del
sigma	20	del

Start search

Рис. 2 Користувацький інтерфейс

яка дасть можливість ввести назву параметру та його значення, самих параметрів з полями для введення та зміни значення, кнопок для видалення відповідних параметрів та кнопки для початку пошуку розрахунків в залежності від введених параметрів та відповідних значень.

Сервіс формування складного розрахунку отримує від користувача параметри, визначає, які розрахунки є можливими, при отриманих параметрах, формує послідовність виконання часткових розрахунків, виконує перевірку отриманих параметрів, формує запити для відправлення. Сервіси часткових розрахунків отримують параметри, перевіряють їх на правильність, виконують розрахунок та повертають сформований результат.

Для реалізації сервісу була вибрана технологія REST сервісів. Це такий метод взаємодії компонентів розподіленого додатку в мережі Інтернет, при якому виклик віддаленої процедури представляє собою звичайний HTTP запит (зазвичай типу GET або POST, такий запит називається REST запит), а необхідні дані передаються в якості параметрів запиту.

Спочатку сервіс отримує вхідні параметри, які були введені користувачем за допомогою інтерфейсу. Оскільки з параметрів був сформований один рядок, необхідно перетворити його у вигляд, який буде найбільш зручним для обробки. Для перетворення потрібно створити метод, який буде повертати результат такого типу, щоб мати можливість легко використовувати його надалі

Вхідним параметром цього методу є рядок, який сформований з назв параметрів та значень параметрів розрахунку. Спочатку вхідний рядок

розбивається за допомогою розділювача на масив рядків, кожен з яких являє собою з'єднані розділювачом назву кожного окремого параметру та його значення. Далі за допомогою циклу масив рядків на підмасиви, що відповідають за назву та значення параметра. Після того, як вхідні параметри перетворені у потрібний формат необхідно перевірити, які часткові розрахунки можуть бути використані для складного розрахунку. Для цього потрібно створити такий метод, який би перевіряв назви параметрів у частковому розрахунку та порівнював їх з назвами вхідних параметрів.

Вхідними параметрами для цього методу є назва часткового розрахунку, для якого буде виконуватись перевірка, та список вхідних параметрів, з якими будуть звірятися параметри часткового розрахунку.

Оголошується масив, який буде містити в собі всі часткові розрахунки, параметри яких повністю входять у масив параметрів вхідних даних. За допомогою циклу кожен окремий частковий розрахунок перевіряється і, якщо перевірка проходить успішно, то назва часткового розрахунку додається до створеного масиву. Після виконання циклу отримуємо масив, який можна використовувати для подальшої перевірки.

Після того, як був сформований масив з назвами часткових розрахунків, є необхідність у перевірці діапазону допустимих значень. Для цього потрібно створити метод, який буде перевіряти кожен окремий параметр. Як тільки перевірені усі параметри, метод повертає логічне «так», якщо всі введені значення входять в допустиму область, або логічне «ні», якщо хоча б один з параметрів не входить в область допустимих значень.

В результаті перевірок формується масив, який використовується для розрахунку. Користувач вибирає, який з запропонованих розрахунків йому потрібен, так натискає на відповідну кнопку, після цього проходить його виконання за допомогою сервісів часткових розрахунків.

Висновки. В процесі написання даної роботи була запропонована алгоритмічна схема вирішення розрахункової задачі за допомогою інструментального модулю, розміщеного на інженерному порталі знань. В архітектурі даної схеми виділяються три суб'єкти: користувач, сервіс формування складного розрахунку та сервіси часткових розрахунків.

Література

1. Торрес Р. Дж. Практичний посібник з проектування та розробки користувацького інтерфейсу / Р. Торрес. // - М.: ГІ ФМЛ, 2002. - 400 с.
2. Глоба Л. С. Підхід до побудови порталу інженерних знань / Л. С. Глоба., Р.Л. Новогрудська // Праці конференції «Інтелектуальний аналіз інформації ІАІ - 2010». - Київ: КПІ; 2010. - С53-62 ..
3. Oracle Documentation Library // Документація по портальним рішенням від Oracle. [Електронний ресурс] Електрон. текстові дані. — Режим доступу: http://www.oracle.com/pls/cs101/portal.portal_ocs?selected=5.

ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ МЕРЕЖ

Гетьманенко О.В.

Факультет інформатики та обчислювальної техніки НТУУ “КПІ”, Україна

E-mail: sasha.getmanenko@gmail.com

Problems of modern networks

The article provides a brief theoretical description and analysis of the problems of modern networks. It discusses new approaches and methodologies processing Big Data, resolving the problems of security and fault tolerance.

Протягом останніх років спостерігається вибухове зростання обсягу й різноманітності даних, що містяться в Інтернеті та інших глобальних мережах. Мільйони кілобайт інформації формуються з багатьох джерел, включаючи мобільні пристрої, соціальні мережі, підприємства, камери, журнали моніторингу програмного забезпечення, які створюються кожної хвилини. На сьогоднішній день інтелектуальні мережі не можуть забезпечити обчислення, зберігання і передачу даних таких об'ємів. Виходячи з цього, найскладнішою проблемою теперішнього часу є дослідження в сучасних мережах, що включають ефективні та оптимальні методи управління великими обсягами даних, а також пошук нових методів аналізу та обробки інформації.

Основним невирішеним питанням в глобальних розподілених мережах залишається величезний трафік, що генерується мільярдами підключених пристроїв. Згідно розрахунків корпорації Cisco Systems, що приведені на рисунку 1, обсяг даних в мережі Інтернет за останні 5 років зріс в три рази.

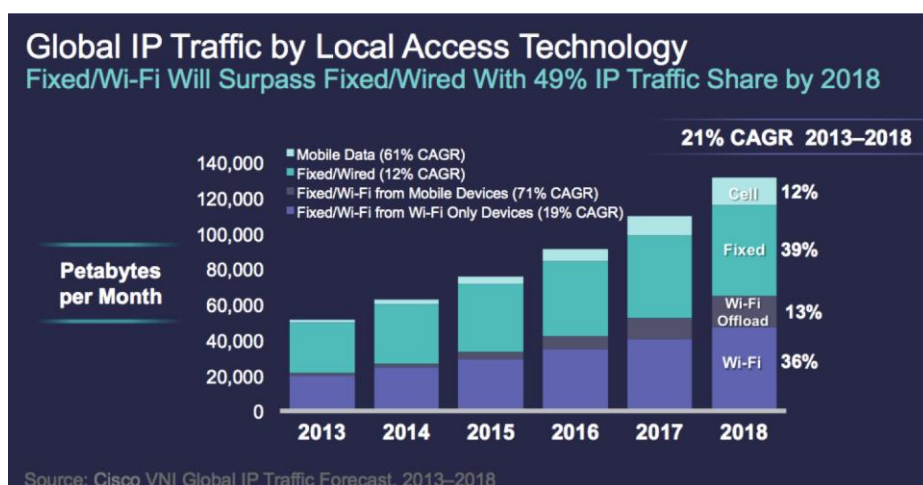


Рис. 1 Статистичні дані трафіку в мережі Інтернет

Прогнозується продовження даної тенденції за рахунок збільшення кількості електронних засобів і користувачів. Вплив на існуючу інфраструктуру створить серйозні проблеми для обладнання провайдерів і операторів зв'язку. Отож головним питанням є масштабованість і надійність всієї інфраструктури обробки масивів даних.

Змінюється і парадигма організації обчислень у суспільстві: на місце

клієнт-серверної архітектури прийшли центри обробки даних і хмарні обчислення, файлові системи і бази даних трансформувалися в мережі зберігання даних [1]. Саме хмарні обчислення, що з'явилися не так давно, дають практично безмежні ресурси і можливості розробникам. Розмістивши додатки “у хмарі” користувачі мають змогу отримати доступ до них звідусіль у будь-який час. Хмарний центр обробки даних надає послуги віртуальної централізації додатків, обчислень і розміщення інформації. Він оптимізує використання ресурсів, проте не забезпечує ефективного рішення з обробки об'ємних програм та даних.

Незважаючи на наведені вище технологічні досягнення в інтелектуальних мережах та обробці даних, великомасштабна надійна система-програмного забезпечення для масових застосувань ще не розроблена. Дана ситуація пояснюється переліком задач, які не мають повного вирішення (рисунок 2):



Рис. 2 Задачі, що потребують вирішення

- 1) відсутність програмного забезпечення, яке гарантує мобільність додатків розподілених на декількох серверах і центрах обробки даних;
- 2) малоефективний механізм відмовостійкості (надійність мережі і безпека);
- 3) неоптимальне апаратне та програмне забезпечення резервування даних;
- 4) відсутність набору програмних абстракцій, які розширили б можливості існуючих мережевих інфраструктур для віддаленого мобільного доступу.

Розгляд даних питань зустрічається в багатьох наукових статтях, які повідомляють про нові результати, рішення і методи у області дослідження великомасштабних обчислювальних та інтелектуальних мережах, починаючи від концептуальних і теоретичних розробок в передових технологіях до інноваційних програм та інструментів. ІТ-компанії також беруть участь у вирішенні цього переліку задач. Вони стикаються з великою кількістю конкурентів, що призводить до боротьби за клієнтів, а як наслідок – перегонів в технологічних досягненнях.

Знизити ризики та підвищити швидкість розгортання “хмари” всередині організації пропонує Microsoft з використанням програми Hyper-V Cloud Fast Track [2]. Не відстає у інноваційних завоюваннях хмарних обчислень компанія IBM, програмні продукти, якої хоч і не в повній мірі, проте вирішують значну кількість завдань. Покращити показник використання ресурсів і продуктивність системи зберігання даних допоможе IBM SmartCloud Virtual Storage Center, незамінним помічником у організації управління мобільними середовищами і їх захисті буде IBM Endpoint Manager for Mobile Devices [3].

Якщо повернутися до питання безпеки, то й воно не обходиться без уваги.

У статті [4] наводиться 5 важливих функцій, які потрібно обов'язково реалізовувати. Для дотримання стандартів ідентифікації пропонується застосовувати механізми: Assertion Markup Language (SAML) 2.0, OAuth 2.0 з використанням OpenID Connect. Захист від можливих атак забезпечити засобами API, які дають змогу робити криптографічну перевірку повідомлень. Проведення своєчасного оновлення та виправлення, які узгоджені з замовником, дозволять уникнути “технічних розривів”.

Розробники наводять нові рішення для поліпшення виявлення несправностей і відмовостійкого механізму в різних типах розподілених мереж. Розглядається проблема вибору веб-служби та інтеграції в мережу Інтернет [5]. Внесення розробленим модулем несправностей у хмарні системи описано у роботі [6]. Автори цієї статті працювали на симуляторі “CloudSim”, де помилки генерувалися за допомогою різних статистичних розподілів. Було обґрунтовано, що ретельне сканування веб-даних може підвищити ефективність виявлення шкідливих програм, які можуть порушити або навіть пошкодити всю інфраструктуру та особливо небезпечні під час масивної обробки даних, у великих мережах.

За основу створення нового детектору шкідливих програм взято контрольовані методи навчання для аналізу даних, а саме опорних векторів, наївного байєсівського класифікатора і методу k найближчих сусідів [7]. Автори досліджували свою модель на реальних даних що надходили з пристроїв, розташованих в декількох підрозділах, організаціях і систем моніторингу, що обслуговують координаційний центр CERT Польщі. Схожа проблема описана у роботі [8], де розглянуто нову біометричну технологію автентифікації для мобільних пристроїв з системою Android. Було показано, що дана технологія може швидко підвищити рівень безпеки даних і повідомлень, якими обмінюються між вузлами мереж мобільних операторів.

Як бачимо, стрімкий попит користувачів зумовлює виникнення багатьох проблем. Проте розробники, дослідники готові боротися складнощі і шукати шляхи їх вирішення, про що свідчить вищенаведена інформація.

Література

1. Al- Rababah M. Problems of Modern Networks [Електронний ресурс] / Mohammad Al-Rababah, Nour E. Oweis, Khaled Sadeq Al-shredei // International Journal of Computers & Technology. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: www.cirworld.com.
2. Microsoft презентує нове рішення Private Cloud для бізнесу [Електронний ресурс] // Microsoft. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.microsoft.com/ukraine/news/>.
3. IBM презентувала ПЗ для управління хмарними середовищами. [Електронний ресурс] // likenews. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <http://internetua.com/>.
4. Rabie W. Five tips to secure your cloud future [Електронний ресурс] / William Rabie // Cloud Tech News. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.cloudcomputing-news.net>.
5. Iacono M. Model-Based Availability Evaluation of Composed Web Services / M. Iacono, S. Marrone. // Journal of Telecommunications and Information Technology. – 2014. – №4.
6. FIM-SIM: Fault Injection Module for CloudSim Based on Statistical Distributions / M.Nita, F. Pop, M. Mocanu, V. Cristea. // JTIT. – 2014. – №4.
7. Kruczkowski M. Comparative Study of Supervised Learning Methods for Malware Analysis / M. Kruczkowski, E. Niewiadomska-Szynkiewicz. // JTIT. – 2014. – №4.
8. Usability Analysis of a Novel Biometric Authentication Approach for Android-Based Mobile Devices / V.Conti, M. Collotta, G. Pau, S. Vitabile. // JTIT. – 2014. – №4.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПОРТАЛОВ ЗНАНИЙ

Дерманская Н.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: ndermanska@ukr.net

Comparative analysis of models of knowledge portals

The review of the existing models of knowledge portals is provided. Their characteristics and describing properties are opened. Information, functional, structural and intellectual models of knowledge portals are briefly considered.

Портал знаний представляет собой специализированную информационную систему, которая позволяет осуществлять представление, хранение, систематизацию и структуризацию знаний заданной предметной области, а также применять к ним эффективные методы поиска [1].

В зависимости от способа организации представления и поиска знаний существует множество различных моделей таких порталов. Всю совокупность моделей можно разделить на следующие типы: информационные, структурные, функциональные и интеллектуальные. В свою очередь, среди интеллектуальных моделей различают логические, продукционные, фреймовые и семантические. Рассмотрим некоторые из существующих моделей.

Логическая модель позволяет рассматривать информацию как факты и утверждения, которые могут быть представлены как формулы в некоторой логике. В этом случае знания будут являться совокупностью таких формул.

Описание логической модели при помощи формальной теории может быть следующим:

$$S = \langle A, F, A_x, R \rangle,$$

где

A – счетное множество базовых символов;

F – множество формул;

A_x – выделенное подмножество аксиом;

R – конечное множество отношений между формулами [2].

При использовании логической модели формализация знаний осуществляется по правилам математической логики, методы которой хорошо изучены, но это ведет к потере некоторой информации.

Продукционная модель, основанная на правилах, позволяет представить знания в виде постулатов типа «Если (условие), то (действие)» [3]. В общем случае модель может быть представлена в виде:

$$N = \langle A, U, C, I, R \rangle,$$

где

N – имя продукции;

A – сфера применения продукции;

U – условие применимости продукции;
C – ядро продукции;
I – постусловия продукции (при положительной реализации продукции);

R – комментарий, неформальное пояснение продукции и т.п. [4]

Продукционная модель получила широкое распространение в силу своей простоты. Основным ее недостатком является возникновение противоречий между продукциями при значительном их накоплении.

Фреймовая модель состоит из структур для восприятия пространственных сцен и является психологически обоснованной. Сам фрейм представляет собой абстрактный образ, структуру данных для описания некоторых совокупностей понятий и сущностей. Каждый фрейм идентифицирован при помощи уникального имени для данной системы и состоит из множества элементов, называемых слотами [3]. Фрейм может быть формально описан следующим образом:

$$F = \langle N, S_1, S_2, S_3 \rangle,$$

где

N – имя объекта;

S_1 – множество слотов, содержащих факты, определяющие декларативную семантику фрейма;

S_2 – множество слотов, обеспечивающих связи с другими фреймами;

S_3 – множество слотов, обеспечивающих преобразования, определяющие процедурную семантику фрейма [5].

Совокупность фреймов, моделирующих одну предметную область, представляют собой иерархическую структуру, в которой фреймы соединены при помощи родовидовых связей.

Фреймовая модель является наиболее эффективной для систем, в которых родовидовые связи редко изменяются и предметная область содержит мало исключений.

Наиболее общий способ представления знаний имеет модель под названием семантическая сеть. Семантическая сеть представляется в виде графа, отображающего смысл целостного образа. Узлы графа соответствуют фактам или понятиям, а дуги – отношениями между понятиями [3]. Формально сеть может быть задана в следующем виде:

$$H = \langle I, C, G \rangle,$$

где

I – множество информационных единиц;

C – множество типов связей между информационными единицами;

G – отображение, задающее конкретные отношения из имеющихся типов C между элементами I [6].

Семантическая сеть наиболее применима для представления декларированных знаний.

Информационная модель описывает информационные аспекты моделируемого объекта, процесса или явления. Все объекты этой модели представлены при помощи рисунков, чертежей, схем, таблиц, текстов и т.п.

Для описания модели могут быть использованы естественные и формальные языки, которые определены жесткими правилами [7].

Функциональная модель содержит в своей основе понятие функции. Данная модель позволяет выявить все производимые действия и связи между ними, что и является основой механизма выполнения описывающих систему функций. Важным свойством функциональной модели выступает принцип функциональной декомпозиции: любая функция может быть разбита на более простые функции [8].

Структурная модель описывает компоненты, из которых состоит создаваемая сложная система и объект, а также связи между такими компонентами и принципы их взаимодействия.

Каждая из представленных моделей является применимой для создания портала знаний определенной предметной области. Выбор необходимой модели основывается на предоставленных требованиях к детализации описания системы, перечне необходимого функционала, особенностях используемых знаний и специфике предметной области функционирования системы. Выбор модели также зависит от сложности создаваемой системы. Для полного описания сложных систем необходимо использование нескольких моделей. В тоже время интеллектуальные модели способны передавать больше информации о системе, предметной области и ее связях, чем другие типы моделей.

Литература

1. Концепция интеллектуального интернет-портала знаний для доступа к информационным ресурсам по археологии и этнографии [Электронный ресурс] / [О. И. Боровикова, С. В. Булгаков, Ю. А. Загорюлько та ін.] – Режим доступа до ресурсу: http://www.ssc.smr.ru/media/ipuss_conf/06/4_08.pdf.
2. Логическая модель знаний [Электронный ресурс] // Портал искусственного интеллекта – Режим доступа до ресурсу: <http://www.aiportal.ru/articles/knowledge-models/logical-model.html>.
3. Спицын В. Г. Представление знаний в информационных системах / В. Г. Спицын, Ю. Р. Цой. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 152 с.
4. Продукционная модель знаний [Электронный ресурс] // Портал искусственного интеллекта – Режим доступа до ресурсу: <http://www.aiportal.ru/articles/knowledge-models/production-model.html>.
5. Фреймовая модель знаний [Электронный ресурс] // Портал искусственного интеллекта – Режим доступа до ресурсу: <http://www.aiportal.ru/articles/knowledge-models/frame-model.html>.
6. Семантические сети или сетевые модели знаний [Электронный ресурс] // Портал искусственного интеллекта – Режим доступа до ресурсу: <http://www.aiportal.ru/articles/knowledge-models/semantic-network.html>.
7. Методы моделирования и модели разработки ИС [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://infis.narod.ru/pis/pis-p3-1.htm>.
8. Разработка функциональной модели автоматизированной информационной системы анализа и прогнозирования работы доменного цеха / [В. В. Лавров, Н. А. Спирин Николай, А. А. Бурыкин та ін.]. // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – №5.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НАДЕЖНОСТИ КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

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

НТУУ «КПИ»

E-mail: d.vishtal@kpi.ua

Some questions of automation problem decision of reliability of communication networks

Questions of presentation of properties of monotonous system of 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:

$x_k(t) = 1$, если в момент t элемент x_k работоспособен;

$x_k(t) = 0$, если в момент t элемент x_k неработоспособен.

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 остовное 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?

И 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.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ ДОСТУПУ ДЛЯ МЕРЕЖЕВИХ СХОВИЩ

Ізай Д.Ю., Алексєєв М.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: dimmu4@mail.ru

Comparison of FC, FCoE and iSCSI protocols for access to a network storage

The comparison of the 3 main protocols for accessing to a network storages, such as FC, FCoE and iSCSI. The advantages and disadvantages of each of them was described and the main sphere of application was determined.

На сьогодні різного роду фірми і корпорації зіткнулися з необхідністю створювати власні сховища даних. На даний момент існують 3 розповсюджених протоколи підключення клієнта до мережевого сховища: FC, FCoE і iSCSI. У цій статті буде розглянуто і проаналізовано переваги і недоліки кожного із способів, а також доцільність їх використання в різних випадках. В даній статті найбільш детально і точно визначено сфери використання кожного з протоколів на основі технічних особливостей кожного з них, їх продуктивності і фінансового аспекту.

Найстаріший і найпоширеніший протокол у сфері мереж зберігання (Storage Area Networks, SAN) - Fibre Channel (FC) - був розроблений спеціально для підключення систем зберігання. Нині він забезпечує швидкість передачі даних до 16 Гбіт/с, проте вимагає спеціального апаратного забезпечення для серверів і мережі. Надмірне оснащення однієї SAN припускає наявність двох адаптерів головної шини (Host Bus Adapter, HBA) на кожен сервер і не менше двох комутаторів FC.

Однією з найважливіших переваг Fibre Channel разом зі швидкісними параметрами (які, до речі, не завжди є головними для користувачів SAN і можуть бути реалізовані за допомогою інших технологій) є можливість роботи на великих відстанях і гнучкість топології, яка прийшла в новий стандарт з мережевих технологій. Таким чином, концепція побудови топології мережі зберігання даних базується на тих же принципах, що і традиційні мережі, як правило, на основі концентраторів і комутаторів, які допомагають запобігти падінню швидкості при зростанні кількості нод і створюють можливості зручної організації систем без єдиної точки відмов.

Протокол iSCSI (Internet Small Computer System Interface) - це протокол, який базується на TCP/IP і розроблений для встановлення взаємодії і управління системами зберігання даних, серверами і клієнтами. Іноді його ще називають SCSI over IP.

Системи на основі iSCSI можуть бути побудовані на будь-якій досить швидкій фізичній основі, що підтримує протокол IP, наприклад Gigabit Ethernet або 10g Ethernet. Використання стандартного протоколу дозволяє застосовувати стандартні засоби контролю і управління потоком, а також

істотно зменшує вартість устаткування в порівнянні з мережами Fibre Channel (FC).

iSCSI працює на блоковому рівні. Об'єктом, до якого надається доступ, є область даних, що інтерпретується ініціатором як блоковий пристрій (диск). Доступ є монопольним (за винятком спеціально розрахованих на це файлових систем і файлових систем в режимі "тільки для читання"). Обов'язок створювати і обслуговувати файлову систему покладається на ініціатора; сервер (мета, target) лише обслуговує низькорівневі запити, аналогічні запитам, які обслуговує драйвер диска при роботі з локальними дисками. Для адресації по мережі і клієнт і сервер мають свої адреси, які мають бути унікальними.

FCoE можна розглядати як еволюцію протоколу iSCSI, що інкапсулює протокол FC в кадри Ethernet. Протоколу Ethernet потрібно деякі розширення для поліпшення продуктивності. Так, один кадр FC завжди упаковується в кадр Ethernet, а саме в стандартний кадр Ethernet другого рівня (Layer 2 Ethernet Frame) з позначкою FCoE. Крім того, розробники FCoE все ще намагаються скоротити затримки і удосконалити функцію розподілу пріоритетів в протоколі Ethernet. В порівнянні з iSCSI, FCoE відрізняє менший час затримки, в ній можна регулювати пріоритети трафіку даних, а накладні витрати (Overhead) значно нижчі.

FCoE, на відміну від iSCSI, не користується TCP/IP і тому має ряд відмінностей, таких як використання "pause frame", використання "Pause з пріоритетом", відсутність TCP таймаутів, відсутність можливості IP-маршрутизації, відсутність "broadcast storms". Маршрутизація FCoE може бути зроблена за допомогою протоколу FCIP.

Підключення і розгортання FC найбільш складне і затратне в порівнянні з іншими протоколами. Крім того FC необхідна більша кількість адаптерів і мережевих плат, окремо для трафіку з оптоволокна, окремо для Ethernet трафіку. В інших протоколах такої проблеми нема, так як в них використовується Ethernet для передачі інформації.



Рис. 1 Порівняння підключення каналів FC і iSCSI /FCoE

Через використання TCP/IP протоколом iSCSI збільшене навантаження на ЦП, так як йому потрібно опрацьовувати TCP/IP запити. Ще один показник для порівняння - кількість переривань процесора при передачі даних. У Ethernet він значно вищий, ніж у FC, що обертається дуже значним навантаженням на сервер, правда, в iSCSI SAN її можна скоротити за допомогою спеціальних карт iSCSI або механізмів розвантаження TCP - вони беруть на себе увесь процес перетворення. Крім того, користувач може

об'єднати декілька з'єднань GbE або перейти на 10gbe.

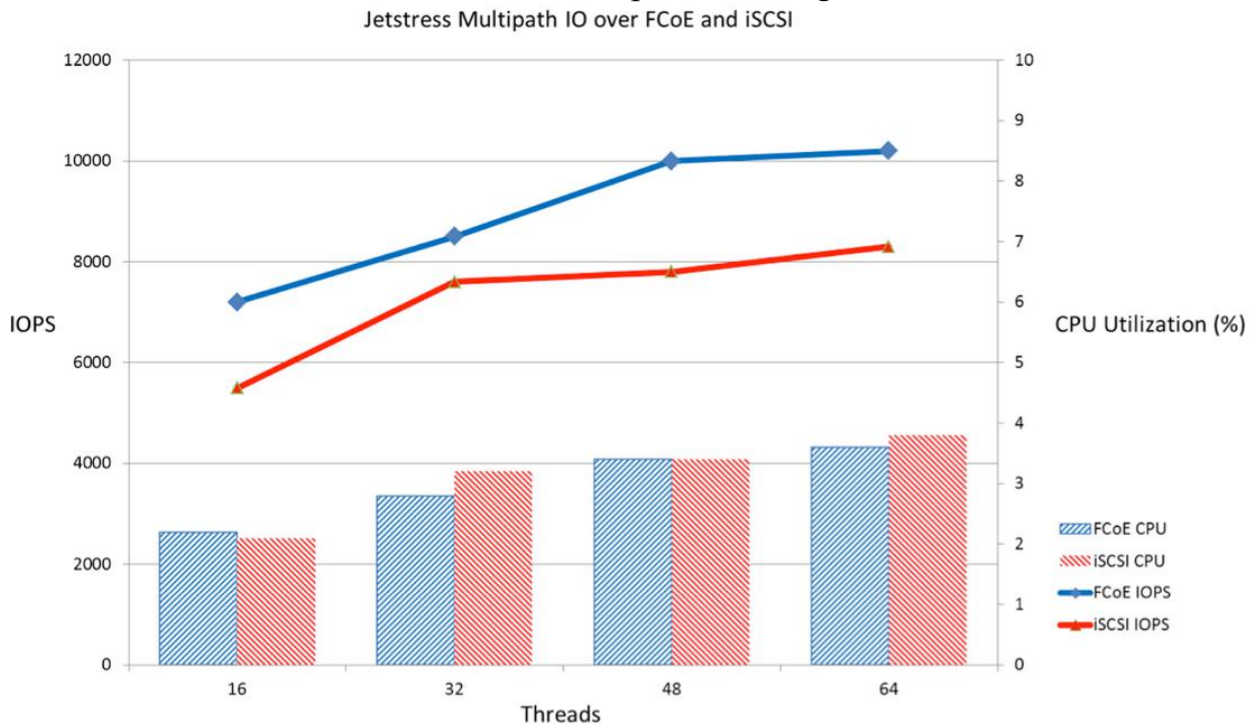


Рис. 2 Порівняння швидкодії і навантаження на ЦП протоколів iSCSI і FCoE

FC досі залишається стандартним способом організації мережі зберігання в ЦОД. Ця технологія цілком зріла і надійна, і усі значимі виробники пропонують свої системи зберігання або облаштування резервного копіювання на стрічку з інтерфейсами FC, а 16 Гбіт/с забезпечують достатню продуктивність. До вагомих недоліків варто віднести складність організації побудови і розгортання, складність адміністрування, а також високу ціну. Її ніша - великі корпорації, що побудували свою систему мережних сховищ давно і для яких стабільність і велика швидкість доступу й обробки даних є ключовим фактором.

iSCSI завоювала велику популярність в SMB сегменті. Вартість апаратного забезпечення (GbE) низька, а продуктивності у багатьох випадках більш ніж достатньо. Завдяки появі усе більш потужних процесорів питання навантаження на процесор відходить на задній план. iSCSI може працювати на вже створеній інфраструктурі з її мінімальними змінами. Її розгортання і обслуговування найбільш просте і не потребує багато часу і фінансових впливань.

FCoE займає проміжну нішу, її розгортання буде дорожче, ніж iSCSI, а обслуговування значно складнішим, але продуктивність буде значно вища, навантаження на ЦП менше, а ймовірність збоїв менша.

Література

1. Dell Wiki (2.11.2011): <http://en.community.dell.com/techcenter/storage/w/wiki/2722/>.
2. Ciso official: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/nexus-5000-series-switches/white_paper_c11-495142.html.
3. Хабрахабр (19.08.2010): <http://habrahabr.ru/company/netapp/blog/102059/>.
4. “Журнал сетевых решений LAN” (07.2009): <http://www.osp.ru/lan/2009/07/9596396/>.
5. BESTOR офіційний сайт: http://www.bestor.spb.ru/v3/faq?cat_id=1&subcat_id=1824.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ МЕТАГРАФОВ**Кривенко А.С., Штогрин Е.С.***Институт телекоммуникационных систем**E-mail: alexakryvenko@gmail.com, L_Shtogrina@mail.ru***Hierarchical metagraph visualization**

Proposed a method for visualization hierarchical metagraphs. The problem of visualization hierarchy in metagraph is outlined. Paper shows the necessary restrictions on the metagraph structure for receiving readable graphical representation.

Применение стандартных силовых алгоритмов [1-4] для иерархических графов не позволяет получать изображения графов, на которых наглядно отображается иерархия графа. Эти алгоритмы направлены на получение изображений с равномерно распределенными координатами узлов на плоскости. Для получения общепринятого графического представления иерархии [5] необходимо расположение ребер в одном направлении и вершин на визуально очерченных уровнях. Это позволяет просматривать уровни иерархии отдельно и быстро оценивать взаимосвязи между уровнями.

С помощью метаграфов [6] могут быть представлены модели бизнес-процессов с использованием диаграмм выполнения работ (workflow), модели баз нечетких знаний [7]. Визуализация иерархии это один из способов оценить отношения в иерархической модели, количество уровней и ширину иерархии.

Так как метаграф сам по себе является структурой с вложенными узлами, возникает проблема определения уровней, к которым относятся узлы метаграфа. Задача визуализация иерархического метаграфа требует учета большего количества ограничений, чем при нахождении графического представления не иерархического метаграфа. Это является результатом того что пересекающиеся узлы на одном уровне не всегда можно изобразить на одной линии, как принято при изображении иерархических структур. Также стоит учитывать пересечения ребер между уровнями, если иерархия не образует дерево.

Для получения изображения с расположением ребер в одном направлении может быть применен метод для визуализации ориентированных графов с применением магнитных сил [3]. Главной особенностью данного метода является ориентация ребер графа в направлении поля магнитной силы. Возможно получение различных изображений в зависимости от вида линий магнитного поля. Например, круговое магнитное поле подчеркивает наличие циклов в графе. Для иерархических графов наиболее подходящим является магнитное поле с направлением сверху вниз изображения. Использование данного метода оказалось малоэффективно для изображения иерархических метаграфов, поскольку он учитывает направления ребер, но не учитывает пересечения и вложенность узлов метаграфа. На изображениях, полученных с применением магнитных сил, сложно определить уровни иерархии, что является основной целью получения графического представления иерархических метаграфов. Также для расположения ребер метаграфа в направлении магнитного поля, магнитная сила должна быть достаточно большой. Так как

применение магнитных сил не дает желаемого результата, а в некоторых случаях даже ухудшает графическое представление полученное с помощью силовых методов разработка методов визуализации иерархических метаграфов является актуальной.

Задача визуализации иерархического метаграфа была решена для метаграфов, на структуру которых наложены следующие ограничения:

1. Пересекающиеся метавершины могут быть упорядочены в один ряд.
2. Сопоставимая ширина и длинна иерархии – число уровней и максимальное количество метавершин на уровне имеют один порядок.
3. Метавершина полностью находится на одном уровне.
4. Возможны ребра между узлами на уровне.

Для иерархических метаграфов с такими ограничениями предлагается метод, который является адаптацией силового метода визуализации метаграфов [8]. В метод были внесены следующие изменения:

1. Область экрана делится на равные горизонтальные участки, на каждом из которых будут изображены метавершины, которые относятся к соответствующим уровням.
2. Сила гравитации действует на каждом уровне в направлении центра, области данного уровня, коэффициент гравитации снижен по сравнению с [8]. Это обеспечивает расположение метавершин ближе к центру уровня при отсутствии пересечений метавершин на уровне.
3. Узлы метаграфа располагаются строго в границах уровней, к которым они принадлежат, за счет применения функции обрезки координат. Эта функция зависит от номера уровня.

Метод визуализации иерархических метаграфов был реализован с использованием технологии WPF .NET как дополнение к ранее разработанному методу визуализации метаграфов. Технология WPF предоставляет средства для разработки визуального интерфейса, двухмерной и трехмерной графики, анимации и др., поэтому она была выбрана для реализации метода визуализации метаграфа. С помощью графического интерфейса программы возможна настройка величин коэффициентов гравитации, максимального значения температуры и максимального количества шагов алгоритма. Также разработанная программа дает возможность просмотра процесса визуализации с заданным шагом. На рис. 1 показан пример графического представления иерархического метаграфа полученного с помощью предложенного метода.

Выводы. Предложенный метод может быть применен для получения графического представления иерархических метаграфов с описанными ограничениями. Были проведены тестирования работы реализации метода для древовидных метаграфов средних размеров с максимальным количеством уровней 10. При соблюдении ограничений на структуру метаграфа графически представленные метаграфы соответствуют формально заданным, а изображения отвечают требованиям к отображению иерархии. Данный метод планируется доработать с целью уменьшения количества ограничений на структуру метаграфа и автоматического определения уровней узлов метаграфа.

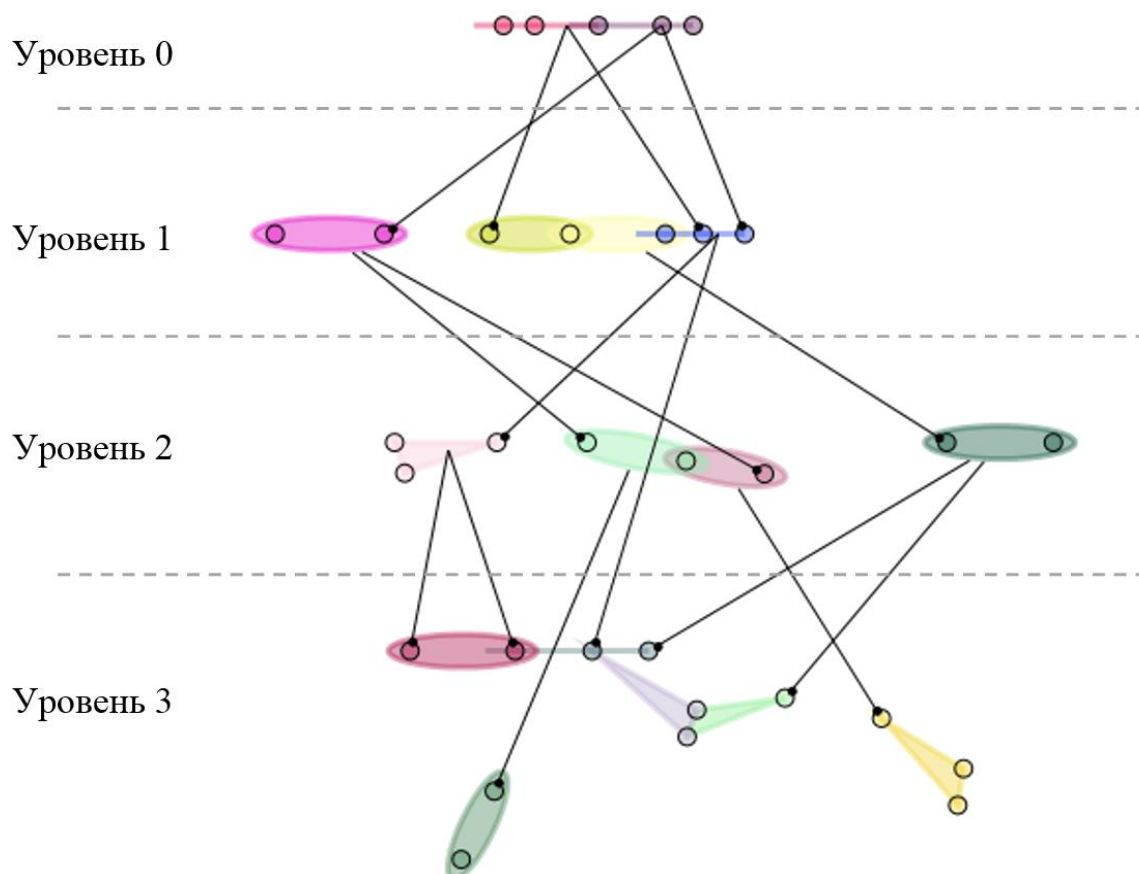


Рис. 1 Пример графического представления иерархического метаграфа

Литература

1. Fruchterman T. M. J. Graph Drawing by Force-Directed Placement / T. M. J. Fruchterman, E. M. Reingold // *Software-Practice and Experience*. – 1991. – Vol. 21. – No.11. – P. 1129-1164.
2. Frick A. A Fast Adaptive Layout Algorithm for Undirected Graphs / A. Frick, A. Ludwig, H. Mehldau // *Springer-Verlag*. – 1995. – Vol. 894 – P. 388-403.
3. Sugiyama K. A Simple and Unified Method for Drawing Graphs: Magnetic-Spring Algorithm / K. Sugiyama, K. Misue // *Proceedings of Graph Drawing: Conf., 1994, New Jersey: proc. of conf.* / Springer-Verlag. – 1995. – Vol. 894 – P. 364–375.
4. Kamada T. An algorithm for drawing general undirected graphs / T. Kamada, S. Kawai // *Information Processing Letters*. – 1989. – V. 31. – P. 7-15.
5. Бабури́н Д. Е. Иерархический подход для автоматического размещения ациклических графов
6. Basu A. *Metagraphs and their applications* / A. Basu, R. W. Blanning, // Springer – 2010. – 173p.
7. Терновой М.Ю., Штогріна О.С. Представлення баз нечітких знань за допомогою метаграфа та проведення нечіткого логічного виведення на його основі // *Вісник Харк. нац. ун-ту., Сер. «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*, № 1105, 2014. –С. 156 – 165.
8. Штогринa Е. С., Кривенко А. С. Метод визуализации метаграфа // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2014. – № 3 (91). – С. 124–130.

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ОНТОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Мурадханов А.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: crossfirepryanikkodi@gmail.com

Analysis of the tools, which represents ontological models

The article presents a comparative analysis of description languages of ontology models. The language was chosen for representing data of information portal of knowledge based on ontology model.

В наш час портали знань використовуються для забезпечення ефективного доступу до інформації, застосувань та засобів співпраці. Портал знань – це інструмент для управління інтелектуальною діяльністю. Основу таких порталів знань складають онтології, що містять опис структури і типології відповідних мережевих ресурсів. Вибір мови опису онтологічної моделі покладе основу того, як інформація з порталу знань буде відображена у модель представлення знань. Засіб представлення моделі знань та формат представлення повинні бути добре вивченими, з технічної точки зору.

Мова опису онтологій — формальна мова, яка використовується для кодування онтології. Існує кілька подібних мов: OWL; KIF; Common Logic; CycL; DAML+OIL.

OWL — мова опису онтологій для семантичної павутини. Мова OWL дозволяє описувати класи і відношення між ними, а також властиві для веб-документів. OWL заснований на більш ранніх мовах OIL і DAML OIL і в наш час є рекомендованим консорціумом всесвітньої павутини.

Онтології є формалізованими словниками термінів. Вони задають визначення термінів, описуючи свої відношення з іншими термінами в онтології. OWL 2 є розширенням і новою версією мови Веб-онтологій OWL розробленої робочою групою веб-онтологій W3C та оприлюдненої в 2004 році. OWL 1, OWL 2 розроблені для того, щоб полегшити розробку онтологій і спільного використання через Мережу, з кінцевою метою створення Веб-контенту, більш доступного для машин.

Документ Структурної Специфікації OWL 2 визначає абстрактну структуру онтологій OWL 2, але не визначає їх значення (семантики). Прямі семантики та семантики засновані на RDF забезпечують два альтернативні способи присвоєння значень для онтологій OWL 2, з теоремою відповідностей, яка забезпечує зв'язок між ними. Ці дві семантики використовуються багатьма програмними системами та іншими інструментами, наприклад, щоб відповісти на запити узгодженості класу, категоризації та запити вилучення екземпляру.

Перевага близького зв'язку полягає в тому, що насичений термінами алфавіт логіки опису та досвід реалізації можуть бути безпосередньо

використані інструментами OWL 2. Однак, деякі умови повинні бути поміщені в структури онтологій, щоб гарантувати, що вони можуть бути перетворені в базу знань SROIQ; наприклад, перехідні властивості не можуть використовуватися в обмеженнях кількості.

Також існують онтології, які називаються онтології OWL 2 DL. OWL 2 DL використовуються неофіційно, щоб звернутися до онтологій DL OWL 2, яка інтерпретується, використовуючи пряму семантику [1].

Семантики засновані на RDF присвоюють значення безпосередньо RDF-графам, а також реалізують структури представлення онтологій через відображення в RDF-графах. Семантика, яка заснована на RDF, є повністю сумісною з семантикою RDF, і розширює семантичні умови, визначені для RDF. Семантика, яка заснована на RDF, може бути застосована до будь-якої онтології OWL 2, без обмежень так само, як і будь-яка онтологія OWL 2 може бути відображена в RDF.

В основі мови OWL лежить представлення понять через відношення «об'єкт — властивість». OWL придатна для опису не тільки веб-сторінок, але і будь-яких об'єктів дійсності.

Кожному елементу опису в цій мові (в тому числі властивостям, що зв'язує об'єкти) ставиться у відповідність URI. OWL має три діалекти. OWL Lite призначена для користувачів, які потребують передусім класифікаційної ієрархії і простих обмежень. Наприклад, при тому, що вона підтримує обмеження кардинальності (кількості елементів), допускаються значення кардинальності тільки 0 або 1. Для розробників повинно бути простіше в своїх продуктах забезпечити підтримку OWL Lite, чим виразніших варіантів OWL. Зокрема, OWL Lite дозволяє швидко перенести існуючі тезауруси і інші таксономії. OWL Lite також має нижчу формальну складність, ніж OWL DL.

OWL DL призначена для користувачів, яким потрібна максимальна виразність при збереженні повноти обчислень (всі логічні висновки, що припускаються тією чи іншою онтологією, будуть гарантовано обчислюваними) і розв'язуваності (всі обчислення завершаться за певний час). OWL DL включає всі мовні конструкції OWL, але вони можуть використовуватися лише згідно з певним обмеженням (наприклад, клас може бути підкласом багатьох класів, але не може сам бути представником іншого класу). OWL DL так названий через його відповідність дескрипційній логіці — дисципліні, в якій розроблені логіки, що складають формальну основу OWL.

OWL Full призначена для користувачів, яким потрібна максимальна виразність і синтаксична свобода RDF без гарантій обчислення. Наприклад, у OWL Full клас може розглядатися одночасно як сукупність індивідів і як один індивід у своєму власному значенні. OWL Full дозволяє будувати такі онтології, які розширюють склад зумовленого (RDF або OWL) словника. Малоімовірно, що будь-яке програмне забезпечення зможе здійснювати повну підтримку кожної особливості OWL Full [2].

Knowledge Interchange Format (KIF) є мовою, призначеною для

використання в обміні інформацією між різнорідними системами комп'ютера (створені різними програмістами, в різний час, на різних мовах, і так далі). KIF не призначений для ролі основної мови взаємодії з користувачами, хоча він може бути використаний для цієї мети.

Різні комп'ютерні системи можуть взаємодіяти з користувачами в будь-якій формі, яка відповідає їх додаткам (наприклад, Пролог, концептуальні граfi, природна мова і т.д.).

KIF також не призначений для внутрішнього представлення знань в комп'ютерних системах і в тісно пов'язаних з ними підсистемах (хоча дана мова може бути використаний для цієї мети).

Як правило, коли комп'ютер читає базу даних в KIF, він перетворює ці дані у свої внутрішні форми (спеціалізовані структури-показники, масиви, і т.д.).

Всі обчислення проводяться за допомогою цих внутрішніх представлень. Коли комп'ютерна система повинна взаємодіяти з іншими комп'ютерними системами, вона переводить свої внутрішні структури даних в KIF.

DAML + OIL є мовою наступником DAML і OIL, що поєднує в собі риси обох. Після виникнення Web Ontology Language (OWL) DAML + OIL практично перестала використовуватись.

Cyc1 також є онтологічною мовою програмування і використовується для проекту штучного інтелекту.

Існує близький варіант Cyc1 відомий як MELD. Cyc1 використовується для представлення знань що зберігаються в базі знань Cyc Knowledge Base [3].

Кожна з розглянутих вище мов представлення інформації онтологічних моделей порталів знань має свої переваги та недоліки. Для представлення інформації на порталах знань було обрано OWL, адже саме ця мова використовується для представлення знань у семантичній павутині, і саме ця мова рекомендована для використання консорціумом Всесвітньої павутини.

Висновки. В роботі розглянуто мови представлення інформації онтологічних моделей порталів знань. Проведений порівняльний аналіз таких мов, завдяки якому була визначена мова, яка найбільш підходить для відображення інформації портала знань.

Література

1. Bechhofer S. Y. OWL Web Ontology Language Concrete Abstract Syntax. / S. Y. Bechhofer // World Wide Web Consortium. Retrieved [Електронний ресурс] Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-semantic-20040210/syntax.html>.
2. Peter F. A. OWL 2 Web Ontology Language Structural Specification and Functional-Style Syntax. / F. A. Peter // World Wide Web Consortium. Retrieved [Електронний ресурс] Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://www.w3.org/TR/2009/REC-owl2-syntax-20091027/>.
3. Horrocks I. Ontolog Reasoning: The Why and The How / I. Horrocks. // Humboldt-Universität zu Berlin [Електронний ресурс] Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://www2.informatik.hu-berlin.de/~wandelt/SW201213/5OWLDL.pdf>.

ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКІВ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ В ПОРТАЛАХ ЗНАНЬ

Палій А.В., Новогрудська Р. Л.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: pppimka@gmail.com

Characteristics of calculations engineering tasks in the knowledge portals

The aim is to improve the description of the set of information elements and functional engineering knowledge portals introduction of additional data that characterize the domain of application that can uniquely identify a specific problem estimated as part of the portal and organize a combination of partial calculation problems for the overall calculation.

В наш час інженерні портали знань використовуються для зберігання та розмежовування доступу до наукової інформації, вони дозволяють ділитися знаннями і працями з іншими науковцями та з'єднувати отриманні знання від різних науковців. Ґрунтуючись на отриманих знаннях від різних джерел, портали дають можливість знайти оптимальне вирішення проблеми. Найважливішою задачею інженерних порталів знань є обмін інформацією. Інші важливі функції інженерних порталів знань:

- об'єднання людей, що працюють в науці;
- спільна робота з отриманими знаннями;
- розмежування доступу до праць і знань.

Характеристика особливостей порталів інженерних знань.

Важливе місце в побудові порталу інженерних знань займає проблема інтеграції розрахункових задач, яких існує велика кількість і які займають важливе місце при проведенні досліджень у певній предметній області.

Кожен розрахунок в інженерній предметній області є складним, тобто складається з ряду підрозрахунків, наприклад, для предметної області «Міцність матеріалів» повний розрахунок обов'язково складається з двох розрахунків: вибір основних параметрів і перевірочний розрахунок, які в свою чергу складаються з декількох груп розрахунків. Розрахунки, які входять до групи розрахунку основних параметрів, спрямовані на розрахунок відповідно заданим заздалегідь загальним правилам або формулам. Важливою особливістю інженерних предметних областей є те, що під кожним конкретним підрозрахунком групи перевірочного розрахунку розуміють набір умов, яким має відповідати певний об'єкт дослідження

(«матеріал» – для предметної області «Міцність матеріалів»), для того щоб його могли коректно використовувати під час проведення досліджень.

Це обумовлює ряд специфічних проблем, пов'язаних з розробкою розрахункових задач порталів інженерних знань. По-перше, необхідно врахувати логіку зв'язування підрозрахунків у загальні розрахунки, оскільки немає необхідності зберігати однакові шаблони для одних і тих самих підрозрахунків, які можуть використовуватися в різних загальних розрахунках. По-друге, необхідно виділити специфічні об'єкти предметної області, які стануть базовими елементами зв'язності розрахунків, а також виділити на рівні логіки основні операції, які використовують в розрахункових задачах portalу. По-третє, потрібно розробити метаописи, що характеризують розрахункові задачі порталів інженерних знань та дозволяють виконувати завдання поєднання інформаційних та функціональних елементів в єдиний інформаційний простір з метою розв'язку комплексної інженерної розрахункової задачі.

Пропонується ввести об'єкт portalу інженерних знань, який слугуватиме для ідентифікації безпосередньо даних та сервісів, які будуть підтягуватися на певному етапі розрахункової задачі та дозволить однозначно визначити розрахункову задачу як елемент portalу. Поставимо у відповідність кожній розрахунковій задачі portalу метаопис – певний набір атрибутів, характеристик і параметрів, використовуючи які буде відбуватися її автентифікація. Метаописи слугують для ідентифікації розрахунків.

Введемо синтаксис позначення метаописів: порядковий номер метаопису і номер розрахунку, що характеризується метаописом, потім назва атрибута і його значення.

Формат запису: *Атрибут* = значення. $M_i(\Phi_e):Atr = "Value"$.

Наприклад, для portalу «Міцність матеріалів»:

1) формат запису $M_1(\Phi_{e5}):Назва = "Розрахунок на міцність"$ позначає, що перший метаопис розрахунку на міцність є назвою цього розрахунку – «Розрахунок на міцність»;

2) формат запису $M_5(\Phi_{e5}):Елемент = "Фланци"$ позначає, що п'ятий метаопис розрахунку на міцність, це елемент, для якого проводиться розрахунок і таким елементом для розрахунку на міцність є «Фланци».

Множину метаописів функціональних елементів portalу інженерних знань запропоновано розбити на 3 підмножини:

- Стандартні метаописи – визначаються відповідно до стандарту дублінського ядра і описують основні характеристики функціональних елементів.

- Специфічні метаописи – метаописи пов'язані з предметною областю.

- Метаописи, що встановлюють зв'язок, використовуються для визначення зв'язку елемента з іншими елементами, інформаційними ресурсами, функціональними елементами.

Введення поняття метаопису дозволить з урахуванням понять предметної області і залежно від значення метаопису кожного часткового розрахунку організовувати їх зв'язування для формування загального розрахунку.

Висновки.

Приведено базові поняття, що описують та класифікують елементи порталів інженерних знань, а також введено поняття метаописів елементів порталів інженерних знань, які в повній мірі характеризують належність окремих інженерних задач та інформаційних ресурсів до визначеного комплексу інженерних розрахунків. Запропоновано удосконалити метаопис множини інформаційних та функціональних елементів порталів інженерних знань введенням додаткових даних, які характеризують предметну область їх застосування, що дозволить однозначно визначити конкретну розрахункову задачу як елемент порталу та організовувати поєднання часткових розрахункових задач для формування загального розрахунку.

Література

1. Глоба Л. С. Подход к построению портала инженерных знаний / Л. С. Глоба., Р.Л. Новогрудская // Труды конференции «Интеллектуальный анализ информации ИАИ - 2010». – Киев: КПИ; 2010. – С53-62..
2. <https://sites.google.com/site/upravlenieznaniami/tehnologii-upravlenia-znaniami/portaly-znaniy>

ОРГАНІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ В БАГАТОЕТАПНИХ СИСТЕМАХ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Скулиш М.А., Суліма С.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ “КПІ”, Київ, Україна

E-mail: mb_s@ukr.net, lilthirteen@gmail.com

Management of multiple stage queuing systems

The problems of multiple stage multiple resource multiple service systems are discussed. A dynamic provisioning technique for multi-stage systems that employs a flexible analytical model to determine how much resources to allocate to each stage of the system is presented.

Розглянуто проблеми систем з кількома етапами, кількома типами ресурсів, кількома типами сервісів. Представлено метод динамічного управління ресурсами для багатоетапних систем, який використовує гнучку аналітичну модель для визначення кількості ресурсів, яку необхідно виділити для кожного етапу системи.

Широкий спектр сучасних систем обслуговування передбачає поетапну обробку запитів. Так само система розрахунків мобільного оператора передбачає виконання ряду операцій. Сьогодні все більшої популярності набуває використання віртуальних серверів, які легко налаштовуються під зміну навантаження. Існують різні підходи до управління числом виділених ресурсів для кожної підсистеми.

Динамічне надання ресурсів вивчалось в контексті програм одного рівня. Розширення таких механізмів на багаторівневі сценарії є нетривіальною задачею. Класичні підходи можуть просто змістити вузьке місце на інший рівень [1]. Крім цього, як правило, розглядаються системи з єдиним типом ресурсів. При цьому задачі розподілу ресурсів в системах багатостадійної обробки розглядаються переважно для Інтернет-систем, тоді як такі задачі виникають в різних областях, в тому числі і в процесі роботи серверів оператора мобільного зв'язку. Крім цього, в більшості робіт стадії (або рівні) розглядаються незалежно або з незалежними пулами ресурсів, наприклад в [2]. Проте в певних випадках необхідно розглядати загальний пул ресурсів, і виникає додаткова задача – задача оптимального розподілу загальних ресурсів між різними етапами. Через труднощі в математичному моделюванні складних характеристик трафіку (наприклад, багатоетапної обробки заявок), більшість досліджень в літературі була виконана з використанням імітаційного моделювання. Тим не менш, аналітична модель системи буде привабливою, оскільки вона зможе оцінити характеристики системи в широкому діапазоні умов, і бути обчисленою порівняно легко.

Таким чином, актуальною є задача побудови аналітичної моделі системи з кількома типами послуг, кількома типами використовуваних ресурсів та кількома етапами обслуговування запитів, особливо у сфері

мобільних мереж зв'язку. Jordan ввів метод моделювання систем з багатьма типами сервісів та ресурсів у [3]. У даній роботі модифіковано та розширено запропонований метод на випадок задачі багатоетапного надання ресурсів та застосовано його для управління датацентром оператора мобільного зв'язку.

Нехай кожному сервісу потрібна певна кількість ресурсів мережі. Нехай K – це кількість вузлів системи. Змоделюємо систему як K -мірний ланцюг Маркова, стан якого визначається наступним чином:

$Z = (Z^1, \dots, Z^K)$, де Z^j позначає стан вузла j .

Кожен вузол з ланцюга функціональних блоків (рис. 1), який обробляє заявку, моделюється наступним чином.

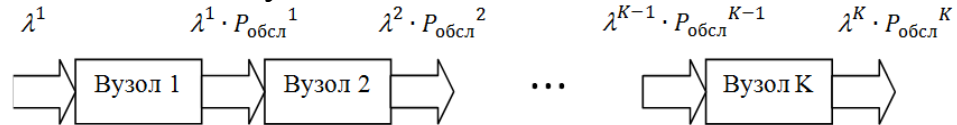


Рис. 1 Модель системи

Розглянемо систему з n типами сервісів, де кожному сервісу потрібна множина з m типів ресурсів. Заявки надходять як незалежні Пуассонівські процеси і займають необхідну кількість кожного ресурсу на однакову тривалість часу, що має експоненційний розподіл. Змоделюємо систему як ланцюг Маркова і використовуємо наступні позначення. Для вузла $j, j=1,2,\dots,K$:

A^j – матриця розміром $m \times n$, де у стовпці i визначено кількість кожного з m типів ресурсів, що потребує сервіс типу i ;

b^j – вектор довжиною m , що визначає кількість ресурсів в системі;

$\lambda^j = (\lambda_1^j, \dots, \lambda_n^j)$, інтенсивності надходження заявок на обслуговування;

$\mu^j = (\mu_1^j, \dots, \mu_n^j)$, інтенсивності обслуговування;

$\rho^j = (\rho_1^j, \dots, \rho_n^j)$, навантаження, визначається як $\rho_i^j = \lambda_i^j / \mu_i^j$;

$x^j = (x_1^j, \dots, x_n^j)$, стан системи, де x_i^j – кількість заявок типу i , що оброблюються системою;

$Z^j = \{x^j \mid A^j x^j \leq b^j\}$, тобто, x^j заявок можуть одночасно оброблюватись доступними ресурсами;

$F_i^j = \{x^j \mid x^j \in Z^j \text{ but } (x_1^j, \dots, x_i^j+1, x_n^j) \notin Z^j\}$, підмножина станів множини Z^j , таких що надходження заявки типу i спричинить її відкидання;

$E_{ij} = \{x^j \mid x^j \in Z^j \text{ but } (x_1^j, \dots, x_i^j-1, x_n^j) \notin Z^j\}$, порожня множина для сервісу i ;

$\pi(x)$ – стаціонарні ймовірності.

Припущення стосовно процесів надходження та обслуговування дають ланцюг Маркова з простором станів Z^j з інтенсивностями переходів:

$$r_{xy}^j = \begin{cases} \lambda_i^j, & \text{if } x \notin F_i^j \text{ and } y = (x_1^j, \dots, x_i^j + 1, \dots, x_n^j) \\ x_i \mu_i, & \text{if } x \notin E_{ij}^j \text{ and } y = (x_1^j, \dots, x_i^j - 1, \dots, x_n^j) \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

Ланцюг Маркова зворотний і має добре відому мультиплікативну форму стаціонарного розподілу:

$$\pi^j(x) = \pi^j(0) \prod_{i=1}^n \frac{(\rho_i^j)^{x_i^j}}{x_i^j!}, \pi^j(0) = \frac{1}{\sum_{x^j \in Z^j} \prod_{i=1}^n \frac{(\rho_i^j)^{x_i^j}}{x_i^j!}} \quad (2)$$

Використовуючи отриманий стаціонарний розподіл, ймовірність успішного обслуговування P_i^j на вузлі j для сервісу i може бути обчислена як:

$$P_i^j = 1 - \sum_l \pi_l^j(x), \text{ where } l = \{x^j | x^j \in F_i^j\} \quad (3)$$

А інтенсивність надходження заявок на обслуговування для вузла $j, j=2, \dots, K$ можна виразити як: $\lambda^j = (\lambda_1^{j-1} P_1^{j-1}, \dots, \lambda_n^{j-1} P_n^{j-1})$.

Оскільки чисельний розрахунок добутоків стане нерозв'язним для великої кількості класів трафіку, можна застосовувати простіші рекурсивні або приблизні методи розрахунку ймовірностей станів моделі.

Моделювання запропонованого вище методу було проведено в системі Mathcad з використанням чисельної процедури з [4] для знаходження стаціонарного розподілу, яке показало, що можливо отримати вииграш у тисячі разів при використанні динамічної процедури перерозподілу ресурсів між етапами при зміні інтенсивності вхідного навантаження. Вииграш запропонованого вище методу у порівнянні з методом, за яким ресурси розподіляються між етапами рівномірно, проілюстровано на прикладі рис. 2.

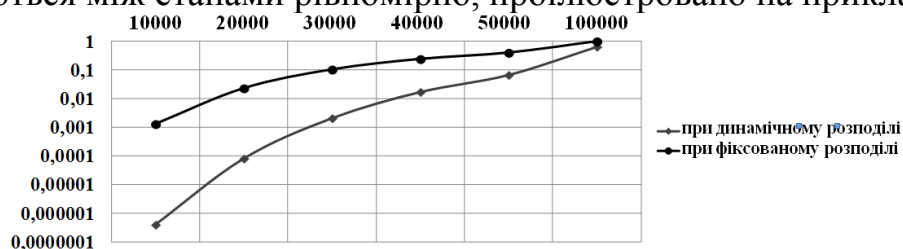


Рис. 2 Ймовірність відмови в обслуговуванні при зміні інтенсивності надходження запитів в логарифмічному масштабі

Слід відмітити, що визначена вище модель є дуже загальною і може застосовуватись для аналізу різних систем. Запропонований інструмент може застосовуватись для вирішення задачі оптимального розподілу ресурсів між вузлами.

Висновки. У роботі встановлено, що динамічне надання ресурсів у багатоетапних телекомунікаційних системах ставить нові задачі, не вирішені у попередніх дослідженнях систем надання ресурсів. Запропоновано розширений динамічний метод управління ресурсами для багатоетапних систем, який застосовує гнучку аналітичну модель системи масового обслуговування для визначення кількості ресурсів, яку необхідно надати кожному етапу системи.

Література

1. Urgaonkar B. Agile dynamic provisioning of multi-tier Internet applications / B. Urgaonkar, P. Shenoy, A. Chandra, P. Goyal, T. Wood // ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems (TAAS). – 2008. – Vol. 3, No. 1. – pp.1-39.
2. Han R. Enabling cost-aware and adaptive elasticity of multi-tier cloud applications / R. Han, M. M. Ghanem, L. Guo, Y. Guo, M. Osmond // Future Generation Computer Systems. – 2014. – Vol. 32. – pp.82-98.
3. Jordan S. Control of Multiple Service, Multiple Resource Communication Networks / S. Jordan, P. Varaiya // IEEE INFOCOM'91 : proceedings. – 1991. – pp.648-657.
4. Меликов А. З. Телетрафик: модели, методы, оптимизация / А. З. Меликов, Л. А. Пономаренко, В. В. Паладюк. – К.: ИПК "Политехника", 2007. – 256 с.

МЕТОД БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ОСНОВІ ІНТЕГРОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ УПРАВЛІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІЇ NVF

Стрихалюк Б.М., Шпур О.М., Селюченко М.О.

Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

E-mail: o.shpur@gmail.com, bogdan_str@ukr.net, m.seliuchenko@gmail.com

The method of load balancing based on integrated management architecture using functions NVF

Load balancing seeks to improve the performance of distributed system, in terms of load distribution between multiple interacting hosts. We propose a new approach to solving the problem of load balancing, by implementing an integrated management architecture based on function NVF. This analysis will be based on the maximum integral index of physical resources. The maximum index of virtual and telecommunication resources will be transferred harmonist, which if necessary will carry out the migration of applications to the less loaded servers.

Хмарні обчислення працюють на основі Інтернету і використовують комп'ютерні технології. Концепція включає в себе і може надавати у користування інфраструктуру як сервіс (IaaS), платформу як послугу (PaaS) і програмне забезпечення як послугу (SaaS). Одна з найважливіших ідей, що лежать в основі ідей хмарних обчислень є масштабованість, а ключовою технологією, яка робить це можливим є віртуалізація [1]. Віртуалізація дозволяє більш ефективно використовувати сервери шляхом об'єднання кількох операційних систем і додатків на одному комп'ютері із загальним доступом. Віртуалізація також дозволяє онлайн міграцію, особливо коли сервер перевантажений, і екземпляр операційної системи і її додатків, можуть бути перенесені на новий, менш завантажений сервер. В таких випадках гостро постає проблема балансування навантаження, особливо коли міграція відбувається в режимі реального часу.

Балансування навантаження прагне підвищити продуктивність розподіленої системи, в плані розподілу навантаження між безліччю взаємодіючих хостів [2]. Така система може спробувати рівномірно розподілити навантаження на кожен хост і мати дуже малі відхилення від робочого навантаження на всіх інших фізичних хостах, або може спробувати уникнути перевантажень і блокувань на окремих серверах.

Зазвичай рішення про міграцію віртуальної машини приймається на основі даних про завантаженість серверів: наявність вільної смуги пропускання логічного і фізичного каналу, наявність ресурсів віртуальних машин (оперативної пам'яті, можливості процесора і т.п.) [3]. Ми пропонуємо новий підхід для оцінки цих показників, що дасть змогу вирішити проблему балансування навантаження, за допомогою реалізації інтегрованої архітектури управління на основі функції NVF.

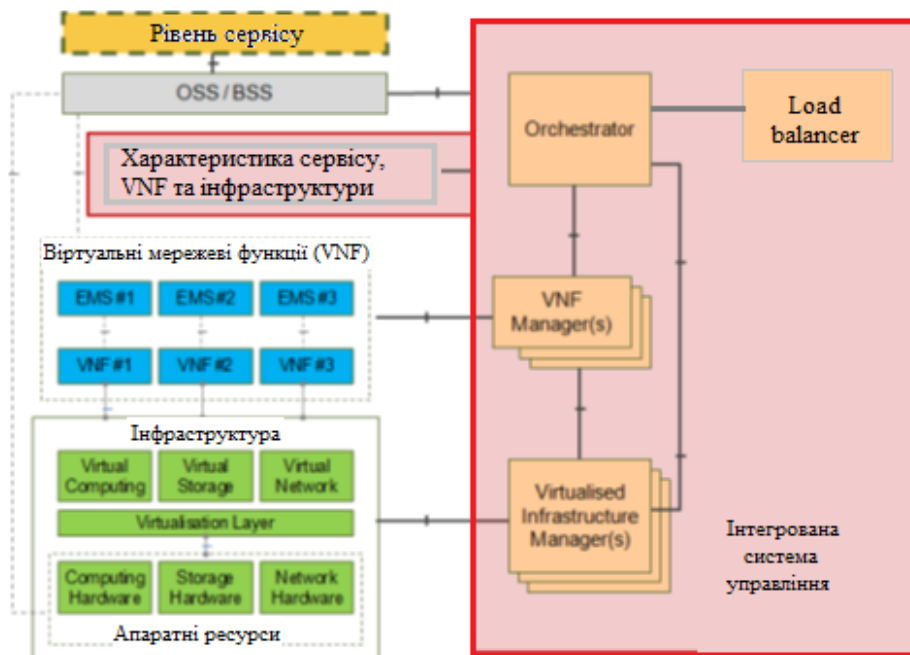


Рис. 1 Архітектура cloud системи на основі функції NFV

Запропонована архітектура управління на основі функції NFV включає в себе:

- Virtual Infrastructure Manager (VIM), який відповідає за управління NFV ресурсів.
- Менеджер VNF - відповідає за управління життєвим циклом примірників VNF (примірника, конфігурації, оновлення, масштабування вгору / вниз). Менеджер VNF несе відповідальність за весь життєвий цикл VNF і через Orchestrator зажадати ресурсів інфраструктури та взаємодіяти з ними, наприклад, встановити програмний компонент або налаштувати VNF
- Orchestrator - несе відповідальність за оркестровку та управління ресурсами NFVI і надає мережеві послуги на NFVI. Orchestrator містить загальний інтерфейс, який слідкує за розгортанням та наданням послуг; обробляє інформацію служб моніторингу та конфігурації; а також на основі даних від LB приймає рішення про міграцію. З іншого боку він має інтерфейс до різних VNF менеджерів, а також до VIM (ів). Крім того, він має доступ до сервісу, інфраструктури модуля VNF, який містить інформацію про пріоритетність послуг.
- Load balancer (LB) – аналізує та визначає доступні віртуальні та фізичні ресурси, та надсилає запити до Orchestrator, який прийме рішення про необхідність міграції віртуальних машин з метою балансування навантаження та оптимального використання ресурсів

LB забезпечуватиме підтримку з'єднань між всіма фізичними хостами через VDE комутатори. Перемикач на такий тип комутатора існує на кожному фізичному сервері. В даній архітектурі Load balancer буде виконувати функцію аналізатора навантаження між фізичними вузлами в хмарі, щоб збалансувати навантаження між серверами в залежності від їх використання процесора або ІО використання та за допомогою VDE перемикачів здійснювати «перемикання» додатків на інші фізичні машини

[4]. Такий аналіз буде здійснюватися на основі максимального інтегрального показника ресурсів фізичної машини. Для його визначення необхідно контролювати наявність не зайнятих апаратних ресурсів та їх доступність. Під доступністю мається на увазі наявність вільних ресурсів віртуальних машин та каналів зв'язку. Параметри не задіяних потужностей кожної віртуальної машини, на якій розташовано M_i додатків розраховуються за формулами:

$$CPU_{pr} = \frac{\sum_{i=1}^k M_i \times CPU_i}{\sum_{i=1}^k M_i}, \quad (1)$$

$$RAM_{pr} = \frac{\sum_{i=1}^k M_i \times RAM_i}{\sum_{i=1}^k M_i}, \quad (2)$$

де M_i – кількість додатків у i -тій VM; CPU_i – тактова частота процесора VM, яку використовує i -тий додаток; RAM_i – об'єм оперативної пам'яті VM, яку використовує i -тий додаток; k – кількість VM cloud-системи.

Для оцінки стану вільних ресурсів пропонуємо наведений у [5] алгоритм. Він дозволить в певній мірі на базі інформації про обчислювальні потужності кожного вузла пришвидшити час обробки запитів та аналізувати ступінь завантаженості кожної машини

Оскільки в cloud систему надходить велика кількість запитів на надання сервісів, які відображають різні маршрути передачі даних використовуючи для цього смугу пропускання каналу, то можна легко визначити яку смугу частот займає той чи інший додаток, беручи за основу вагові коефіцієнти каналів. Вони вказує на відсоткове співвідношення кількості пакетів потоку, що необхідно передати по даному каналу зв'язку. Пріоритет визначається відносно коефіцієнта ефективності використання каналу:

$$k_i = \frac{\int_{t_1}^{t_2} f_i(t) dt}{C_i(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

де i – порядковий номер гілки окремого тунелю, $f_i(t)$ – функція, яка описує потік, що проходить через канал i , C_i – смуга пропускання i каналу.

Значення пріоритету додатку P_i виражається обернено пропорційно до коефіцієнта ефективності використання, що у свою чергу спричиняє одночасне підтримання ефективності використання каналу та сприяє оптимальному його завантаженню:

$$P_i = (1 - \frac{\int_{t_1}^{t_2} f_i(t) dt}{C_i(t_2 - t_1)}) \cdot 100 \quad (4)$$

де множник 100 нормалізує пріоритет відповідно до стобальної шкали.

Визначивши по пріоритету додатку, що певна смуга пропускання каналу використовується неефективно, за допомогою VDE перемикача здійснюється процес вивільнення частини смуги, що не використовується, та відбувається її розподіл між додатками із більшою потребою, що визначається за допомогою прогнозування інтенсивності навантаження

Максимальне значення показників вільних віртуальних та телекомунікаційних ресурсів будуть передаватися Orchestrator, який в разі потреби здійснюватиме міграцію додатків на менш завантажені сервери.

Балансування навантаження прагне підвищити продуктивність розподіленої системи, в плані розподілу навантаження між безліччю взаємодіючих хостів. Ми пропонуємо якісно новий підхід для вирішення проблеми балансування навантаження, за допомогою реалізації інтегрованої архітектури управління на основі функції NVF. Такий аналіз буде здійснюватися на основі максимального інтегрального показника ресурсів фізичної машини. Максимальне значення показника вільних віртуальних та телекомунікаційних ресурсів будуть передаватися Orchestrator, який в разі потреби здійснюватиме міграцію додатків на менш завантажені сервери

Література

1. Стрихалюк Б.М., Алгоритми пошуку шляху за критерієм мінімальної затримки для центру обробки даних //Стрихалюк Б.М., Шпур О.М., Селюченко М.О., Андрухів Т.В.// Вісник Національного університету «Львівська політехніка» №796. Радіоелектроніка та телекомунікації. – Львів. - 2014.с.176-181
2. Strykhalyuk B., Service provisioning by using a structure stability algorithm in a virtualized data center based on cloud technology // Bogdan Strykhalyuk, Olga Shpur, Andriy Masiuk // Computational Problems of Electrical Engineering, vol. 4, №1, 2014, p.83-88
3. Стрихалюк Б.М., Віртуалізація мобільних систем зв'язку на основі технології NFV та моделей cloud-сервісів// Стрихалюк Б.М., Шпур О.М., Масюк А.Р.// Сучасні проблеми телекомунікацій та підготовка фахівців в галузі телекомунікацій: матеріали конференції (30 жовтня – 02 листопада 2014 р. м. Львів), 2014р., с.21-24,
4. C Clark, KFraser, S Hand, J Hansen, and E Jul., “Live migration of virtual machines”, Proceedings of the 2nd ACM/USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI), pages: 273-286
5. Климаш М. М. Модель надання сервісів на основі методу адаптації логічної структури cloud-системи / Климаш М. М., Стрихалюк Б. М., Шпур О. М., Бешлей М. І./ Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – №5(33) с. 27-36

ВІЗУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ АНОМАЛІЙ БАЗ НЕЧІТКИХ ЗНАНЬ ПРЕДСТАВЛЕНИХ МЕТАГРАФОМ

Терновой М.Ю., Штогріна О.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ "КПІ", Україна, Київ

E-mail: tenovoy@its.kpi.ua; L_shtogrina@mail.ru

Visual analysis of fuzzy knowledge bases represented by metagraph

The paper describes an approach to define anomalies in fuzzy knowledge base. It is proposed to represent fuzzy knowledge base in the form of metagraph. The figures that corresponds to knowledge base with anomalies are presented and described.

Важливим етапом розробки будь-якої бази знань (БЗ) є перевірка її на помилки або аномалії, які можуть призвести до невірних висновків або унеможливити проведення логічного виведення взагалі. В роботі [1] закладені фундаментальні визначення аномалій для продукційних БЗ. Такими аномаліями є надлишковість, суперечливість, зациклювання та неповнота. Ця робота покладена в основу багатьох теоретичних та практичних розробок по виявленню аномалій в продукційних БЗ. В роботі [2] розглядаються аномалії, які можуть виникати в базах нечітких знань (БНЗ). Існує ряд робіт, в яких для аналізу аномалій та підвищення ефективності логічного виведення розглядається зведення баз знань до деяких канонічних форм, таких як матриці, графові структури та ін. [3–5]. Але в багатьох випадках запропоновані структури неоднозначно відповідають БЗ, що обумовлює неможливість відновлення з них бази знань. До того ж вони мають обмежені можливості для візуального представлення, що негативно впливає на час побудови та верифікації баз знань.

Візуальне представлення баз знань дозволяє наочно подати користувачам сукупність інформації, яку містять в собі бази знань, що в свою чергу підвищує швидкість та якість її сприйняття людиною. Отже задача візуального аналізу аномалій в базах нечітких знань є актуальною.

В роботі [6] пропонується представляти БНЗ Мамдані у вигляді метаграфів, та робиться висновок, що метаграф однозначно відображає БНЗ. В роботі [7] запропоновано метод візуалізації метаграфів, який дозволяє отримувати графічне зображення метаграфа без участі користувача. Таке подання дозволяє взаємно-однозначно описувати правила, а графічне представлення метаграфа дозволяє експерту у візуальній формі працювати з БНЗ як на етапі наповнення та верифікації бази знань, так і на етапі її використання. Отже скориставшись цими методами можемо запропонувати підхід до візуального виявлення та аналізу аномалій в БНЗ, представлених метаграфом. На рисунках представлених нижче розглянуті випадки, які відповідають аномаліям БНЗ, при наявності яких метаграф не відповідає БНЗ Мамдані (рис.1–5) та БНЗ є надлишковою (рис.6–8), суперечливою (рис.9–10), містить зациклювання (рис.11–12).

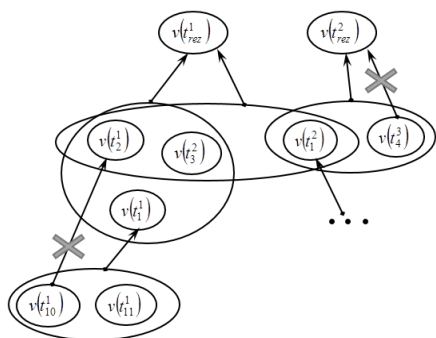


Рис. 1 Не повинно існувати ребер, які виходять з вершини

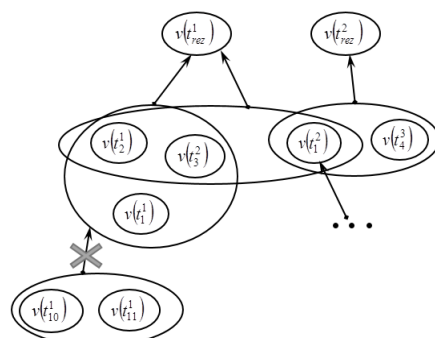


Рис. 2 Не повинно існувати ребер, які входять у метавершину

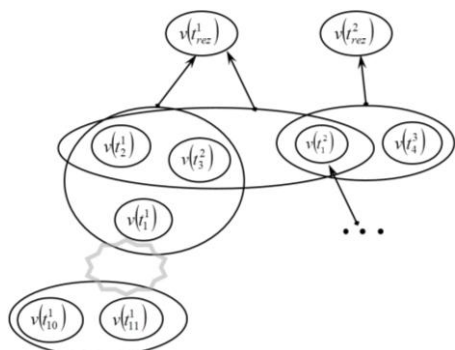


Рис. 3 Для кожної метавершини повинно існувати хоча б одне ребро, яке з неї виходить

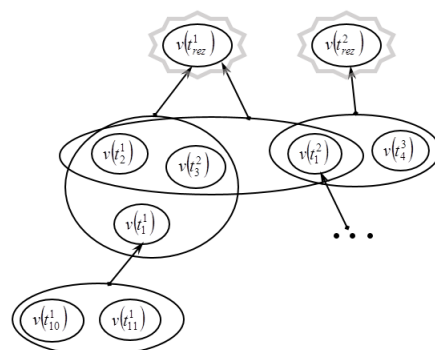


Рис. 4 Повинні обов'язково існувати вершини, які не належать до жодної метавершини – це всі результуючі вершини

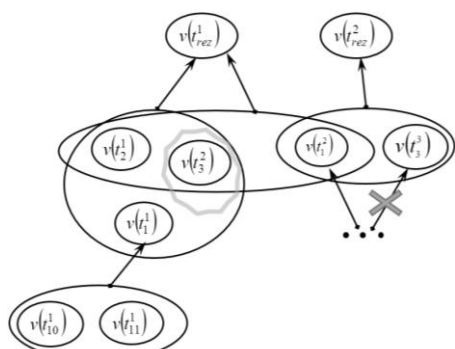


Рис. 5 Всі вершини, які відповідають термам однієї лінгвістичної змінної або всі не повинні мати ребер, що виходять або всі повинні мати хоча б одне ребро, що входить

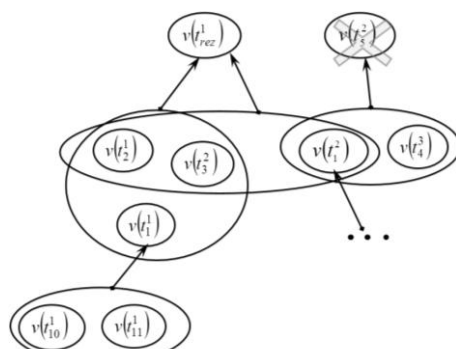


Рис. 6 Не повинно існувати вершин, які не належать метавершині, та не є результуючими

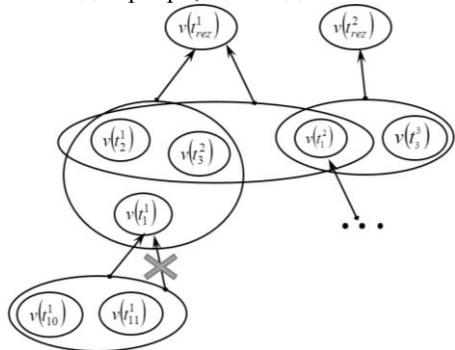


Рис. 7 Не повинно існувати кратних ребер

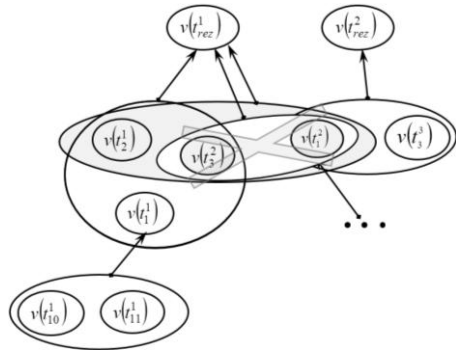


Рис. 8 Повинні бути відсутні метавершини, що містять підмножину вершин, яка в свою чергу відповідає іншій метавершині, і ці дві метавершини з'єднані ребрами з однією і тією-ж вершиною

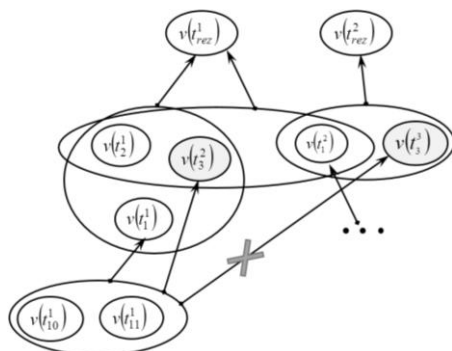


Рис. 9 Кожна метавершина може бути з'єднана не більше ніж з однією вершиною, із множини вершин, які відповідають термам однієї лінгвістичної змінної

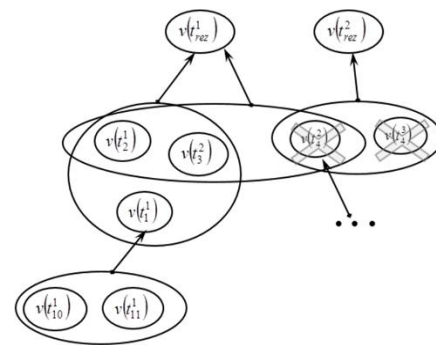


Рис. 10 Метавершина не може включати дві і більше еквівалентні вершини

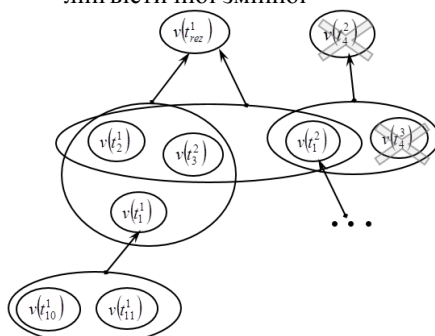


Рис. 11 Метавершина, з якої виходить ребро, не може містити вершин, які відповідають термам тієї-ж лінгвістичної змінної, в яку дане ребро входить

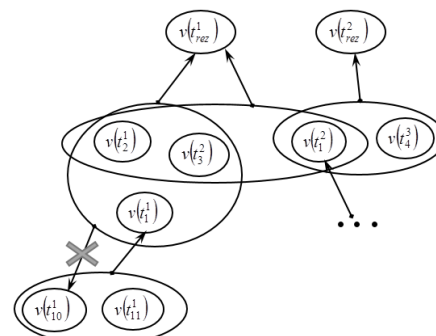


Рис. 12 Метаграф, що представляє БНЗ, не містить циклів

В роботі розглянуто виявлення аномалій БНЗ використовуючи графічне зображення метаграфа, яким вона представлена. Використання метаграфа дозволяє підвищити ефективність визначення властивостей несуперечливості, ненадлишковості та зациклювання баз нечітких знань Мамдані за рахунок структуризації нечітких знань, а також візуалізації метаграфа.

Література

1. Preece A.D., Shinghal R. Foundation and Application of Knowledge Base Verification // International Journal of Intelligent Systems. 1994. Vol. 9. pp. 683-701.
2. Перат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Перат; пер. с англ. 2-е изд. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.: ил.
3. G. Valiente Feruglio Knowledge Base Verification using Algebraic Graph Transformations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.55.2760&rep=rep1&type=pdf> – Электрон. текстовые данные. (дата обращения 27.02.2015)
4. Mues C., Vanthienen J. Efficient Rule Base Verification using Binary Decision Diagrams // Database and Expert Systems Applications Lecture Notes in Computer Science. 2004. V. 3180. pp. 445–454.
5. Saud M.A. Maghrabi Matrix Verification of Knowledge-Based System // JKAU: Sci. 2001. Vol. 13. pp. 63-82.
6. Терновой М.Ю., Штогрін О.С. Представлення баз нечітких знань за допомогою метаграфа та проведення нечіткого логічного виведення на його основі // Вісник Харк. нац. ун-ту., Сер. «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», № 1105, 2014. –С. 156 – 165.
7. Штогрін Е. С., Кривенко А. С. Метод визуализации метаграфа // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. № 3 (91). С.124–130.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ

Ткаченко О.Н., Гринкевич А.А., Перепелица Н.Л.

*Государственный университет телекоммуникаций, Украина**E-mail: okar@ukr.net***Authentication of model parameters**

The concept of authentication of model is described. Basic data that is used in the process of authentication are analysed. Observer identifiers are considered: adaptive and non-adaptive.

Под идентификацией модели подразумеваем процесс определения ее параметров

$$C = (c_1, \dots, c_k) \quad (1)$$

в режиме нормальной эксплуатации объекта. Структура модели при этом известна (она определена на стадии структурного синтеза):

$$Y = F(X, U, C) \quad (2)$$

т. е. оператор F предполагается заданным. Это означает, что задан алгоритм (правило, инструкция), с помощью которого можно определить состояние Y модели, если заданы состояния X и U ее входов, а также параметры (1). Именно эти параметры определяются на этапе идентификации [1].

Очевидно, что для идентификации необходимо иметь информацию об изменении входов и выходов объекта. Но объект пока не управляется (мы только создаем систему управления), поэтому влияние входа U на выход Y не может быть исследовано на этапе идентификации. Это несколько упрощает задачу, так как вместо модели (2) следует брать модель вида

$$Y = F^*(X, C), \quad (3)$$

в которой не фигурирует управляемый вход U .

В процессе идентификации используются исходные данные, которые удобно подразделить на два класса:

— априорные, которые содержатся в структуре S^t модели. Это означает, что должен быть задан (или определен на этапе структурного синтеза) вид оператора F^* . Например, вид уравнения, граф взаимосвязи элементов модели и т. д.;

— апостериорные, которые представляют собой наблюдения состояний входа X и выхода Y объекта в процессе его нормальной эксплуатации, т. е. информацию

$$I = (X_i, Y_i), i = 1, \dots, N, \quad (4)$$

где i - номер моментов времени t_i , когда фиксировались значения X и Y , т. е. $X_i = X(t_i)$, $Y_i = Y(t_i)$, где $X(t)$ и $Y(t)$ - функции, описывающие поведение входа и выхода объекта в процессе его нормального функционирования в среде. Моменты времени t_i обычно равномерно покрывают промежуток времени наблюдения $[0, T]$, т. е.

$$t_i = \tau(i-1),$$

где τ - интервал между наблюдениями (4), т. е. $\tau = T / (N - 1)$.

Таким образом, исходные данные, необходимые для идентификации, образуются двойкой

$$\langle St, I \rangle \quad (5)$$

т. е. структурой модели (3) и наблюдениями (4). Процесс идентификации параметров модели сводится к определению параметров (1) по исходным данным (4), т. е.

$$C = \varphi(St, I) \quad (6)$$

где φ - алгоритм идентификации, определяющий, каким образом можно найти параметры C , зная St и I .

Рассмотрим различные алгоритмы φ . Эти алгоритмы можно подразделить на два больших класса: адаптивные и неадаптивные [2].

Под адаптивным алгоритмом идентификации будем понимать алгоритм, позволяющий уточнять значения идентифицируемых параметров модели по мере получения дополнительной информации о работе объекта. Пусть на i -м шаге адаптивной идентификации были какие-то определенные значения идентифицируемых параметров. Отметим их индексом i ;

$$C_i = (c_1^i, \dots, c_k^i).$$

Пусть, далее, получена дополнительная информация, т. е. пара наблюдений входа и выхода объекта в $(i+1)$ -й момент времени:

$$I_{i+1} = \langle X_{i+1}, Y_{i+1} \rangle. \quad (7)$$

Очевидно, что эта информация должна каким-то образом изменить (откорректировать) имеющиеся значения C и дать **ВОЗМОЖНОСТЬ** получить C_{i+1} - более точное значение параметров. Связь между C_i и C_{i+1} определяется адаптивным алгоритмом идентификации:

$$(C_i, I_{i+1}) \xrightarrow{\tilde{\varphi}_a} C_{i+1}$$

или в обычной рекуррентной форме

$$C_{i+1} = \tilde{\varphi}_a(C_i, I_{i+1}) \quad (8)$$

Здесь $\tilde{\varphi}_a$ - алгоритм адаптивной идентификации, который позволяет определить последующее значение параметров, исходя из новой информации (I_{i+1}) и старых представлений о значениях параметров C_i . Адаптация, таким образом, представляет собой способ получения «нового знания» путем коррекции «старого знания» на основе новой информации [3].

Алгоритм (8) удобнее записать в виде

$$C_{i+1} = C_i + \varphi_a(F(X_{i+1}, C_i), I_{i+1}) \quad (9)$$

где φ_a - оператор адаптивной идентификации.

Если адаптивный метод идентификации реализуется в реальном масштабе времени, то его целесообразно называть методом самонастраивающейся модели. Схема этого метода показана на рис. 1. Здесь на вход модели подается вход X объекта. Информация о состоянии объекта Y , модели $F(X, C)$

и среды X сообщается блоку адаптации, который вырабатывает сигнал коррекции $\Delta C = \varphi_a(F(X, C), I)$, изменяющий параметры модели в соответствии с (9) с помощью исполнительного механизма.

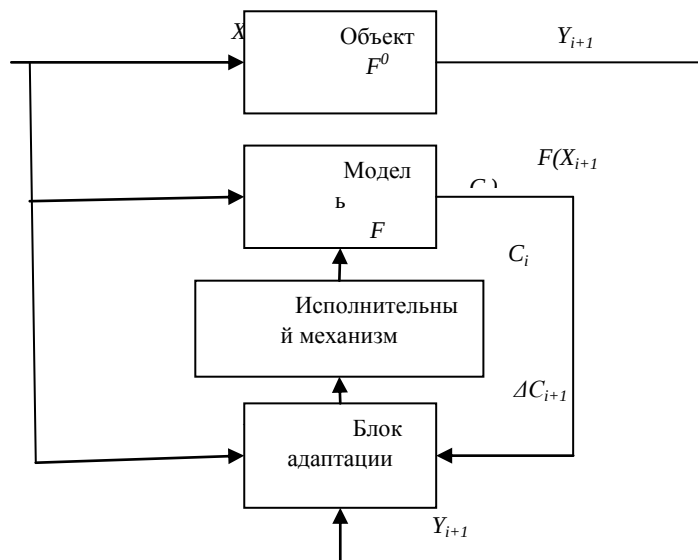


Рис. 1. Схема адаптивной идентификации

Очевидно, что для реализации адаптивных алгоритмов идентификации вовсе не обязательно использовать реальный масштаб времени. В этом случае роль объекта играет информация I (4), которая поступает в алгоритм адаптивной идентификации из памяти порциями $X_i, Y_i \rangle (i=1, \dots, N)$.

В противоположность адаптивному алгоритму идентификации неадаптивный позволяет получить искомые параметры C сразу, используя всю информацию I (4), а не путем их постепенного уточнения. Если информация I задана, то задачу идентификации можно решать как адаптивным, так и не адаптивным способом. На первый взгляд может показаться, что неадаптивный алгоритм всегда лучше адаптивного, но каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

Неадаптивный алгоритм позволяет сразу определить идентифицируемые параметры C , но он сложнее и для его реализации требуются значительные вычислительные мощности.

Литература

1. Стеклов В. К. Оптимізація та моделювання пристроїв та систем зв'язку: підруч. для вищ. навч. закл. / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Є. В. Кільчицький; за ред. В. К. Стеклова. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.
2. Ткаченко О. М. Ідентифікація параметрів моделі як один з етапів управління складним об'єктом / О. М. Ткаченко // Тези доповідей IV Міжнар. наук.-техн. конференції студентства та молоді «Світ інформації та телекомунікацій-2007». – Київ: 12-13 квітня 2007 р. – С. 61.
3. Ткаченко О. М. Оптимізація параметрів систем управління телекомунікаційними мережами / О. М. Ткаченко, Д. О. Нацик // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2005. – Т. 3, № 3–4. – С. 71–73.

АНАЛІЗ ПЛАТФОРМ ДЛЯ РОЗРОБКИ ІНЖЕНЕРНИХ ПОРТАЛІВ ЗНАНЬ

Юсина О.М.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: kseniyayusina19@gmail.com

The analysis of platforms for developing of engineering knowledge portals

The paper presents a comparative analysis of platforms to develop knowledge portals. The chosen platform for building information portal based on ontological knowledge model.

На сьогоднішній день, використання інформаційних порталів знань набуло широкого розповсюдження. Інформаційний портал являє собою інтегрований та персоніфікований інтерфейс для доступу користувачів до інформації. Портал містить велику кількість різної інформації та систематизує (організовує, категоризує, персоналізує) її, щоб представити користувачам в потрібному вигляді в потрібний час та в потрібному місці.

Основні функціональні можливості порталів [1]:

- Зберігання та класифікація різномірної інформації;
- Збір інформації з різних джерел;
- Забезпечення взаємодії та підтримка спільної роботи користувачів;
- Забезпечення релевантного повнотекстового пошуку;

Персоніфікована доставка інформації кінцевим користувачам.

Існує багато рішень для розробки інженерних порталів знань, кожне з яких має свої особливості, суттєві переваги та недоліки. Платформи для реалізації інженерних порталів знань мають різні вимоги до апаратної та програмної частин сервера, на якому вони розміщені.

Найвідомішими платформами на даний момент є :

- IBM WebSphere;
- Oracle Collaboration Suite 10g;
- SAP NetWeaver Portal;
- Microsoft Office SharePoint Server 2010.

Відповідно, проведемо порівняльний аналіз цих платформ та визначимо відносні переваги кожної платформи.

IBM WebSphere. IBM WebSphere - сімейство програмних продуктів фірми IBM. WebSphere відноситься до категорії проміжного програмного забезпечення, яке дозволяє додаткам працювати на різних платформах на основі веб-технологій.

WebSphere використовує відкриті стандарти XML і веб-служби, реалізовані на J2EE.

Продукти сімейства WebSphere діляться на 6 категорій, які реалізують наступні напрямки:

Управління бізнес-процесами. Продукти цієї категорії дозволяють

організувати створення централізованої інфраструктури для об'єднання додатків та управління бізнес-процесами.

Об'єднання інформації і керування основними даними. Найбільш важливими бізнес-даними компанії є єдине подання та доступ до бізнес-інформації в режимі реального часу.

Комерція. Продукти цієї категорії пропонують основні функції підтримки маркетингу, продажів та обробки замовлень в складі налаштованого інтегрованого пакета.

Сервери додатків. WebSphere пропонує цілий ряд серверів додатків, які задовольняють будь-які вимоги бізнесу.

Мовні та мобільні пристрої, доступ до корпоративних мереж. Програмне забезпечення цієї категорії підтримує обмін даними та передачу голосу для бездротових і мобільних пристроїв.

Розробка ПЗ. Засоби розробки ПЗ забезпечують підтримку процесу розробки та впровадження, надають можливість проектувати і створювати додатки, а також підтримувати процес розробки та впровадження.

Портали, підвищення продуктивності праці та організація спільної роботи.

Програмне забезпечення являє собою служби миттєвого обміну повідомленнями, портали для спільної роботи і середовища.

Oracle Collaboration Suite 10g. Oracle Collaboration Suite 10g – це перше об'єднане програмне забезпечення для співпраці в режимі реального часу та управління контентом. Воно дає можливість підприємствам управляти контентом через комплекс взаємопов'язаних програм, організовувати внутрішні та зовнішні комунікації та колективну роботу в реальному часі.

Oracle Collaboration Suite 10g використовує технології Oracle Database 10g і Oracle Application Server 10g і забезпечує надійний і захищений доступ до інформації, що зберігається і до своєї функціональності через Web-браузери, бездротові пристрої (КПК, мобільні телефони, blackberry-пристрої) і настільні додатки (наприклад, Microsoft Outlook).

Завдяки Oracle Collaboration Suite 10g розробники можуть змінювати візуальні та функціональні параметри налаштованих об'єктів порталу, інтегрувати в портал додатки. Використання можливих компонентів та візуальних інтерактивних засобів – суттєво знижує об'єм ручного програмування.

Microsoft Office SharePoint Server. Microsoft Office SharePoint Server – це серверна програма, яка входить до пакету продуктів Microsoft Office.[2] Office SharePoint Server дає компаніям можливість користуватися новим способом спільної роботи, управляти інформацією, реалізувати бізнес-процеси, обмінюватися результатами роботи, забезпечити доступ до даних, критично важливим для задач організації та її роботи.

Користувачі можуть створювати сайти SharePoint, які підтримують публікацію та збереження певного контенту, управління інформацією, знаннями та документами, управління записами і бізнес-аналітику. Можливими також є ефективний пошук людей, документів і даних,

застосування бізнес-процесів на основі форм, а також отримання доступу до великого обсягу бізнес-даних та їх аналіз.

Функціональність Microsoft Office SharePoint Server можна розділити за напрямками:

- Спільна робота.
- Портали.
- Корпоративний пошук.
- Управління корпоративною інформацією.
- Бізнес-процеси і форми.
- Бізнес-аналіз.

SAP Portal NetWeaver. SAP Portal NetWeaver пропонує єдину точку доступу до SAP і не-SAP джерел інформації, додатків рівня підприємства, інформаційним репозиторіїв, баз даних і послуг.[3] Всі функції системи об'єднані в єдиний інструментарій, що становить користувальницький досвід. SAP Portal NetWeaver надає інструменти управління та аналізу знань, що зберігаються в системі, надання загального доступу до них і організації спільної роботи. Portal NetWeaver SAP також поставляє можливості співпраці, які дозволяють можливості окремим співробітникам або колективам, а також зовнішнім зацікавленим сторонам працювати спільно для досягнення загальних цілей. Платформа SAP NetWeaver - це технічна основа комплексу рішень «Управління сучасним підприємством» (mySAP Business Suite), композитних додатків SAP xApps, партнерських рішень та програм, що розробляються клієнтами. Вона реалізує архітектуру сервісів підприємства (Enterprise Services Architecture) - концепцію SAP з побудови бізнес-додатків на основі сервісів.

Кожна з розглянутих вище платформ для розробки інформаційних порталів знань має свої переваги та недоліки. З урахуванням цього, для побудови інформаційного порталу знань, обрано Microsoft Office SharePoint Server, яка забезпечує єдину інтегровану платформу для ефективної взаємодії користувачів, пошуку інформації та аналізу даних.

Висновок. Розглянуті існуючі платформи розробки інформаційних порталів знань. Проведено порівняльний аналіз кожної з них на базі критеріїв порівняння. В якості критеріїв обрано: функціональні можливості (можливість пошуку, доступу, публікації інформації) та актуальність платформи. Визначена платформа, що найкраще відповідає вимогам для розробки інформаційного порталу знань.

Література

1. Герасимов В.В., Гридина Е.Г., Кривошеев А.О., Курмышев Н.В., Попов С.В. (2007). *Учебный курс «Технологии построения интернет-порталов»*. Москва: Просвещение. с. 279-306.
2. Microsoft. (2014). *SharePoint*. Available: <http://office.microsoft.com/ru-ru/sharepoint/>. Last accessed 5th Nov 2014.
3. Джордж В. Андерсон, Дэниэл Ларокка (2007). *SAP ЗА 24 ЧАСА*. Москва: «Баланс Бизнес Букс». с. 432.

**Секція 7. Математичні моделі та методи підвищення
ефективності безпроводових сенсорних мереж**

УДК 528.06

**МЕТОДИ ВІДБОРУ НАЙБІЛЬШ
ІНФОРМАТИВНИХ СПЕКТРАЛЬНИХ КАНАЛІВ**

Альперт С.І.

Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі

ІГН НАН України, Київ, Україна

E-mail: sofia52010@yandex.ru

Methods for selection of the most informative spectral bands

In this work we analyzed different methods for selection of the most informative and most useful spectral bands. It was considered Fisher criterion, its modifications and criterion function of information capability of spectral bands. It was also proposed a new method to select spectral bands, which is based on the concept of new modified criterion function of information capability of spectral bands. It was shown, that the proposed new modified criterion function of information capability of spectral bands has advantages and gives more accurate results than other methods.

Як відомо, гіперспектральні супутникові зображення складаються з великої кількості зональних зображень, що, в свою чергу, є досить складним для обробки, тому актуальною є процедура відбору найбільш інформативних спектральних каналів. В даній роботі розглядаються різні критерії для оцінки класифікаційної цінності спектральних зображень, такі як: критерій Фішера, його модифікації та критеріальна функція інформативності. Також наводиться нова критеріальна функція інформативності, яка враховує об'єм об'єктів кожного класу, і дає більш точну оцінку інформативності спектральних каналів.

Лінійний дискримінантний аналіз (Linear Discriminant Analysis, LDA) - це одна з найбільш ефективних методик, що оптимізує використання критерію Фішера [1]. Дана методика використовується для розпізнавання та класифікації різних видів дерев хвойних та тропічних лісів, для ідентифікації одиниць земляного покриття, при розв'язанні екологічних задач, тощо.

Розглянемо множину з n ділянок, $\{x_i, y_i\}_{i=1}^n$, де $x_i \in R^m$ являє собою вектор характеристик розмірності m для кожного i -го пікселя із позначенням $y_i \in \Omega$, де m - кількість спектральних каналів, Ω - простір класів, які присутні на зображенні.

Метод класифікації LDA шукає таке лінійне перетворення (матрицю G), яке понижує розмірність вектора характеристик x , оскільки цей метод не може працювати, коли розмірність простору характеристик набагато більша за кількість навчальних ділянок. Тобто ми перетворюємо вектор характеристик x розмірності m на вектор характеристик розмірності

l , $a = G^T x \in R^l$, де $l < m$. Ми понижуємо розмірність простору характеристик для того, щоб максимізувати відстань між класами.

Критерій Фішера полягає у максимізації відстані між середніми значеннями класів та мінімізації внутрішньокласових дисперсій за допомогою наступного функціоналу:

$$J(w) = (\mu_2 - \mu_1)^2 / (\sigma_2^2 + \sigma_1^2). \quad (1)$$

Розглянемо методику відбору спектральних каналів, що заснована на застосуванні критеріальної функції інформативності [2]:

$$F = 1 - \frac{1}{M(M-1)} \cdot \sum_{m=1}^M \frac{\sum_{j=1}^{nz} \left(l_{mj} \cdot \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq m}}^M l_{kj} \right)}{\sum_{j=1}^{nz} l_{mj}}, \quad (2)$$

де M – кількість класів, nz – число інтервалів для ознаки спектрального каналу, що розглядається, l_{mj} – індикатор зіставлення,

$$l_{mj} = \begin{cases} 1, & \text{якщо об'єкт класу } K_m \text{ пов'язаний з інтервалом } j; \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

Область значень функції F лежить у діапазоні від 0 до 1. При цьому нуль відповідає випадку, коли об'єкти всіх класів зосереджені всередині одного інтервалу, а одиниця - випадку, коли об'єкти кожного із класів виявляються розподіленими чітко за відповідними власними інтервалами. В останньому випадку класифікаційна цінність спектрального каналу максимальна, тоді як у першому випадку такий спектральний канал ніякої цінності як класифікатор не має.

Розглянемо нову критеріальну функцію інформативності, яка враховує кількість об'єктів кожного класу.

Для кожного інтервалу j обчислюємо відсоток (долю) “неправильних” пікселів, тобто тих пікселів, що помилково потрапили в даний інтервал. Для цього, кількість “неправильних” пікселів ділимо на загальну кількість пікселів, що знаходяться в інтервалі. Отримуємо S_j – відношення кількості “неправильних” пікселів до загальної кількості пікселів в інтервалі j . Після того, як ми знайдемо значення всіх величин S_j для кожного інтервалу, нам треба їх просумувати та поділити на загальну кількість інтервалів.

Нова модифікована критеріальна функція інформативності буде мати вигляд:

$$F^* = 1 - \left(\frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_j}{J} \right). \quad (3)$$

Дана функція інформативності приймає значення в діапазоні від 0 до 1. Чим ближче значення функції F^* буде до 1, тим більш інформативним буде даний спектральний канал.

Також формулу (3) ми можемо записати у іншому вигляді, через індикатори:

$$F^* = 1 - \frac{1}{J} (S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_J) = 1 - \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \left(\frac{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^M l_{kj} n_{kj}}{\sum_{k=1}^M l_{kj} n_{kj}} \right),$$

(4)

де M – кількість класів, J – число інтервалів для ознаки спектрального каналу, що розглядається, l_{kj} – індикатор зіставлення,

$$l_{kj} = \begin{cases} 1, & \text{якщо об'єкт класу } K_k \text{ пов'язаний з інтервалом } j, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

n_{kj} – кількість елементів з k -го класу, що потрапили в інтервал j .

Дана функція інформативності приймає значення в діапазоні від 0 до 1. Чим ближче значення функції F^* буде до 1, тим більш інформативним буде даний спектральний канал.

В даній роботі аналізується використання гіперспектральних зображень при розв'язанні тематичних задач ДЗЗ, зокрема, задач класифікації. Акцентується на тому, що більша частина зональних зображень, що складає гіперспектральне зображення, є зашумленими та несуть недостатньо корисної інформації. Тому була поставлена задача, яка полягає у виборі найбільш корисних спектральних каналів.

Було розглянуто різні методи відбору найбільш інформативних спектральних каналів, такі як: критерій Фішера, його модифікації та критеріальна функція інформативності. В статті була також наведена нова модифікована критеріальна функція інформативності, яка, на відміну від інших критеріїв, враховує кількість об'єктів кожного класу та дає більш точну оцінку інформативності спектральних каналів.

Експериментальна перевірка запропонованої модифікованої критеріальної функції інформативності доводить її ефективність та надійність при розв'язанні задач класифікації [3].

Література

1. Bandos T.V. Classification of Hyperspectral Images with Regularized Linear Discriminant Analysis / T.V. Bandos, L. Bruzzone, G. Camps-Valls // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 47, №3, 2009, 862-873 pp.
2. Попов М. Методы оптимизации числа спектральных каналов в задачах обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли / М. Попов, С. Станкевич // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. М.: ИКИ РАН.-2006.- Т. 2, №1.- С. 61-63.
3. Mc Coy R.M. Fields Methods in Remote Sensing / R.M. Mc Coy // New York: Guilford Press, pp. 150-160, 2005.

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БЕЗДРОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Балабан А.В., Алексєєва І.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: its@kpi.ua

Methods of evaluating the performance of wireless sensor Network

Methods for evaluating the performance of wireless sensor networks are considered. The main parameters of wireless system are described. We describe the evaluation criteria of sensor networks. The method of integrated assessment of the effectiveness of wireless sensor networks are suggested. The advantages of the proposed method are described. Necessity of a complex assessment of works of a wireless network is proved. The technique a lot of criteria overall performance estimations the gauge in offered a network. The way of testing of system by the separate criteria, focused on work in adverse conditions is described. Are resulted the formula for calculation of an overall performance of a network and a technique of a choice of weight factors. Advantages of the offered technique are described. Wireless sensor networks; method of evaluation; the evaluation criteria; complex evaluation.

Поняття «сенсорна мережа» є сьогодні усталеним терміном. Ця мережа являє собою розподілену, самоорганізуючу систему мініатюрних автоматичності датчиків. Як середовище передачі даних датчики використовують бездротовий канал зв'язку. Ключовою особливістю сенсорних мереж є здатність ретрансляції повідомлень від одного елемента до іншого, що дозволяє передавати інформацію на значну відстань при малій потужності передавачів.

В даний час фахівці різних областей техніки зацікавлені у використанні бездротових пристроїв. Такий інтерес обумовлений тим, що бездротові прилади забезпечують доступ до тієї інформації, яку раніше неможливо було отримати взагалі або доступ до якої вимагав великих витрат. Проблема доступу до інформації полягає в тому, що об'єкт вимірювання може розташовуватися на значній відстані від центру збору інформації або знаходитися в таких умовах, які не дозволяють використовувати кабельну мережу для передачі даних. Крім жорстких вимог до умов експлуатації, до бездротової системі висувається ряд функціональних метрик, яких необхідно дотримуватися для вирішення поставленого завдання. Кожна бездротова мережа володіє індивідуальним набором параметрів, що визначаються положенням пристроїв і їх технічними характеристиками [1]. Нижче перераховані найбільш значущі з них: 1) кількість вузлів в мережі; 2) швидкість передачі даних по каналах зв'язку; 3) топологія мережі - визначається наявністю або відсутністю радіоканалу між будь-якими двома вузлами; 4) щільність розміщення вузлів - середня кількість «сусідів» вузла мережі [2]. Цей параметр повністю визначається поточною топологією, однак може використовуватися для грубої оцінки мережі; 5) діаметр мережі - це мінімальна кількість ретрансляцій для передачі даних між двома найбільш віддаленими вузлами мережі. Так само як і щільність, цей параметр повністю визначається топологією і може використовуватися для комплексної оцінки мережі за допомогою єдиного параметра; 6) латентність - параметр, що визначає затримку від моменту виникнення події до появи інформації про нього на базовій станції; 7) час роботи мережі - визначає час роботи системи без заміни або підзарядки акумуляторів; 8) пропускна здатність - цей параметр визначає обсяг інформації, що проходить через мережу в одиницю часу.

В силу того, що для різних додатків висуваються свої специфічні вимоги, при виборі системи, в першу чергу оцінюються параметри, які дозволяють їй найбільш ефективно вирішити поставлену задачу. Наприклад, для системи, що функціонує в режимі реального

часу, найбільш важливим параметром є висока швидкість передачі даних і мала латентність, а для бездротової протипожежної системи - максимальний час безперервної роботи, простота обслуговування і масштабованість.

На сьогоднішній день відсутня методика, що дозволяє провести комплексну оцінку ефективності роботи бездротової сенсорної мережі. Найпоширеніший метод визначення ефективності системи ґрунтується на оцінці її роботи по окремо взятому критерієм. Такий метод досить простий і дієвий. В даному випадку найбільш ефективною вважається та система, яка перевершує всі інші за обраним параметром.

Для оцінки якості мереж та їх каналів зазвичай використовуються такі параметри, як пропускна здатність і затримка [2]. Ці параметри дозволяють оцінити ефективність роботи мережі загального призначення. Бездротові мережі зі складною структурою складаються з відносно великої кількості вузлів і каналів зв'язку і при цьому фактично не є мережами загального призначення. Таким чином, ефективність мережі неможливо оцінити лише за допомогою показників якості для одиночного каналу або вузла [3]. Отже, оцінку ефективності по одиночному критерієм необхідно проводити для всієї мережі в цілому. Існує три критерії оцінки якості [2], орієнтовані на типові завдання, які вирішуються за допомогою бездротових сенсорних мереж:

1. Критерій сумарної середньої затримки:

$$\sum_{i=1}^N M(h_{iB}) \rightarrow \min$$

де N - кількість вузлів мережі; $M(h_{iB})$ - математичне очікування часу доставки даних від вузла i до базової станції. Включає в себе час безпосередньої передачі, а також інші затримки, такі як час ініціалізації передачі каналним рівнем, очікування в чергах вузлів-маршрутизаторів, та інші. Такий критерій підходить для систем, де одинична затримка доставки пакета не критична, однак у цілому від мережі очікується ефективна продуктивність. Як приклад можна навести системи для наукових досліджень, збору статистичної інформації з метою подальшої обробки, системи обліку для промислових об'єктів. Передбачається, що збір і обробка інформації в таких системах - два різних, слабо пов'язаних за часом етапи.

2. Критерій максимальної затримки: $\max(h_{iB}(t)) \rightarrow \min, t \in T, i = 1..N$

де T - час роботи системи; $h_{iB}(t)$ - час доставки даних від вузла i до базової станції в момент часу t . Такий критерій може застосовуватися для системи реального часу, яка вимагає необхідного рівня якості зв'язку для кожного вузла, причому неприпустимо навіть короточасне погіршення якості зв'язку.

Прикладами таких систем є: військові системи виявлення об'єктів, системи контролю технічного стану промислових агрегатів, системи попередження аварій на промислових об'єктах. Особливістю таких систем є можлива необхідність швидкої реакції у відповідь на зміну параметрів, що реєструються сенсорами.

3. Критерій середньої затримки: $\max(M(h_{iB})) \rightarrow \min, i = 1..N$

Такий критерій можна використовувати для систем реального часу, що вимагають необхідного рівня якості зв'язку для кожного вузла, однак допускають короточасні збої. Цей критерій підходить, наприклад, для систем, призначення яких носить розважальний характер. До таких систем пред'являються високі вимоги, однак тимчасові погіршення якості зв'язку не спричиняють серйозних наслідків.

Такий метод оцінки ефективності гарний лише в тому випадку, коли необхідно вибрати систему, яка оптимальна по одному з вибраних параметрів при заданих умовах функціонування. Але що ж робити, коли ефективність роботи системи потрібно оцінити за двома і більше параметрами? При цьому всі параметри, за якими ведеться оцінка, повинні вносити певну вагу в підсумкову оцінку і найбільш повно відображати ефективність роботи при вибраних режимах функціонування.

Складні системи характеризуються багатьма параметрами, причому часто в одних систем близькі до оптимуму одні параметри, в інших - інші. В таких умовах непросто оцінити системи без спеціального формалізованого правила - критерію. Запропонована методика передбачає проведення оцінки ефективності за довільним кількістю параметрів. Оцінка ефективності проводиться в два етапи. На першому етапі з системою проводяться різні тести, за допомогою спеціально розроблених моделей. Тести дозволяють визначити значення окремих параметрів - критеріїв оцінки. Тести повинні проводитися при максимально можливих несприятливих умовах функціонування системи: високий рівень шуму в радіоефірі, наявність перешкод, вихід з ладу частини елементів мережі та ін. Кожен з тестів дозволяє оцінити один параметр системи при заданих умовах роботи. На другому етапі оцінки роботи системи пропонується використовувати ваговий критерій ефективності. Ваговий критерій дозволяє врахувати значимість приватних критеріїв, отриманих на першому етапі оцінки. Значення інтегрального критерію ефективності визначається виразом:

$$k = \sum_{i=1}^N \alpha_i k_i$$

де n - число приватних критеріїв, k_i - їх значення для оцінюваної системи, а α_i - їх вагові коефіцієнти (ваги). Для усунення компенсації одного приватного критерію іншим їх значення використовуються в приведеній до максимуму формі. Найкраща система вибирається по максимальному значенню критерію:

$$k(s) = \max_{s \in S} \sum_{i=1}^N \alpha_i \frac{k_i}{k_{i \max}}$$

Вагові коефіцієнти беруться позитивними для максимізуючих і негативними для мінімізуючих окремих критеріїв. Для вибору величин вагових коефіцієнтів застосовується два підходи:

1. Як коефіцієнтів використовують дробові числа, сума яких для кожної системи дорівнює одиниці,
2. Використовують цілі коефіцієнти, причому для найменш важливого приватного критерію беруть одиничний коефіцієнт, а для решти беруть коефіцієнти, кратні одиниці.

У будь-якому випадку більш важливого приватному критерію відповідає більший за абсолютним значенням коефіцієнт.

У зв'язку з величезною кількістю алгоритмів, методів доступу до середовища і готових бездротових рішень, вибір системи і її основних параметрів, а також оцінка ефективності її роботи, стає нетривіальним завданням. Існуюча методика оцінки за одним критерієм виглядає просто, не дозволяючи повною мірою судити про ефективність роботи однієї системи в порівнянні з іншими. Запропонована методика багатокритеріальної оцінки дозволяє значно полегшити вибір системи і її параметрів для застосування в конкретних умовах. Методика дозволяє дати комплексну оцінку роботи системи. Також вона володіє високою гнучкістю, залишаючи вибір значень вагових коефіцієнтів користувачеві. Тим самим, даючи можливість проводити оцінку системи залежно від того, наскільки важливий кожен із критеріїв для роботи системи в заданих умовах.

Література

1. Скрипов С. А. Імітаційне моделювання бездротових мереж зі складною структурою // Молодий учений. - 2010. - С. 59-66.
2. Скрипов С.А. Розробка протокле маршрутизації для бездротових мереж зі спеціальною топологією // IV Міжнародна науково-прагматическая конференція "Сучасні інформаційні технології та ІТ освіти". - 2009.
3. Ogier R.G. et al. Topology Broadcast based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF) // INTERNET-DRAFT, MANET Working Group. - 2002.
4. Статтю рекомендував до опублікування д.т.н., професор А.А. Зорі.

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ПОБУДОВАНИХ НА РАДІОГІДРОАКУСТИЧНИХ БУЯХ

Великий О.О., Кутельова О.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: a.a.velikiy@gmail.com , olga.kuteleva@mail.ru

Method of improving the efficiency of wireless sensor networks built on the radio sonar sonobuoys

Currently, the construction of a wireless sensor network repeater location choice is usually made based on the results of model simulations related to the conduct numerous experiments, measurements of electromagnetic field, which significantly increases the complexity and cost of WSN deployment process. The presence of the following problems determines the relevance of WSN topology optimization problem.

Дуже актуальними залишаються проблеми пов'язані з розливом нафтопродуктів(мають місце на всіх стадіях видобутку, транспортування, переробки і використання. Нафтові забруднення наносять істотний вплив навколишньому середовищу, своєчасне реагування на аварійні розливи нафтопродуктів на акваторії моря може знизити збитки від забруднення на один-два порядки) [1], вражаючою дією спалаху газоповітряної суміші (аналіз статистичних даних пожеж та вибухів, які відбулися у результаті спалаху газу або газоповітряної суміші, що утворилися в результаті надзвичайної ситуації у житлових та промислових спорудах свідчить, що за останні роки такі події відбуваються досить часто і їхня кількість тільки зростає. Як результат, руйнуються споруди та гинуть люди, що підтверджує необхідність проведення досліджень з метою прогнозування характеру вражаючої дії) [1], іншими різними катастрофами та надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру.

Існують проблеми, що викликані надзвичайними ситуаціями природного походження, втім вони також викликані опосередковано негативним техногенним впливом на навколишнє природне середовище.

Всі вказані вище проблеми, можна вирішити, застосовуючи сенсорні ТКС. На основі аналізу зарубіжного досвіду та з акцентом на акваторії арктичних морів викладаються принципи створення морських інформаційних систем, які забезпечують вирішення різних прикладних задач [2]. Серед цих завдань - забезпечення безпеки морських об'єктів, оцінка стану морського довкілля та управління ресурсної діяльністю. Виділяється загальна основа сучасних систем одержання інформації про морські об'єкти і навколишнє середовище - сенсорні мережі як розподілений спостерігач.

До основних показників якості БСМ можна віднести її вартість і надійність. Як правило, прагнення знизити вартість будь-якої технічної системи призводить до зменшення її надійності, що може виявитися неприпустимим за умовами її експлуатації, що, зрештою, призведе до збільшення її вартості за рахунок заміни поламаних компонентів [2]. Тому в даному випадку при проектуванні оптимальної топології мережі пропонується задатися необхідним рівнем надійності БСМ і сформулювати структуру мережі, що володіє мінімальною вартістю при даному обмеженні. Під надійністю БСМ розуміється ймовірність доставки інформаційних повідомлень від кожного КП до шлюзу. З урахуванням зроблених обмежень на що враховуються фактори визначимо надійність доставки як ймовірність безпомилкової передачі інформаційного повідомлення за обраним маршрутом з урахуванням ймовірності виходу з ладу вузлів, що беруть участь в ланцюжку ретрансляцій, і ймовірності безпомилкової передачі повідомлення між кожною парою вузлів на маршруті [3].

Вартість же БСМ в загальному випадку визначається вартістю її вузлів, а також вартістю їх технічного обслуговування (періодична заміна що вийшли з ладу вузлів або заміна витрачених джерел струму вузлів). Відомо, що тривалість життя вузла БСМ в нульовому наближенні пропорційна сукупній тривалості періодів прийому та / або передачі повідомлень. Таким чином, логічно визначити вартість однієї ретрансляції як лінійну функцію сумарної щільності інформаційного потоку, що проходить між двома вузлами [4].

Для досягнення результатів підвищення ефективності БСМ побудованих на радіогідроакустичних буюх пропонується використати експертно-моделюючу систему(ЕМС), яка включає в себе набір специфічного спеціального ПЗ (програмного забезпечення). Для використання експертно-моделюючої системи потрібно мати початкові умови для правильної роботи ПЗ.

На першому етапі розробнику пропонується ввести тип платформи за допомогою яких буде розгорнута БСМ: на судових платформах, у складі донних кабельних систем, на буюх і плавучостях, на автономних підводних апаратах і глайдерах, на авіаційних носіях, комбіновано.

Далі потрібно вибрати основні сенсори, необхідних для моніторингу:

1. Акустичні (підводно-акустичні);
2. Електричного та магнітного полів;
3. Гідрофізичні;
4. Сейсмоакустичні;
5. Біологічні пробовідбірники;
6. Оптичні;
7. РГБ – радіогідроакустичний буй.

Також можна ввести данні, щодо бажаної топології БСМ. Після введення початкових необхідних даних, ЕМС розраховує рекомендовану БСМ. Даний варіант ЕМС також включає підбір оптимальних безпроводових сенсорів та їх характеристик відповідно до заданих параметрів(якщо потрібно, щоб БСМ передавала велику кількість інформації, чи щоб була

дієздатна протягом 1 року). Конкретно розглядається БСМ побудована на радіогідроакустичних буюх. Всі розрахунки накладаються на топографічну карту місцевості, з якого можна зробити висновок щодо досконалості мережі, які компоненти потрібно додати, чи замінити. Вибирається певний вид РГБ, який краще підходить для виконання конкретного завдання, чи то моніторинг водних акваторій на рахунок допустимих рівнів радіації чи викидів шкідливих речовин у водні ресурси, чи моніторинг водних акваторій на предмет перебування/пересування військових об'єктів. Після цього можна ще раз розрахувати БСМ, і отримати результат задовольняючої мережі (рис.1).

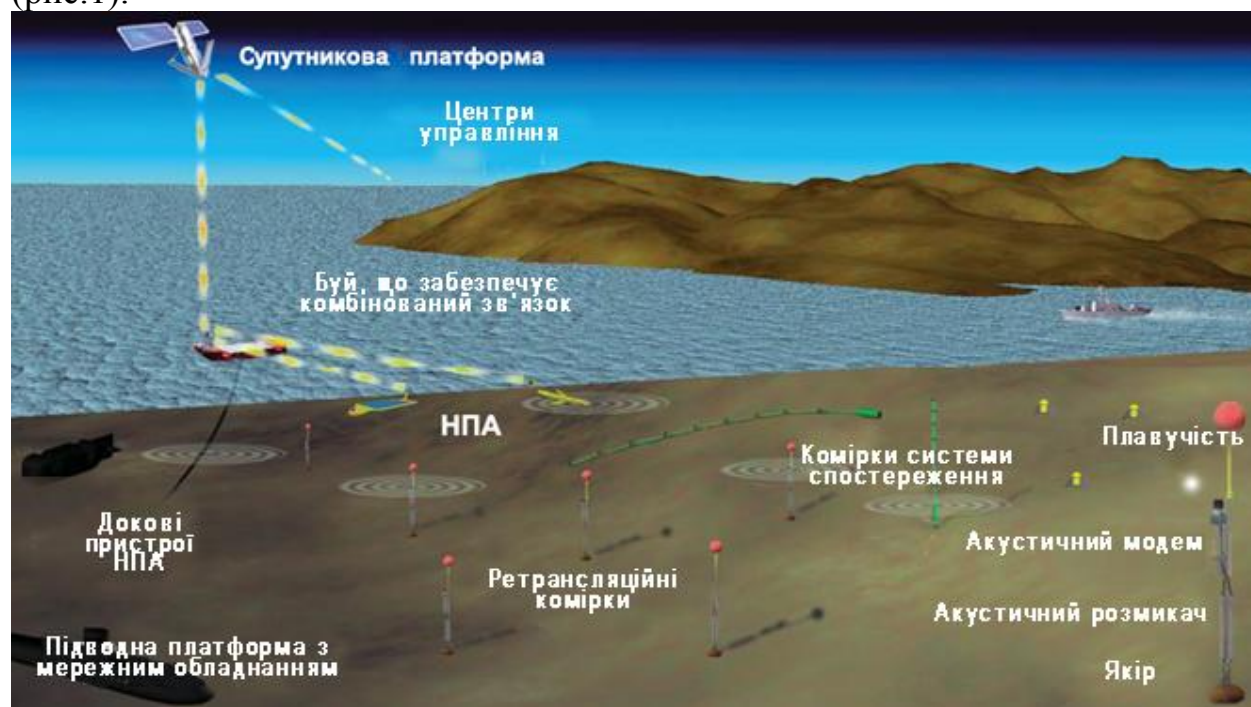


Рис.1 БСМ побудована на РГБ розрахована за допомогою ЕМС.

Таким чином, за допомогою ЕМС підвищується ефективність проектування і використання БСМ побудованих на РГБ (об'єктивно визначаються недоліки і система допрацьовується). Оптимальні значення кожного з параметрів системи та умов замовника приводить БСМ побудованої на РГБ до максимально ефективного використання.

Література

1. Лаверов Н. П., Рослов Ю. В., Лобковский Л. И. и др. «Перспективы донной сейсморазведки в Российской Федерации» // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 4.
2. Hovem J. M. Underwater Sensor Networks for Marine Environmental Surveillance // SINTEF-ICT, NTNU OSS. — 2009. — 27.01.
3. C4ISR for Future Naval Strike Groups. — [S. l.], National Academies Press, 2006.
4. Баскаков С.С. Стандарт ZigBee и платформа MeshLogic: эффективность маршрутизации в режиме «многие к одному». — Первая миля (приложение к журналу «Электроника: «Наука, технология, бизнес», 2008г. №2-3.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЛЕННЯ МЕРЕЖІ НА КЛАСТЕРИ

Воротніков В.В.¹, Бойченко О.С.¹, Кулаков Ю.О.²

1. Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

державного університету телекомунікацій

2. Національний Технічний Університет України

«Київський Політехнічний Інститут»

E-mail: bos_2006@ukr.net, ya.kulakov@gmail.com

Criteria of evaluation of efficiency dividing network by clusters

The analysis of parameters of network, which influence on efficiency of method of division of network on clusters, is conducted in the article. Criteria, which characterize a network structure, power expenses and volume of service information, are offered.

Ефективність методів ділення мережі на кластери залежить від багатьох параметрів мережі: кількості вузлів, відстані між вузлами, ймовірності безвідмовної роботи каналів зв'язку між вузлами, енергетичної ефективності обміну інформацією між вузлами, зв'язаності (надійності) мережі. Оцінювання ефективності методу ділення мережі на кластери є багатокритеріальною задачею. При розв'язку даної задачі стикаються із труднощами вибору критеріїв, які дозволяють побудувати адекватну цільову функцію для оцінки ефективності відповідного способу кластеризації. Проблема побудови цільової функції полягає в тому, що критерії, які характеризують параметри мережі, мають свої обмеження. Це означає, що при досягненні одного із критеріїв свого максимального значення, інші критерії теж різко зростають, що приводить до невиправданих витрат ресурсів і неможливості функціонування мережі.

Відомі методи розв'язку багатокритеріальної задачі, що зводять її до задачі з єдиним розв'язком. Цей підхід не дозволяє розв'язати задачу багатошляхової маршрутизації, яка дозволяє підвищити ефективність використання комп'ютерної мережі без підвищення енергетичних витрат. Крім того, для розв'язку задач маршрутизації не підходять методи розв'язку багатокритеріальних задач, які не враховують систему обмежень на часткові критерії якості.

Для оцінювання ефективності способу кластеризації мережі використовується цільова функція E^* , що є скалярною згорткою часткових критеріїв.

$$E^* = f(Rel(G), S(G), V_{cl}(G)), \quad (1)$$

де $Rel(G)$ – надійність мережі, $S(G)$ – щільність потоку енергії, $V_{cl}(G)$ – обсяг службової інформації.

У якості часткових критеріїв доцільно використовувати наступні параметри мережі: надійність мережі, щільність потоку енергії й обсяг службової інформації.

Припустимо, що існує мережа з N мобільних вузлів. Мережа задана графом $G(V, E)$, де V – множина вузлів графа $\{V_1, V_2, \dots, V_N\}$; E – множина ребер графа. Мережа розбита на m кластерів одним з відомих способів кластеризації. Тоді необхідно знайти цільову функцію E^* , яка проводить оцінювання обраного способу кластеризації.

Під надійністю мережі будемо розуміти ймовірність того, що мережа буде функціонувати при різних ймовірностях працездатності всіх каналів зв'язку.

При обчисленні надійності доводиться враховувати не тільки топологію мережі, але й потоки даних у ній. Для спрощення задачі аналізу надійності як комбінаторної задачі, розглянемо окремий випадок, коли всі індивідуальні компоненти надійності рівні. У такому випадку $Rel(G)$ можна записати у вигляді степенного полінома надійності [2]:

$$Rel(G) = \sum_{i=0}^m F_i p^{m-1} (1-p)^i \quad (2)$$

де m – число компонентів у мережі, p – ймовірність безвідмовної роботи каналу зв'язку, F_i – коефіцієнти полінома надійності.

Задача його обчислення називається задачею аналізу функціональної надійності, де в якості вхідних даних використовується представлення структурної інформації, а на виході отримується вектор коефіцієнтів $\{F_i\}$.

Загальний член у поліномі надійності $F_i p^{m-1} (1-p)^i$ описує ймовірність того, що працює рівно $m-i$ компонентів мережі й функціонує система в цілому.

Щільність потоку енергії – кількість енергії, яка випромінюється в простір на відповідну відстань:

$$S(G) = \frac{P_T}{4\pi \sum_{i=1}^m r_{(1 \rightarrow N_m)}^2} \quad (3)$$

де: P_T – потужність передавального обладнання вузлів; $r_{(1 \rightarrow N_m)}$ – відстань між вузлами мережі; N_m – контролер m -ого кластера.

Для передачі службової інформації N вузлам використовується N каналів передачі даних, за якими вузли з'єднані між собою. Тоді кількість пакетів службового трафіка для повнозв'язної мережі визначається як сума кількості пакетів переданих по N каналам [1]:

$$V_{cl} = N^2 \cdot (N-1) \quad (4)$$

Загальний обсяг службової інформації в централізованій мережі розраховується по формулі [1]:

$$V_{cl} = N^2 - 2 \cdot N + 1 + N - 1 = N^2 - N. \quad (5)$$

У мережі, розбитій на кластери, обсяг службової інформації буде дорівнювати сумі кількості переданих пакетів у кластерах і кількості пакетів, які використовувались при обміні між контролерами кластерів [1]:

$$V_{cl} = \left(\sum_{k=1}^m (n_k^2 - n_k) \right) + (m - 1) \quad (6)$$

де n_k – кількість вузлів в k -ом кластері.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що розбиття мережі на декілька кластерів буде ефективним якщо виконуватимуться наступні умови: зниження об'єму службової інформації, підвищення надійності мережі, зниження енергетичних затрат на обмін інформацією між вузлами мережі. Звідси слідує, що обрані часткові критерії мають різну розмірність та зміст навантаження [3]:

$$\begin{cases} V_{cl}(G) \rightarrow \min \\ Rel(G) \rightarrow \max \\ S(G) \rightarrow \min \end{cases} \quad (7)$$

При знаходженні цільової функції E^* виникає проблема приведення до одного способу екстремізації. Тому для забезпечення знаходження оптимального компромісу між частковими критеріями використано нелінійну схему компромісів, яка поєднує в собі конфліктну природу критеріїв якості [3]:

$$E^* = \arg \min \left\{ \frac{1}{1 - V_{cl}(G)} + \frac{1}{1 - S(G)} + \frac{1}{Rel(G)} \right\} \quad (8)$$

Оцінювання ефективності ділення мережі на кластери з використанням нелінійної схеми компромісів об'єднує часткові критерії якості, які характеризують структуру мережі, енергетичні затрати та об'єм службової інформації.

Результати, отримані при моделюванні, свідчать про те, що зі збільшенням кількості кластерів значення цільової функції нелінійно зменшується, що свідчить про ефективність застосування обраного способу кластеризації.

Література

1. Kulakov, Y., Vorotnikov, V. and Boychenko, O. (2015). Multicriterion Estimation of Efficiency of Mobile Network Clustering. The Advanced Science Journal, 2015(1), pp.61 – 67.
2. P.J. Dukes, V.R. Syrotiuk, and C.J. Colbourn, Ternary schedules for energy-limited sensor networks, IEEE Transactions on Information Theory 53,8 (2007), 2791 – 2798.
3. Воронин А. Н. Нелинейная схема компромиссов в многокритериальных задачах оценивания и оптимизации / А. Н. Воронин // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №4. – С. 106-114.

МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ С ИЗБЫТОЧНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ УЗЛОВ

Коваленко И.Г., Диянчук И.Н.

ВІТІ ДУТ

E-mail: kig777@ukr.net

Methods for increasing the lifetime of wireless sensor networks with excessive number of nodes

The paper proposes methods of reducing energy consumption of nodes and algorithms for their application to increase the lifetime of wireless sensor networks with excessive number of 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 беспроводные сенсорные сети (БСС).

Некоторые сферы применения БСС (особенно оборона и безопасность) требуют полного многократного покрытия площади объекта зонами мониторинга датчиков. Для этого перед разворачиванием БСС осуществляется планирование мест расположения узлов. В некоторых случаях детерминированное разворачивание узлов нецелесообразно (или невозможно) из-за больших временных или экономических затрат на размещение (например, в случае боевых действий, экологических катастроф, в районах химического или радиационного заражения, труднодоступных районах и т.д.) [1-2]. 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, дублированию информации мониторинга и излишнему расходу ресурсов батарей на повторные передачи.

Каждый узел БСС оснащен источником энергии ограниченной ёмкости, поэтому основополагающим требованием к ним является уменьшение потребления энергии для увеличения времени жизни (ВЖ) сети.

В настоящее время универсальным стандартом построения БСС является спецификация сетевых протоколов верхних уровней ZigBee, использующая протокол физического и канального уровня IEEE 802.15.4. Очевидно, что использование стандартной технологии имеет множество преимуществ (уменьшение стоимости элементной базы, сокращение времени на разработку, возможность объединения разных сетей и т.д.). Однако спецификация ZigBee в силу своей универсальности не является оптимальной для многих приложений и ее коммерческая направленность не предусматривает использование БСС с избыточным количеством узлов. Поэтому необходимо разрабатывать методы уменьшения расхода энергетических ресурсов узлов для увеличения времени жизни БСС данного класса.

Авторами предложены методы уменьшения (перераспределения) расхода энергии батарей с целью увеличения времени жизни сетей с избыточным количеством узлов за

счет планирования и управления совместной работой элементов сети на различных уровнях эталонной модели взаимодействия открытых систем.

Основными методами экономии энергоресурса узлов БСС является организация режимов работы (рис 1.), которая подразумевает **периодическое отключение узлов или их приемопередатчиков**. БСС осуществляют передачу данных мониторинга с заданным периодом и отключение узлов (приемопередатчиков) после передачи данных до начала следующего периода позволяет снизить расход энергоресурса, но при этом возникает задача организации взаимодействия между узлами для обеспечения ретрансляции сообщений в направлении шлюза с обеспечением минимальных задержек. Классическими подходами решения данного класса задач является организация согласованных циклов сна/пробуждения узлов (приемопередатчиков), что вносит задержки при передаче сообщений[1-2].



Рис.1.

В отличие от классического подхода организации циклов сна/пробуждения для БСС с избыточным количеством узлов предлагается :

1. *На прикладном уровне* отключать узлы которые дублируют покрытие района мониторинга. Для продления длительности функционирования сети предлагается организовать периоды включения/выключения отдельных узлов так, чтобы в каждый момент времени функционировало множество узлов, необходимое для обеспечения заданного покрытия района мониторинга.

2. *На сетевом уровне* использовать энергосберегающий метод маршрутизации, учитывающий периодическое функционирование множеств избыточных узлов, а также метод уменьшения (сжатия) объема передаваемых данных за счет их избыточности.

3. *На канальном уровне* при возрастании нагрузки передачи данных использовать гибридные методы множественного доступа (МД) (детерминированные и случайные методы доступа имеют различные предельные значения эффективности в зависимости от нагрузки). Для приближенных к шлюзу узлов (где концентрируется трафик всей сети) для уменьшения числа коллизий передачи пакетов и увеличения скоростей передачи целесообразно использовать методы детерминированного доступа к каналу. Для удаленных от шлюза узлов целесообразно использовать методы случайного доступа к каналу, не требующих синхронизации узлов.

Управление мощностью передачи позволяет уменьшить использование энергоресурса за счет уменьшения мощностей (дальности) передачи. Исходя из того, что узлы БСС не мобильны и варианты маршрутов могут быть определены заранее,

управление мощностью передачи целесообразно использовать на сетевом уровне в методах маршрутизации.

Уменьшение использования энергоресурса методом уменьшения объема данных (агрегации) происходит за счет уменьшения избыточности или потери точности сбора данных мониторинга с внесением задержек передачи для обработки данных. БСС с избыточным количеством узлов используется для повышения надежности и качества покрытия площади объекта мониторинга, поэтому в данных сетях методы агрегации целесообразно использовать на сетевом уровне на отдельных узлах с повышенным использованием энергоресурса для предотвращения выхода их из строя при неэффективности применения других методов энергосбережения. Для уменьшения объема данных целесообразно использовать их корреляцию (временную, когда данные не меняются со временем, и пространственную, когда данные от соседних узлов совпадают).

Авторами были проанализированы методы увеличения времени жизни БСС с точки зрения целесообразности их применения в сетях с избыточным количеством узлов и были предложены следующие методы управления БСС [2]:

1) энергосберегающий метод управления БСС с избыточным количеством узлов на прикладном и сетевом уровнях модели OSI (**МУ БСС ИКУ**);

2) энергосберегающий метод управления БСС с избыточным количеством узлов на канальном уровне модели OSI – энергосберегающий метод множественного доступа к каналу (**ЕММД БСС ИКУ**);

3) энергосберегающий метод агрегации данных в БСС с избыточным количеством узлов (**ЕМАД БСС ИКУ**)

Разработанные методы могут использоваться как отдельно, так и дополнять друга в соответствии со следующим алгоритмом выбора набора применяемых методов для БСС с ИКУ (рис. 2):

1) при избыточности количества узлов $\xi \geq 1,5$ шлюз инициирует использование **ЕМУ БСС ИКУ** ($\xi = N / N_n$, N – общее количество узлов, N_n – количество необходимое для обеспечения заданного покрытия);

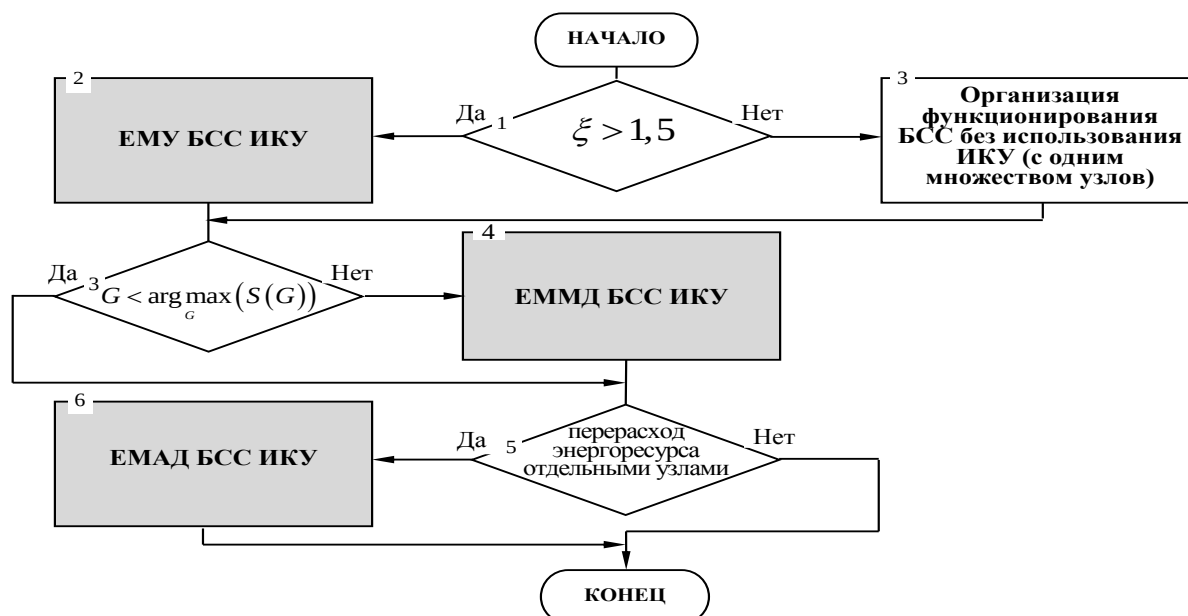


Рис.2

2) при повышении суммарной нагрузки на шлюз и приближенные к нему узлы до значений границы стойкости (критическое увеличение коллизий) для случайных

методов множественного доступа $G^{rc} = \arg \max_G (S(G))$ (G – суммарная нагрузка на узел, S – средняя скорость передачи узла)[Ошибка! Источник ссылки не найден.], шлюз инициирует использование *ЕММД БСС ИКУ*;

3) при угрозе потери связности сети из-за истощения энергоресурса отдельными узлами для них используется *ЕМАД БСС ИКУ*

Для оценки эффективности предложенных методов использовалась имитационная модель БСС. В качестве показателя эффективности было предложено использовать длительность функционирования сети до истощения энергоресурса хотя бы одного узла. Для имитационного моделирования использовался программный комплекс The Network Simulator [3]. Функционирование модели БСС 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 БСС с использованием стандартных протоколов физического и канального уровня (802.11). При этом были получены результаты, которые позволили сделать вывод, что предложенные методы позволяют повысить время жизни сети до 15-20% по сравнению с аналогичными. Кроме того, метод увеличения времени жизни БСС за счет избыточного количества узлов позволяет улучшить процентный реальный покрытия района зонами мониторинга до 10%.

Выводы. Были предложены методы увеличения времени жизни БСС с избыточным количеством узлов на разных уровнях модели взаимодействия открытых систем. Предложен алгоритм применения разработанных методов в соответствии определенными критериями (повышение нагрузки и перерасход энергоресурса узла). С помощью имитационного моделирования была проведена оценка эффективности, которая позволила сделать вывод, что разработанные методы управления БСС увеличивают время жизни сети до 15-20% по сравнению с аналогичными методами данного класса. При проведении исследований было определено, что модель сбора данных БСС с одним шлюзом накладывает ограничения на возможности равномерного распределения нагрузки на узлы БСС для продления времени ее функционирования. Концентрация трафика приводит к повышенной нагрузке на приближенные к шлюзу узлы и к преждевременному выходу их из строя. Продлить длительность функционирования БСС в таких условиях возможно только агрегацией данных с потерей их точности. В дальнейшем предлагается разрабатывать методы управления расходом энергоресурса БСС с избыточным количеством узлов и несколькими шлюзами, которые позволят продлить время жизни сети без потери точности собираемых данных.

Литература

1. Kheng Y. Review of Energy Harvesting Technologies for Sustainable WSN / Y. Kheng Tan and S. Kumar Panda.// Sustainable Wireless Sensor Networks, Yen Kheng Tan (Ed.), InTech, 2010 [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.intechopen.com/books/sustainable-wireless-sensor-networks/review-of-energy-harvesting-technologies-for-sustainable-wsn>
2. Коваленко І.Г. Методы увеличения продолжительности функционирования беспроводных сенсорных сетей с избыточным количеством узлов // Телекомунікаційні та інформаційні технології, ДУТ. – 2014. – № 1. – С. 44 – 54.
3. VINT Project, The Network Simulator. – Режим доступа: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>

ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ МЕТОДОМ СТРУКТУРНОЇ САМОІДЕНТИФІКАЦІЇ

Мешков С.І., Хамула С.В., Пилипчук В.В.

Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка

E-mail: olserg1982@gmail.com

Define model of sensor networks by structural self-identification methods

An important task when creating sensor networks is to optimize the parameters of the selected vector criteria. A self-use methods that are known to make it possible to carry out a systematic analysis and identification of complex objects, facilitating accurate long-term predictions about the development of the network settings that correspond to the range of services required.

Сучасні сенсорні мережі (СМ) характеризуються розмаїттям структури, протоколів, алгоритмів і видів моделей, що відкриває нові можливості надання широкого спектра послуг із потрібною якістю та прийнятною вартістю [1-2]. Важливим завданням при цьому є оптимізація параметрів СМ і, отже, визначення найкращих параметрів за вибраним вектором критеріїв [3]. При дослідженні СМ доцільно використовувати методи самоорганізації, котрі, як відомо, дають змогу здійснювати системний аналіз та ідентифікацію складних об'єктів, сприяючи отриманню точних довгострокових прогнозів щодо розвитку тих параметрів СМ, які відповідають необхідному спектру послуг [4-5]. СМ характерна тим, що її структура заздалегідь невідома. Тому при синтезі мережі для визначення моделі структури мережі та її параметрів користуються методом структурної самоідентифікації.

Зазвичай, коли йдеться про самоорганізацію алгебраїчної моделі інфокомунікаційної мережі [6], структура останньої вважається заданою апіорі, а саме: припускається, що вона має лише одну вихідну величину, причому змінна стану x_k і є цією вихідною величиною, виду $y = x_k$, тоді як решта спостережуваних величин є вхідними стосовно величини y . Далі розглядається випадок, коли існує таблиця даних, що містять p змінних стану $x_1, x_2, \dots, x_p$, в якій зазначено також вхідні величини $u_j, j = 1, \dots, m$. Структура мережі підлягає визначенню. Повний поліном моделі без урахування динаміки мережі набуває вигляду

$$y_{-} = A_0 + A_1 x_{-} + A_2 u_{-}, \quad (1)$$

де A_0, A_1, A_2 , — деякі числові сталі; $y_{-} = (y_1, y_2, \dots, y_r)$; $x_{-} = (x_1, x_2, \dots, x_p)$; $u_{-} = (u_1, u_2, \dots, u_m)$.

При цьому вектор y_{-} утворюється зі складових вектора стану, тобто

$$y_{-} = S x_{-}, \quad (2)$$

де $S = \{S_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, r; j = 1, 2, \dots, p$;

$$S_{ij} \begin{cases} 0, \\ 1, \end{cases} \sum_j S_{ij} = 1$$

Система лінійних рівнянь відображає взаємодію між змінними, тобто структуру досліджуваної мережі. Завдання самоорганізації полягає в одночасному визначенні структури моделі мережі (матриці S) та її параметрів. Згідно з цим синтез моделі складається з трьох етапів: визначення структури (необхідно обрати оптимальну кількість алгебраїчних рівнянь щодо реалізацій вхідних змінних і змінних стану, які в загальному випадку зашумлені); оцінювання параметрів (для вибраної системи рівнянь слід визначити вхідні змінні стану, які належать рівнянню мережі, і оцінити коефіцієнти кожного рівняння); адаптування параметрів (для отриманої моделі мережі значення параметрів, знайдені на етапі їх оцінювання, уточнюються за допомогою відповідних методів адаптації).

Тому для розв'язання такої задачі доцільним є застосування процедури самоорганізації, тобто перебору варіантів за обраними критеріями.

Для динамічних систем характерним є те, що вихідні величини, котрі становлять інтерес для дослідження, не можна однозначно визначити за реалізаціями вхідних величин, як це відбувається у статичних системах. Натомість для динамічної системи необхідно додатково зазначити стан, в якому вона перебуває в даний момент. А оскільки поточний стан динамічної системи в загальному випадку визначається чинниками її попереднього стану, то постає потреба включити в моделювання значення вхідних і вихідних величин у момент часу t та значення реалізацій у попередні моменти $t-1, t-2, \dots, t-g$, зазвичай використовують шаблони. Вони являють собою геометричні фігури (у разі зосередження параметрів – лінії та прямі кути), де символічно зазначено, які саме реалізації, спостережувані в минулі моменти часу $t-k, k=1, \dots, g$, безпосередньо впливають на вхідні величини в момент часу t . При цьому для обчислення однієї точки вихідної величини знадобиться $g+1$ точка або стільки ж стовпців таблиці спостережень, а для оцінювання параметрів тобто значення аргументів затримки:

$$y_t^M = f(y_{t-1}, \dots, y_{t-g}, u_t, u_{t-1}, \dots, u_{t-g}) \quad (3)$$

Зрештою утворюються моделі, що відображують співвідношення вхід-вихід згідно з функціональним рядом Вольтерра та описують стан досліджуваної мережі за допомогою систем диференціальних чи різницьових рівнянь. Для графічної ілюстрації затримки при самоорганізації залишиться $T-t$ точок. Розглянемо лінійне диференціальне рівняння

$$d^2y/dt^2 + a_1 dy/dt + a_0 y = f(t), \quad (4)$$

З огляду на те, що спостереження здійснюються дискретно, потрібна дискретна модель, яка в найпростішому випадку за допомогою різниць

$$\Delta y = y_t - y_{t-1}, \text{ і } \Delta(\Delta y) = (y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}, \quad (5)$$

набуває вигляду

$$(y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}) + a_1(y_0 - y_{-1}) + a_0 y_0 = f_1(t_0), \quad (6)$$

(для спрощення параметр опущено).

Простий шаблон, який ілюструє вплив аргументів y_{-1} та y_{-2} на вихідну величину, набуває вигляду

$$y_0 = f_1(t_0) + f_2(y_{-1}, y_{-2}), \quad (7)$$

(тут значення $g = 2$).

Цей шаблон відображає принцип близької дії, тобто визначає, які значення, виміряні в попередні моменти часу, впливають на значення вихідних величин у відповідній таблиці, що є необхідною для складання системи нормальних рівнянь згідно з методом найменших квадратів. Ця таблиця має містити такі стовпці: t_0, y_0, y_{-1}, y_{-2} .

Для процесу з явною циклічністю доцільно так урахувати цю особливість, аби поряд із реалізаціями $t - 1, t - 2, t - g$ модель містила реалізації $t - s\tau, \tau = 1, 2, \dots, g$; де s – деяке ціле число.

Зрештою маємо модель з двовимірним вектором (t, τ) . Зазначимо, що самоорганізація моделей динамічних систем принципово не відрізняється від самоорганізації статичних моделей. Єдина відмінність – очевидне скорочення наявних у нашому розпорядженні точок за рахунок кількості g запам'ятовуваних точок та використання відповідних шаблонів. Якщо ввести узагальнену змінну

$$v_r(t) = u_1(t - k), k = 0, 1, \dots, g, j = 1, \dots, m, \quad (8)$$

а також узяти

$$V_{m(g+1)+1}(t) = y(t - j), j = 1, \dots, g, \quad (9)$$

то можна скористатись алгоритмом самоорганізації.

Таким чином, розглянуто математичний апарат самоорганізації моделі мережі на базі динамічних систем що є найбільш адекватним і дає змогу визначити основні параметри мережі з необхідною точністю.

Література

1. K. Martinez Environmental Sensor Networks / K. Martinez, J. K. Hart, R. Ong // Computer. – 2004. – № 37(8). – P. 50-56.
2. K. Akkaya A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks / K. Akkaya, M. Younis // Ad Hoc Networks. – 2005. – № 3. – P. 325-349.
3. Григорович В. В. До питання оцінки ефективності функціонування інфокомунікаційних мереж / В. В. Григорович, С. І. Мешков, О. І. Чумак // Вісник ДУІКТ. – 2012. – Т. 10, № 1. – С. 68-72.
4. Чумак О. І. Дослідження функцій мережного рівня системи управління / О. І. Чумак, С. І. Мешков, О. С. Стец // Тези доповідей V Міжнародного науково-технічного симпозиуму “Нові технології в телекомунікація. ДУІКТ-КАРПАТИ’2012”, 17-21 січня 2012 року. – С. 102-104.
5. Мешков С. І. Застосування методів самоорганізації до розрахунку параметрів інфокомунікаційних мереж // Наукові записки УНДІЗ. – 2012. – № 4(24). – С. 98-102.
6. Чумак О. І. Основна задача управління та шляхи її розв’язання / О. І. Чумак, С. І. Мешков, В. В. Григорович, О. С. Єфремов // Наукові записки УНДІЗ. – 2013. – № 2(26). – С. 40-41.

РОЗВИТОК МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ЧАСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Новіков В.І., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: novikov1967@ukr.net

Development of method increase time operation wireless sensor networks

Proposed modified method for increasing the operating time of wireless sensor networks, which combines the use of mobility of individual network components and dynamic routing, the residual amount of energy units and reliable wireless connections.

Перспективність і актуальність використання технології безпроводових сенсорних мереж (БСМ) для вирішення широкого кола завдань моніторингу та управління в різних областях, таких як автоматизація підприємств, безпека, екологія, надзвичайні ситуації залучили до досліджень провідні наукові центри та лабораторії світу. До основних переваг технології БСМ відноситься можливість створення самоорганізованих мереж, які використовують дешеві мініатюрні автономні обчислювальні пристрої [1].

Однак існують проблеми, які перешкоджають масовому впровадженню рішень на базі БСМ. Одна з них – це необхідність збільшення часу автономної роботи безпроводової мережі.

Аналіз літератури показав, що, незважаючи на інтенсивні дослідження, які ведуться в цій галузі, не існує загального підходу, який би комплексно враховував як час автономної роботи окремих вузлів мережі, так і показники часу автономної роботи всієї мережі в цілому [2]. Таким чином, стає актуальною постановка і вирішення проблеми збільшення часу автономної роботи безпроводових сенсорних мереж у системах збору даних.

Спосіб збільшення часу автономної роботи сенсорної мережі може бути реалізований різними методами: індивідуальним підбором ємності батарей і розташування вузлів мережі, використанням спеціальних протоколів маршрутизації, вибором мобільності ретрансляторів [2]. Проте всі вони мають ті чи інші недоліки. Тому пропонується використати новий метод, який поєднує використання мобільності окремих мережевих компонентів [3] та динамічну маршрутизацією, яка враховує поточний (залишковий) запас енергії вузлів і надійність безпроводових з'єднань.

Численні дослідження характеристик малопотужних безпроводових каналів зв'язку показали, що в реальних системах спостерігається значна варіація і асиметрія якості зв'язку між вузлами. Тому при пошуку маршрутів доставки пакетів необхідно аналізувати надійність з'єднань для обліку можливих додаткових витрат ресурсів мережі через втрати пакетів.

Пропонується використати метрику вартості з'єднання, яка визначається як сумарне очікувана кількість пакетів даних і пакетів підтвердження,

переданих у рамках однієї транзакції доставки даних між двома сусідніми вузлами. Метрика «очікувана загальна кількість передач» має вигляд [4]

$$M_{ETTX}(v, w) = \frac{1 + \Psi(\hat{\beta}_{tx,vw}, L_d)}{\Psi(\hat{\beta}_{tx,vw}, L_d) \Psi(\hat{\beta}_{rx,vw}, L_d)}. \quad (1)$$

У більшості безпроводових мереж виконується мінімізація витрат ресурсів для кожного окремого маршруту, але такий підхід може призводити до нерівномірного розподілу мережевого навантаження між вузлами мережі. Тому для забезпечення тривалого часу життя мережі необхідно виконувати балансування навантаження, тобто перерозподіл потоків трафіку між вузлами для більш рівномірного використання їх енергії, шляхом врахування залишкової ємності вузлів мережі.

Пропонується задати вартість «очікувана залишкова ємність» (Expected residual capacity) переходу у вигляді наступного виразу [4]:

$$C_{ERC}(v, w) = \frac{e(v, w)}{\sum_{x \in N(v)} e(v, x)} \times \frac{\frac{1}{\bar{E}(w)}}{\sum_{x \in N(v)} \frac{1}{\bar{E}(x)}} \quad (2)$$

де $\bar{E}(w)$ - нормована величина залишкового запасу енергії вузла w ; $N(v)$ - множина сусідів вузла v , що знаходяться на меншій відстані до точки збору, ніж v .

Імітаційне моделювання було виконане для каналу зв'язку, модель якого враховує значну варіацію і асиметрію якості зв'язку, що дає більш наближену до реальних умов експлуатації оцінку ефективності маршрутизації.

Дослідження було виконано для наступного сценарію роботи мережі. Один з вузлів мережі призначається точкою збору і має необмежене джерело енергії (стаціонарне живлення), при цьому положення точки збору на площі покриття мережі є випадковим, інші вузли є кінцевими пристроями з автономними непоновлюваними джерелами живлення однакової ємності (наприклад, батареї). Після включення і первинної конфігурації мережі (виявлення сусідів, оцінка стану каналу і т.п.) всі кінцеві вузли починають періодичну передачу пакетів даних в точку збору. Мережа функціонує до тих пір, поки один з вузлів не вийде з ладу через виснаження джерела енергії.

Проведено порівняння показників ефективності маршрутизації при таких поєднаннях відомих і запропонованих метрик вартості з'єднання і переходу:

1. «Const - Const» - метрика вартості з'єднання M_{const} і метрика вартості переходу C_{const} , тобто «класичний» варіант, при якому оптимальним є маршрут з мінімальною кількістю проміжних вузлів і показники надійності з'єднань ніяк не враховуються;

2. «Const - ERC» - з'єднанням присвоюється постійна вартість, але використовується динамічне балансування мережного навантаження за допомогою метрики вартості переходу «очікувана залишкова ємність» C_{ERC} ;
3. «ETTX - ERC» - при пошуку маршрутів враховується якість зв'язку за допомогою метрики «очікувана загальна кількість передач» M_{ETTX} , а також виконується динамічне балансування мережного навантаження метрикою C_{ERC} .

У першому з трьох варіантів виконується вирішення задачі пошуку оптимальних маршрутів, а в останніх двох застосовується локальне балансування мережевого навантаження з метою збільшення часу життя мережі.

Якщо при оцінці вартості з'єднання якість зв'язку ніяк не враховується, то знайдені маршрути проходять через найменшу кількість проміжних вузлів - ретрансляторів, але за наявності втрат пакетів цей підхід призводить до низької ефективності маршрутизації, оскільки знайдений шлях може бути коротким, але складатися з сполук з низькою надійністю, що призведе до додаткових витрат.

По відносному енергоспоживанню вузла η_{ES} всі метрики співставні, крім варіанту «ETTX - ERC», при якому балансування мережного навантаження збільшує термін служби мережі в середньому в 2,9 разів в порівнянні з найбільш простим варіантом пошуку маршруту.

Таким чином, для вирішення завдання максимізації часу життя сенсорної мережі запропоновано два види метрик. У першій метриці застосовуються функції вартості переходу, в яких враховується інформація про якість зв'язку. Друга метрика в поєднанні з першою додатково враховує залишкові запаси енергії вузлів для динамічного балансування мережевого навантаження між ними.

Розроблені метрики в поєднанні з керованою мобільністю стоків можуть бути успішно використані в безпроводових сенсорних мережах передачі інформації різного типу для вирішення завдання максимізації часу життя мережі.

Література

1. Бунин С.Г., Войтер А.П., Ильченко М.Е., Романюк В.А. Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами. – К.: НПП «Издательство «Науковадумка» НАН Украины». – 444 с.
2. Ефремов С. Г., Восков Л. С. К вопросу о времени автономной работы сенсорных сетей // Качество, Инновации, Образование. — 2012. — № 7. - С. 61-67.
3. Wang Z M., Basagni S., Melachhroudou E. and Petrioli C. Exploiting sink mobility for maximizing sensor networks lifetime // Proc. of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island Hawaii. — 2005. - P. 287-295
4. Новіков В. І. Метрики вартості з'єднання та прогресу для вирішення завдань маршрутизації в безпроводових сенсорних мережах // Науковий вісник Академії муніципального управління. Збірник наукових праць. Серія «Техніка». – 2014. – Вип.8. – С. 96-109

МЕТОД ПОБУДОВИ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНОГО ЗА КРИТЕРІЄМ МАКСИМІЗАЦІЇ ЧАСУ ЖИТТЯ БСС

Уланов П.С., Алексеева І.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: ulanovps@gmail.com

Method of optimal routing protocol creation by lifetime maximization in sensor-based system

Traffic parameters analysis allows to control memory buffer of sensor element and prevent extra energy consumption. Traffic model is based on self-similarity model.

Одним із найважливіших критеріїв оцінювання безпроводової сенсорної мережі є час життя мережі. Існує досить багато механізмів та протоколів, які б забезпечували економію енергії за рахунок зміни шляху маршрутизації, передачі трафікового навантаження на більш заряджені сенсори та ін. Проте на рівні сенсора такі задачі розглядались рідше, хоча і виявляється можливим оптимізувати роботу елемента.

Постає задача аналізу показників пакетного трафіку, який розповсюджується мережею. Проте вже на практиці доведено, що пакетний трафік має властивості самоподібності [1]. Графічне зображення кількості пакетів, що надходять до системи, від часу, показали, що при будь-якому часовому масштабуванні загальна картина не змінює свого вигляду. Тобто картина була однаковою при будь-якому масштабі (1мс, 1с, 1 год...). Це було справжнім відкриттям, оскільки раніше вважалось, що вхідний трафік був розподілений за Пуасоном.

На рівні одного сенсору систему можна представити як систему із певною кількістю пакетів, що надходять на обслуговування, та одним обслуговуючим пристроєм. Далі розглядатиметься броунівський рух в якості моделі вхідного потоку заявок та його обслуговування. Процес надходження та обслуговування заявок для простоти розуміння можливо розглядати як

броунівський рух частинки між двома границями. Траекторія руху частинки відповідатиме за кожну окрему реалізацію процесу.

Броунівський рух є марковським неперервним процесом, який описується рівнянням Фоккера-Планка-Колмогорова. Приведемо визначення неперервних марковських процесів $\lambda(t)$. У послідовні моменти часу візьмемо $t_0 < t_1 < \dots < t_{n-1} < t_n$ значення випадкового процесу $\lambda_0 = \lambda(t_0), \lambda_1 = \lambda(t_1), \dots, \lambda_n = \lambda(t_n)$.

Процес $\lambda(t)$ є марковським, якщо умовні щільності ймовірностей :

$$\pi_n(\lambda_n, t_n | \lambda_{n-1}, t_{n-1}; \dots; \lambda_1, t_1; \lambda_0, t_0) = P_{n+1}(\lambda_0, \dots, \lambda_n, t_0, \dots, t_n) / P_n(\lambda_0, \dots, \lambda_{n-1}, t_0, t_{n-1}) \quad (1)$$

залежать лише від останнього значення λ_{n-1} в момент часу t_{n-1} і не залежать від станів, що були раніше, тобто :

$$\pi_n(\lambda_n, t_n | \lambda_{n-1}, t_{n-1}; \dots; \lambda_1, t_1; \lambda_0, t_0) = \pi(\lambda_n, t_n | \lambda_{n-1}, t_{n-1}), n > 1 \quad (2)$$

Іншими словами, поведінка марковського процесу не залежить від минулого, якщо точно відомо його стан в поточний момент часу.

Рівняння (3) є рівнянням Фоккера-Планка-Колмогорова та власне і описує броунівський рух:

$$\frac{\partial}{\partial t} \pi(\lambda, t | \lambda_0, t_0) = - \frac{\partial}{\partial \lambda} [a(\lambda, t) \pi(\lambda, t | \lambda_0, t_0)] + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial \lambda^2} [b(\lambda, t | \lambda_0, t_0)] \quad (3)$$

Аби надати фізичного змісту досліджуваній задачі, розглянемо задачу досягнення границь одномірним марковським процесом.

Нехай безперервний одновимірний стаціонарний марківський процес $\lambda(t)$ в початковий момент часу $t=0$ має фіксоване значення $\lambda(0) = \lambda_0$, що знаходиться всередині інтервалу (c, d) тобто початкова щільність ймовірності є дельта-функцією:

$$P(\lambda, 0) = P_0(\lambda) = \delta(\lambda - \lambda_0), \lambda_0 \in (0, d) \quad (4)$$

Потрібно знайти ймовірність $P_{c,d}(t, \lambda_0)$ того, що випадковий процес, що має початкове значення λ_0 , протягом часу $t > 0$ досягне меж інтервалу (c, d) , тобто досягне або границі c , або границі d . Ці границі і являють собою межі буфера пам'яті сенсора. Про нульовій нижній границі та варійованій

верхній можливо розраховувати оптимальний об'єм буфера для певних характеристик трафіку. А користуючись формулами Літла, можливо обчислити як середню кількість пакетів у буфері, так і середній час обробки одного пакета.

Тобто подальша методика полягає у тому, що під час функціонування мережі проводиться аналіз показників вхідного трафіку (вираховується $\lambda \frac{\text{пакетів}}{c}$ та σ – коефіцієнт дифузії). В залежності від цих показників прогнозуються межі буфера пам'яті сенсора, що на 10-12% економить ресурс елемента (у порівнянні із системами, де властивості трафіку не враховуються). Математичні обрахунки показали, що найбільший вплив на показники системи має зміна значення σ .

Розглядається можливість на рівні сенсора записувати дані щодо отриманого трафіку та включати їх до вільних полів вже існуючих протоколів маршрутизації. Це дало б змогу постійно контролювати навантаження на мережі та дистанційно керувати пам'яттю та ресурсами сенсорного елемента.

Література

1. On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version) / Will E.Leland Murad S. Taqqu, Walter Willinger, Daniel V. Wilson // IEEE/ACM Trans. Netw.- 1994.- Vol.2, no.1.-P. 1-15.
2. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы.- М.: «Сов.радио», 1977.- 488 с.
3. On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version) / Will E.Leland Murad S. Taqqu, Walter Willinger, Daniel V. Wilson // IEEE/ACM Trans. Netw.- 1994.- Vol.2, no.1.-P. 1-15.
4. Johnson D., Maltz D. Dynamic source routing in ad hoc wireless networks // Mobile computing / Ed. by T. Imielinski, H. Korth. 1996. Vol. 353. P. 153-181.
5. Aslam J., Li Q., Rus D. Three power-aware routing algorithms for sensor networks // Wireless communications and mobile computing. 2003. Vol. 3, no.2.

ЛЕТАЮЩИЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ

Ханина Т.О., Петрова В.Н.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: 2bee2@i.ua

Flying sensor networks

A new direction of research in the field of ubiquitous sensor networks - flying sensor networks. Proposed architectural solutions for their creation, as well as the method of choice in terms of gathering information in the flying sensor networks.

В последние годы исследования в области ВСС постепенно переходят от изучения характеристик на плоскости к моделям в трехмерном пространстве [1, 2]. В статье предлагается новая область применения технологий ВСС — летающие сенсорные сети (ЛСС). При этом в качестве летающих узлов используются общедоступные беспилотные летающие аппараты типа Phantom. Это позволяет рассматривать такие сети как будущий элемент сетей связи общего пользования (ССОП), естественно, при наличии шлюза с ССОП.

Анализ исследований и публикаций. Прошло уже почти десять лет с того момента, как в журнале «Электросвязь» была опубликована первая статья по всепроникающим сенсорным сетям (ВСС) и их роли в развитии общества в целом [4]. За это время научной школой кафедры сетей связи СПбГУТ были проведены масштабные исследования в области определения характеристик трафика ВСС, разработки алгоритмов выбора головных узлов кластера, особенностей обеспечения сетевой безопасности в сенсорных сетях. С появлением концепции Интернета Вещей это направление получило дополнительный импульс в развитии, поскольку ВСС являются технологической основой реализации концепции Интернета Вещей.

Лаборатория Интернета Вещей. Открыта в СПбГУТ в декабре 2013 г. [3].

Основные задачи лаборатории:

- разработка Интернета Вещей, участие в стартап-проектах, демонстрация проектов инвесторам;
- проведение научных (теоретических и прикладных) исследований в области телекоммуникаций с широким участием магистров и аспирантов;
- организация регулярных профессиональных обсуждений исследовательских проектов и их результатов в формате семинаров (круглых столов);
- мониторинг тенденций развития зарубежной и отечественной науки в области телекоммуникаций;

- взаимодействие с российскими и зарубежными научными центрами, участие сотрудников вуза в научных конференциях, семинарах и симпозиумах, проводимых в России и за рубежом.

В составе лаборатории имеется оборудование для создания испытательных стендов по тестированию сенсорных сетей и систем локального позиционирования, подобран обширный перечень датчиков, исполнительных механизмов и устройств на базе открытых аппаратных платформ: Arduino Yun, Intel Galileo, RaspberryPi. В лаборатории развернут программно-аппаратный комплекс для моделирования и исследования свойств трафика в сетях приложений Интернета Вещей.

Из реализованных проектов можно отметить:

- Wake Up coffee — модуль и приложение, позволяющие дистанционно управлять чайником или кофеваркой со смартфона (включение/выключение, контроль уровня воды, расход электроэнергии, температура воды);

- The Pandject — модуль и приложение, организующие поиск потерянных вещей, оснащенных миниатюрным Bluetooth-модулем. На базе данного проекта была успешно реализована система локального позиционирования на базе технологии Bluetooth;

- Weathernet — миниатюрный программно-аппаратный комплекс, позволяющий получать прогноз погоды с высокой достоверностью;

- «Пожарник» — комплекс по мониторингу состояния здоровья сотрудников МЧС в момент выполнения служебных обязанностей;

- «Smart Models» — программно-аппаратный комплекс, с помощью которого можно собирать, обрабатывать и передавать данные в системы поддержки принятия решений для последующего анализа.

Как известно, для проведения аттестации и организации серийных испытаний беспроводных сенсорных сетей необходимо иметь комплекс методик тестирования.

Архитектурные решения для ЛСС. Поскольку ЛСС являются одним из видов ВСС, архитектурно они могут быть построены как одноранговые, так и иерархические (кластерные) сети. Кроме того, ЛСС включают, по крайней мере, два сегмента сети: наземный и летающий. Естественно, что каждый из них также может быть построен не только с иерархией, но и без нее.

Метод выбора точки сбора информации посредством БПЛА. Каждый из узлов наземного сегмента ЛСС можно рассматривать как источник трафика, содержащего информацию о событии, явлении, процессе и т. д. Некоторое пространственное распределение трафика образуют N таких узлов. Представляется целесообразным собирать информацию в точке, соответствующей максимальному значению трафика данного распределения. Для определения такой точки можно воспользоваться методикой, применяемой для оптимального распределения базовых станций в сетях сотовой связи [5, 6].

Интенсивность трафика наземного сегмента сети a является случайной величиной, характеризуемой функцией распределения плотности вероятности $f_a(x,y)$. Поскольку плотность размещения сенсорных узлов в наземном сегменте, как правило, достаточно велика, будем использовать непрерывную функцию распределения.

Интенсивность обслуженного БПЛА трафика a определяется интенсивностью трафика наземной сети и пропускной способностью БПЛА. Известно, что пропускная способность канала (полоса пропускания) является функцией расстояния между БПЛА и точкой наземного сегмента ЛСС. Если пропускная способность канала больше интенсивности $b_i > a_i$ трафика наземной сети, то функция распределения вероятности обслуженного трафика повторяет функцию распределения трафика наземного сегмента $f_a(x,y)=f_a(x,y)$. В этом случае математическое ожидание (максимальное значение) величины обслуженного трафика будет совпадать с математическим ожиданием интенсивности трафика наземного сегмента сети.

Полагая, что $a_i < b_i$, максимум пропускной способности будет иметь место в точке (x_0, y_0) , определяемой математическим ожиданием величины a .

Поскольку интенсивность трафика наземной сети задана непрерывной функцией $a(x, y)$ при условии, что $a(x,y) < b(x,y)$, то

$$x_0 = \frac{1}{B} \iint_S x f_a(x, y) dx dy \text{ (м)} \quad (1)$$

$$y_0 = \frac{1}{B} \iint_S y f_a(x, y) dx dy \text{ (м)} \quad (2)$$

где

$$B = \iint_S f_a(x, y) dx dy \left(\frac{\text{бит}}{с} \right) \quad (3)$$

Таким образом, можно оптимизировать положение точки сбора информации посредством БПЛА.

Литература

1. Abakumov P., Koucheryavy A. The Cluster Head Selection Algorithm in the 3D USN / Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT 2014. — Phoenix Park, Korea, 2014.
2. Attarzadeh N., Mehrani M. A New Thre Dimensinal Clustering Method for Wireless Sensor Networks // Global Journal of Computer Science and Technology. — April 2011. — Vol.11, issue 6, version 1.0.
3. www.iotlab.ru.
4. Кучерявый А. Е., Кучерявый Е. А. От е-России к и-России: тенденции развития электросвязи // Электросвязь. — 2005. — № 5.
5. Комашинский В. И., Парамонов А. И., Саид М. А.С. Особенности проектирования и управления когнитивными беспроводными сетями связи // Вестник связи. — 2012. — № 10. — С. 79–80.
6. Комашинский В. И., Парамонов А. И. Саид М. А.С. Особенности проектирования и управления когнитивными беспроводными сетями связи // Вестник связи. — 2012. — № 11. — С. 15– 17 (окончание).

МОДИФІКОВАНИЙ АЛГОРИТМ GABRIEL GRAPH - ПЛАНАРИЗАЦІЇ ДЛЯ ГЕОГРАФІЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ В MANET МЕРЕЖАХ

Цветков І.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: tsvetkoff@i.ua

Modified Gabriel Graph planarization algorithm for geographic routing in MANET networks

Most of modern geographic routing protocols use certain kind of network planarization algorithm to generate (and maintain) the network planar graph. The main and only purpose of such graph in geographic routing process is to implement face routing in the dead end situation (when transmitting node does not aware of any node closer to the destination than itself). This work is designed to provide a better algorithm of network planarization based on GG-planarization and check its behavior depending on various network parameters such as nodes transmission range rate (ratio of max range to min range) and average node degree in the network graph.

Більшість сучасних алгоритмів географічної маршрутизації використовують деякий метод для утворення (і підтримки в актуальному стані) планарного графу мережі. Такий граф мережі потрібен у випадку коли неможливо реалізувати просту географічну маршрутизацію. Приклад такої ситуації наведено на рис.1: серед сусідів вузла x немає такого вузла, що був би ближчим до вузла призначення D . В такому випадку необхідно застосовувати так званий face routing (обхід по периметру графа мережі за годинниковою стрілкою до того моменту поки один з наступних вузлів не буде ближчим до вузла D ніж вузол x). Обхід по периметру не планарного графа мережі може спричинити зациклювання при маршрутизації (loops), а от обхід по периметру планарного графу гарантовано [1] призведе до досягнення бажаної точки, та, у випадку якщо в графі мережі між точками x та D є з'єднання, шлях буде знайдено і маршрутизація буде успішною. В базовому протоколі географічної маршрутизації GPSR використовується GG-планаризація.

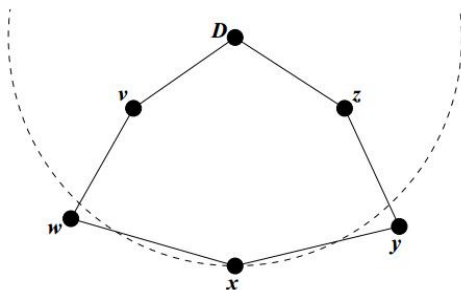


Рис. 1 Приклад ситуації, коли неможлива проста географічна маршрутизація

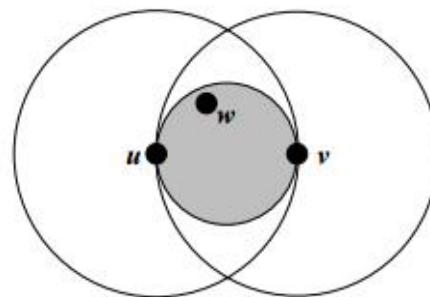


Рис. 2 Схема GG-планаризації

Схема її роботи (рис.2) полягає у наступному: якщо в початковому графі мережі між вузлами u та v є зв'язок, але в межах, означених сірим кольором, вузол u має хоча б одного сусіда w , то ребро uv виключається з

результуючого планарного графу. Якщо за даним алгоритмом кожен з вузлів виключить певну кількість ребер графу мережі, утвориться планарний граф.

У вигляді програмного коду даний алгоритм для точки u можна представити таким чином (де N_u — набір сусідів точки u , m — середина uv):

```
for all  $v \in N_u$  do
  for all  $w \in N_u$  do
    if  $w == v$  then continue
    else if  $d(m;w) < d(u;m)$ 
      видалити ребро  $(u;v)$ 
      break
```

В більш пізніх дослідженнях[2] показано, що такий алгоритм можна застосувати лише для графу близького до графу

одиничних кіл (unit disk graph). На практиці це означає, що вузли в MANET мережі описаній таким графом повинні мати рівні дальності зв'язку і до того ж між вузлами не може бути завад (що для реальних систем є неможливим). На рис.3 показано приклад коли планаризація за описаним вище алгоритмом призводить до розбиття графу мережі на 2 незв'язних графи, таким чином унеможливаючи процес маршрутизації.

В цьому прикладі географічна маршрутизація від вузла S до вузла D буде відбуватись в декілька етапів: до вузла w сигнал дійде за допомогою простого greedy forwarding (ретрансляції до сусіднього вузла, найближчого до D), але потім, оскільки від вузла w немає можливості ретранслювати ближче до вузла D , «включиться» face routing на планарному графі мережі. А оскільки за алгоритмом GG маршрутизації ребро uv повинно бути виключено з планарного графу, сигнал ніколи не дістанеться вузла D .

Цікавим є також той факт, що при маршрутизації від D до S на рис.3 вузол v реалізуючи власну частину алгоритму планаризації не виключить ребро vu з планарного графу мережі (або, правильніше сказати, з власного уявлення про частину планарного графу мережі), оскільки для нього в виділеній сірим області немає інших сусідів окрім вузла u .

Пропонований алгоритм покликаний виправити недоліки GG-планаризації. До набору кроків, що виконує кожен з вузлів для отримання частини планарного графу мережі пропонується додати один крок:

```
for all  $v \in N_u$  do
  for all  $w \in N_u$  do
    if  $w == v$  then continue
    else if  $d(m;w) < d(u;m)$  and
      ( $w$  found the crossing)
      видалити ребро  $(u;v)$ 
      break
```

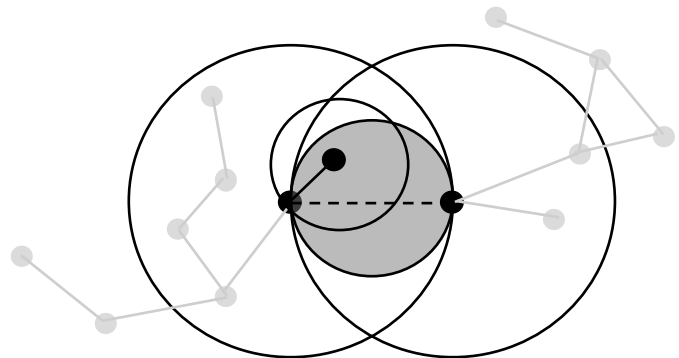


Рис. 3 Приклад утворення невідлого планарного графу за допомогою алгоритму GG-планаризації

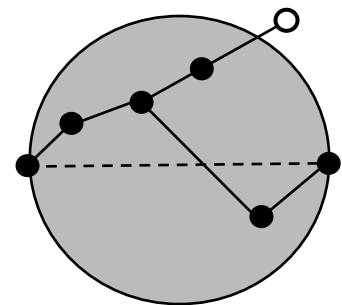


Рис. 4 Схема роботи модифікованого алгоритму GG-планаризації

В запропонованому алгоритмі вузол u , знайшовши серед своїх сусідів вузол w , виключає ребро uw з планарного графу мережі лише тоді, коли отримає від вузла w підтвердження, що знайдено хоча б один перетин з лінією uw в рамках виділеної сірим області (рис.4). Таким чином, ребра які є критичними для збереження зв'язності планарного графу мережі, залишаються в ньому.

Для перевірки роботи даного алгоритму було створено імітаційну модель в якій 1000 вузлів випадковим чином розміщуються на ділянці 1000×1000 м, при чому кожен вузол «знає» власне місцезнаходження і місцезнаходження своїх сусідів[3]. Результати імітаційного моделювання для GG-планаризації і модифікованої GG-планаризації наведено в таблиці 1.

Досліджувалася залежність середньої степені вершини в планарному графі мережі від:

- відношення максимальної можливої дальності зв'язку в мережі до мінімальної можливої;
- показника середньої степені вершини вихідного графа мережі.

Таблиця 1. Результати імітаційного моделювання

R_{max}/R_{min}	Вихідний граф, середня степені вершини		GG-планаризація, середня степені вершини		Модифікована GG-планаризація, середня степені вершини	
150/50	21,67	100%	3,767	17,38%	4,029	18,59%
125/50	17,426	100%	3,701	21,24%	4,019	23,06%
100/50	13,170	100%	3,737	28,38%	4,132	31,37%
100/40	10,582	100%	3,461	32,71%	4,061	38,38%
100/30	9,660	100%	3,314	34,31%	3,971	41,11%
100/20	7,258	100%	2,910	40,09%	3,718	51,23%
100/10	6,004	100%	2,578	42,94%	3,318	55,26%
100/0	4,924	100%	2,285	46,41%	2,956	60,03%
80/50	10,880	100%	3,582	32,92%	4,087	37,56%
70/50	9,366	100%	3,513	37,51%	4,100	43,78%
60/50	8,378	100%	3,497	41,74%	4,128	49,27%
50/50	7,642	100%	3,346	43,78%	3,995	52,28%
40/40	4,782	100%	2,772	57,97%	3,399	71,08%

Результати моделювання свідчать про те, що запропонований алгоритм забезпечує кращу зв'язність результуючого планарного графу (в усіх експериментах), а отже і забезпечує вищу вірогідність доставки повідомлення в мережі.

Література

1. KARP, B., AND KUNG, H. T. GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks. In Proc. ACM/IEEE MobiCom (Boston, Mass., USA, Aug. 2000).
2. Kim, Y-J; Govindan, R; Karp, B; Shenker, S; (2006) Lazy Cross-Link Removal for Geographic Routing. In: SenSys '06: Proceedings of the 4th international conference on embedded networked sensor systems. (pp. 112 - 124).
3. [Електронний ресурс] <http://itsve.tk/off/pt2015>.

АЛГОРИТМИ ДОСТАВКИ ДАНИХ, ОБМЕЖЕНОГО ОЧІКУВАННЯ І АГРЕГУВАННЯ

Воловик В.А., Афанасьєва Л.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: veravolovik@gmail.com

Algorithms for data delivery, with limited waiting and aggregation

The decision of selecting suitable routing algorithm based on the parameters analysis of the sensor network. Showed modified routing algorithm in the case of network nodes failure. Described the effectiveness of packets aggregation.

Пересилання звичайних даних у вузол-координатор відрізняється від інших лавинних розсилок, в яких інформація відправляється до всіх сусідів. Для пересилання інформації у координатор вузол повинен обрати один шлюз («вузол-асистент»), для чого використовується інформація з таблиць маршрутизації.

Можливі різноманітні підходи до використання маршрутних таблиць.

1. Пряме використання таблиці.

Переглядається таблиця по першій метриці, обирається той вузол, зв'язок з яким активний, і який має найменшу метрику. Цей вузол стає шлюзом, і одразу відбувається передача пакету даних. Однак, трапляється, що обраний вузол є не найкращим варіантом, і тоді можливі значні затримки. Якщо в даний момент немає ні одного активного шлюза, то обирається вузол з першого рядка і генерується завдання на очікування установки зв'язку з ним. При цьому час актуальності завдання не встановлюється.

2. Використання першого рядка

В якості отримувача завжди використовується той вузол, який має найменшу метрику. Якщо зв'язок з ним не може бути встановлений, то генерується завдання на очікування.

3. Використання k перших рядків.

Узагальнення 1-го та 2-го підходу. При розмірі таблиці k – маємо 1-ий випадок, при k рівному одиниці – випадок 2. Вибір k є окремою задачею, в загальному випадку k являється деякою функцією від усіх метрик в таблиці.

4. Загальне використання таблиць.

Використання першого рядка таблиці по першій метриці і першого рядка по другій метриці, причому найбільш прийнятним є другий варіант.

Алгоритм 1. Алгоритм ймовірнісної маршрутизації

1. Доступ до таблиці. Необхідно обрати з таблиці рядок з найменшою метрикою.
2. Перевірка зв'язку. Вузол володіє інформацією про активність зв'язку (система оповіщень). Якщо зв'язок вважається активним, то можлива додаткова перевірка активності зв'язку.
3. Можливість передачі. Якщо зв'язок вважається активним, то необхідно розпочати негайну передачу пакету.
4. Зв'язок неактивний. Додати завдання на очікування встановлення

зв'язку зі шлюзом. Час актуальності цього завдання не виставляється.

Найголовнішою особливістю доставки даних в вузол-координатор являється його повільний характер. Алгоритм 1 враховує наявність затримок в передачі, пов'язаних з часом очікування активності зв'язку.

Модифікований алгоритм ймовірнісної маршрутизації для роботи в мережі з вузлами, які можуть виходити з ладу запропонований нижче.

В разі можливості постійного виходу з ладу частини вузлів мережі необхідно змінити алгоритм маршрутизації відповідно до цих умов.

1. Встановлення завдання на очікування. При встановленні завдання виставляється час актуальності, розрахований за формулою.
2. Процедура завершення. При втраті актуальності викликається процедура завершення, яка має відреагувати на поточну ситуацію в мережі, і перенаправити пакет даних на інший шлюз.
3. Необхідність відслідковування циклів. Необхідно уникати можливих зациклювань пакетів, які часто виникають при використанні методу множинних маршрутів.

Отриманий алгоритм 2 ймовірнісної маршрутизації з обмеженням на очікування.

1. Доступ до таблиці. Обрання рядку з маршрутної таблиці з мінімальною метрикою та такого, що містить допустимий шлюз. Допустимим вважається шлюз, на який немає посилань в списку відісланих пакетів. Це необхідно для запобігання виникнення циклів: якщо відомо, що даний пакет вже надсилався якомусь з шлюзів, то повторне надсилання буде означати цикл. Якщо немає жодного допустимого шлюза, то необхідно видалити зі списку надісланих пакетів всі рядки з посиланням на даний пакет, і повторити Алгоритм 2. Так як топологія мережі динамічна, то є вірогідність того, що ситуація в околі вузла змінилась і можлива нормальна доставка пакету.

2. Перевірка зв'язку. Вузол володіє інформацією про активність зв'язку (система оповіщень). Якщо зв'язок вважається активним, то можлива додаткова перевірка активності зв'язку (через додатковий запит).

3. Можливість передачі. Якщо зв'язок вважається активним, то треба почати негайну передачу пакету.

4. Зв'язок неактивний. Додати завдання на очікування встановлення зв'язку з поточним шлюзом. Час актуальності виставити відповідно до формули.

5. Успіх очікування. У випадку, коли умова виконання завдання стала виконується до завершення часу актуальності, передати пакет шлюзу.

6. Спрацювання процедури завершення завдання. У випадку, коли час актуальності завдання вичерпаний і умова виконання не стала істинною, необхідно вважати поточний шлюз недопустимим. Для цього треба модифікувати таблицю, видаливши поточний рядок з таблиці маршрутизації (а) або модифікувати список S , вносячи у відповідний список S_j запис (б). Цей запис забороняє посилку пакета поточному шлюзу.

Далі треба повторити Алгоритм 2. При повторі поточний шлюз не буде вибраний знову, так як інформація про нього видалена (а) або він вважається недопустимим (б). Варіант (а) очікує більшу степінь впевненості вузла в тому, що шлюз назавжди вийшов з ладу і інформацію про нього можна видаляти

(застосовується при малих $p_{кр}$).

Агрегування даних. Агрегування представляє собою деяку умову, за якою з всіх пакетів, що надійшли і накопичилися в буфері, для пересилки обирається лише частина. Агрегування необхідно для того, щоб групувати пакети в більші пакети і пересилати всю групу одразу.

Можливі наступні прямі підходи до агрегування:

- 1) Вводиться параметр N , вузол очікує, поки надійде N пакетів, потім відсилає цю групу і знову очікує надходження N пакетів.
- 2) Вводиться параметр T (T може змінюватись, і може бути часом наступного перемикавання), при наступленні часу T вузол надсилає всю інформацію.

Ці два підходи ніяк не враховують поведінку вузлів в мережі, тому іноді застосування прямих методів приносить негативні результати. Інша ймовірнісна метрика дозволяє ввести певні умови на агрегування. Метрика в першому рядку таблиці, заснована на другій метриці, представляє собою середній час доставки пакету з даного вузла в координатор.

Запропонована наступна процедура агрегування.

Алгоритм 3. Агрегування пакетів

1. Ініціювання. Покласти N рівним поточному часу, покласти D рівним метриці першого рядка другої таблиці.
2. При генерації будь-якого пакета:
 - 2.1. в поле «час генерації» записати N (поточний системний час);
 - 2.2. в поле «очікуваний час доставки» записати D .
3. Перевірка. При перевірці пакетів на можливість пересилання:
 - 3.1. прийняти поле «час генерації» пакету рівним S ;
 - 3.2. в поле «очікуваний час доставки» пакету записати L ;
 - 3.3. якщо $N - S + D \geq L$, то додати пакет в групу пересилки.
4. Передача. Якщо група пересилки не пуста, то відправити її, використовуючи загальний механізм передачі, при цьому в поле «очікуваний час доставки» записати D .

Загальний принцип даної процедури агрегування полягає в тому, щоб відправляти тільки ті пакети, які не можуть більше чекати. Таким чином, при пересиланні вузол орієнтується на власну інформацію про мережу (очікуваний час доставки), що в цілому забезпечує хороший результат.

Програмно агрегування реалізується з використанням функцій зворотнього виклику. Умови пересилання за виключенням факта встановлення зв'язку з отримувачем також потребує виконання умови $N - S + D \geq L$.

Пакети, які задовольняють умови пересилання, групуються і надсилаються пакетом-групою за допомогою раніше розглянутих алгоритмів маршрутизації звичайних даних.

Література

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. Звягин, М.Ю. Алгоритмы сбора информации, маршрутизации и агрегации в мобильных сетях/ М.Ю.Звягин, Д.С.Милованов, В.Г.Прокошев/ /Тр. Междунар. Форума по проблемам науки, техники и образования.-М., 2007.Т.2.С.91-93.ISBN 978-5-93411-045-2.

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕГРАЦІЇ ДАНИХ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ СВІДЧЕНЬ

Зайцев О.В.

Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка

E-mail: a_v_zaitsev@ukr.net

Mathematical maintenance of data integration in sensor network based on the theory of evidence

Proposed mathematical maintenance of data integration from different sensors in network based on evidence theory Dempster - Shafer. The theory of Dempster - Shafer is quite a powerful tool for modeling uncertainty and inaccuracy of information received from sensors and allows to obtain quantitative estimates and consider an indicator such as the reliability of each of the sensors involved.

Задачі визначення станів складних та територіально-розподілених об'єктів, з використанням сенсорних мереж (СМ) характеризуються тим, що необхідно інтегрувати інформацію отриману з різних датчиків, яка при цьому може бути неточною та неповною [1,2]. Одним з математичних інструментів для розв'язання таких задач і для моделювання й оброблення неточних (інтервальних) оцінок, вимірювань або спостережень є теорія Демпстера - Шейфера, яка також називається математичною теорією свідчень [3,4].

Аналіз відомого математичного апарату свідчить про наступне [5,6]. Методи теорії ймовірностей не дають можливості вирішити задачу з таких причин: події та факти про об'єкт не завжди відповідають вимогам до обсягів статистичних даних та вибірок, статистичні методи не дозволяють обробляти незнання, постають труднощі з обробленням даних від пов'язаних між собою сенсорів. Методи теорії нечітких множин не дозволяють вирішити таку задачу з причини наявності суб'єктивного фактора уразі використання функції приналежності, що потребує експертних оцінок. Методи теорії свідчень Демпстера -Шейфера є узагальненням статистичної теорії і позбавлені зазначених вище недоліків.

Таким чином метою дослідження є розроблення математичного забезпечення для інтеграції інформації від різних сенсорів на основі теорії свідчень Демпстера-Шейфера.

Теорія Демпстера-Шейфера використовує математичні об'єкти, названі "функціями довіри". Нехай Ω – деяка множина, яка в теорії свідчень називається універсальною множиною. Припустимо, що N спостережень або вимірювань елемента $\omega \in \Omega$ було отримано як інформацію про об'єкт, що підтверджує значення з Ω . При цьому передбачається, що результат вимірювань або спостережень є неточним, тобто являє собою деякий інтервал (підмножину) A значень Ω . Нехай C_i означає кількість спостережуваних підмножин $A_i \subseteq \Omega$, а $P_0(\Omega)$ множина всіх підмножин Ω . Частотна функція m , названа базовою ймовірністю, визначається як

$$\begin{aligned}
m: P_0(\Omega) &\rightarrow [0, 1], \\
m(\emptyset) &= 0, \\
\sum_{A \in P_0(\Omega)} m(A) &= 1
\end{aligned} \tag{1}$$

Базова ймовірність може бути отримана як $m(A_i) = c_i / N$. Якщо $m(A_i) > 0$, то A_i називають фокальним елементом. Функція довіри позначається $Bel(A)$, функція правдоподібності позначається як $Pl(A)$ і для події $A \subseteq P_0(\Omega)$ визначаються як

$$Bel(A) = \sum_{A_i: A_i \subseteq A} m(A_i), Pl(A) = \sum_{A_i: A_i \cap A \neq \emptyset} m(A_i). \tag{2}$$

Інформацію у вигляді наборів фокальних елементів з їхніми базовими ймовірностями можна отримати з різних сенсорів (джерел). Ці джерела дають різні дані про один і той самий об'єкт або явище, але є незалежними. Для комбінування даних, отриманих з незалежних джерел, використовують ряд правил.

Припустимо, що є два джерела даних. Перше джерело дає N_1 спостережень (свідчень) $A_i^{(1)} \subseteq \Omega, i = 1, \dots, n_1$, і c_1 - кількість спостережуваних множин A_1 . Друге джерело дає N_2 спостережень $A_i^{(2)} \subseteq \Omega, i = 1, \dots, n_2$, і c_2 - кількість спостережуваних множин A_2 .

Правило інтеграції Демпстера ґрунтується на припущенні, що джерела даних абсолютно незалежні. Позначимо базові ймовірності фокальних елементів, отриманих з першого й другого джерел, у такий спосіб: $m_1(A_i^{(1)}) = c_i^{(1)} / N_1$, $m_2(A_i^{(2)}) = c_i^{(2)} / N_2$.

Тоді інтегральна базова ймовірність обчислюється за формулою

$$m_{12}(A) = \frac{1}{1 - K} \sum_{A_i^{(1)} \cap A_j^{(2)} = A} m_1(A_i^{(1)}) m_2(A_j^{(2)}), \tag{3}$$

$$\text{де } K = \sum_{A_i^{(1)} \cap A_j^{(2)} = \emptyset} m_1(A_i^{(1)}) m_2(A_j^{(2)}) \text{ й } m_{12}(\emptyset) = 0. \tag{4}$$

Правило інтегрування Демпстера припускає абсолютну надійність джерел інформації. Однак існує завжди сумнів, що джерела абсолютно надійні. Для того щоб врахувати надійність джерел, пропонується використовувати дисконтування базових ймовірностей деяким коефіцієнтом $\alpha \in [0, 1]$, що характеризує надійність джерела, тобто множення базової ймовірності на α . У результаті для кожного фокального елемента A одержуємо нові базові ймовірності $m^\alpha(A) = (1 - \alpha)m(A)$.

Щоб виконати умову нормування базових ймовірностей (сума базових ймовірностей усіх фокальних елементів дорівнює одиниці), при дисконтуванні додається базова ймовірність усієї множини Ω , тобто $m^\alpha(\Omega) = \alpha + (1 - \alpha)m(\Omega)$.

Теорія Демпстера-Шейфера є досить потужним інструментом для моделювання неточності й невизначеності інформації. На основі цієї теорії можна моделювати повну відсутність вихідної інформації. Функції довіри й

правдоподібності деякої події можна розглядати як верхню й нижню границі ймовірності цієї події. З цього погляду теорія Демпстера-Шейфера не є альтернативною теорією ймовірностей, а доповнює й узагальнює її.

Розглянемо випадок неточних або інтервальних спостережень (експертних оцінок станів об'єкта) в задачі прийняття рішення. Нехай є кількість c_i інтервальних оцінок $A_i \subseteq \Omega, i=1, \dots, M$. При цьому $\sum_{k=1}^M c_k = N$. Також J_i – множина індексів станів об'єкта, де $A_i = \{\omega_j : j \in J_i\}$.

Оскільки точний розподіл ймовірностей станів об'єкта невідомо, то очевидно, що тільки інтервал може бути отриманий на основі наявної інформації. При цьому, якщо відомі базові ймовірності $m_1(A_i) = c_i / N$ відповідних інтервалів $A_i, i=1, \dots, M$, то нижню й верхню границі математичного очікування функції корисності (очікуваної корисності) у разі використання чистої стратегії можна знайти з виразів:

$$\underline{Eu}_r = \sum_{A_k \subseteq \Omega} \min_{i: \omega_i \in \emptyset} u_{ri} \cdot m(A_i) = \frac{1}{N} \sum_{A_k \subseteq \Omega} \min_{i: \omega_i \in \emptyset} u_{ri} \cdot c_i, \quad (5)$$

$$\overline{Eu}_r = \sum_{A_k \subseteq \Omega} \max_{i: \omega_i \in \emptyset} u_{ri} \cdot m(A_i) = \frac{1}{N} \sum_{A_k \subseteq \Omega} \max_{i: \omega_i \in \emptyset} u_{ri} \cdot c_i. \quad (6)$$

Таким чином, для кожної альтернативи обчислюють нижню і верхню границю очікуваної корисності. Далі розв'язок задачі зводиться до порівняння інтервалів $[\underline{Eu}_r, \overline{Eu}_r]$.

Висновки. Запропоновано математичне забезпечення інтеграції даних сенсорної мережі, в основу якої покладено теорію свідчень Демпстера - Шейфера. Технологія дозволяє доволі просто інтегрувати дані від різних джерел і отримувати кількісні оцінки. Такі оцінки можуть бути як точковими, так і інтервальними (з обчисленням границь існування величини довіри або правдоподібності оцінки). Підвищенню достовірності оцінок сприяє також те, що при проведенні розрахунків враховується такий показник, як надійність кожного із задіяних джерел даних.

Литература

1. Кучерявый Е. А. Принципы построения сенсоров и беспроводных сенсорных сетей / Е. А. Кучерявый, С. А. Молчан, В. В. Кондратьев // Электросвязь. – 2006. – № 6. – С. 46-54.
2. K. Martinez. Environmental Sensor Networks/ K. Martinez, J. K. Hart, R. Ong // Computer. – 2004. – №37(8). – P. 50-56.
3. Shafer G. A mathematical theory of evidence / G. Shafer - Princeton: Princeton University Press, 1976. - 297 p.
4. Beynon M.J. The Dempster-Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modeling / M.J. Beynon, B.Curry, P.Morgan // Omega. - 2000. - Vol. 28. No 1. - P. 37-50.
5. Уткин Л.В. Анализ риска и принятие решений при неполной информации. – СПб. : Наука, 2007. – 404 с.
6. Пытьев Ю.П. Возможность как альтернатива вероятности. Математические и эмпирические основы, применение. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 464 с.

ACCURACY IMPROVEMENT OF LOCATION-BASED DECISIONS FOR DETECTION OF CLOSELY MOVING OBJECTS

Kashuba S.V., Lysenko O.I.

*Institute of Telecommunication Systems,
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
E-mail: kashubasv@gmail.com*

Підвищення точності виявлення близько розташованих рухомих об'єктів

Служби, що використовують інформацію про взаємне розташування рухомих об'єктів в оточуючому середовищі, є прикладом високої інтеграції між телекомунікаційними та обчислювальними системами. Оперативне виявлення фактів близького розташування рухомих пристроїв вимагає визначення та передачі позиції з певною періодичністю. Метод оцінки можливого положення між рознесеними в часі вимірами позицій дозволяє збільшити інтервал надсилення координат об'єктів або підвищити точність прийняття рішень.

Location-based services (LBS) are an example of high integration between mobile communication systems and information technology domain. These services are aimed to use location information (spatial position) of mobile devices and additional knowledge about environment to provide special applications to customers. There are three main domains of use for LBS: military and government industries, emergency services, and the commercial sector [1]. Location oriented technologies have perspective use area in context of personal devices progress and ubiquitous interactive applications. Also Internet of Things concept and vehicle automatic control researches introduces another niche for LBS where positioning information originated and consumed by automatic devices.

Moving devices frequently use global positioning system (GPS) modules to define current coordinates. Less precise position data also can be defined from mobile network base station signals or wireless hot-spots. Many navigation applications effectively use this information. But the core concept of LBS systems are transmission of position information to data center or another mobile device and its processing in near real-time way to make application specific decisions.

Survey of different sources shows plenty of possible use cases of LBS such as person/vehicle tracking, emergency services, local advertisement, fleet management or points of interest advisory. These applications have corresponding mathematical problems such as:

- find all objects within defined shape;
- find object closest to position or another object;
- where will be objects after time T (with some probability);
- detect if two objects become closer than defined distance;

One of the current problems in LBS is accuracy estimation and improvement. There are two main reasons of position inaccuracy. First is precision limit of device locality information. It can vary from 3-5 meters for GPS receiver, to hundreds meters in urban areas and only up to 3-kilometer accuracy in rural

areas with so-called Cell-ID technology [1]. Second is positioning data outdated.

In order to make certain decisions depend on the movement of an object, we would have to know the position at all times, i.e., on a continuous basis. However GPS and telecommunications technologies only allows us to sample an object's position, i.e., to obtain the position at discrete instances of time such as every few seconds. Also it means that devices have to continuously send updates of their position via a wireless communication link. Frequent updating may be expensive in terms of internet traffic cost, battery usage and performance overhead. Alternatively, if position updates are infrequent, then the answer to position queries is outdated, i.e. imprecise; this in turn may involve a penalty cost in terms of incorrect decision-making [2]. Position uncertainty depends both on update period and maximum object speed.

Let consider one of the possible LBS scenario. Two moving objects with maximum speed v_{m1} and v_{m2} periodically send current location coordinates (position samples). Service has to detect if these two objects can be on distance less than defined threshold D . For sake of simplicity we will not consider any error connected to the position and time of measurements. This assumption can be justified when GPS is used as a measuring device application position information accuracy requirements are weak comparing with GPS precision.

The most naive solution of this problem is to measure geometrical distance between last position samples of tracked objects. Such approach can be adopted in systems where decision accuracy is not critical and computation performance is a limitation factor (e. g. friend finder application example from [1]). However such decision making mechanism is not sufficient in case of more strict requirements and fast moving objects. Fig.1a depicts example of false negative decision with this simple approach. Dashed lines represent real traces of two moving objects, dots $P_{Object}(t_i)$ are position samples in time points t_i . As we can see measured distance d_2 can be much bigger than real distance between objects at some intermediate point of time $t_1 < t_x < t_2$. Quality of result can be improved with more frequent position samples, but in practice it is restricted by communication limitations denoted above.

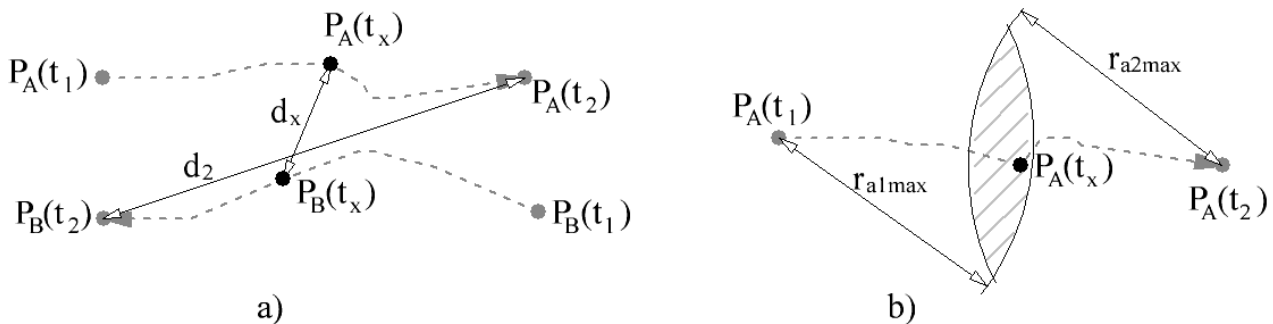


Fig.1 Difference of distance between real objects and position samples (a); possible position estimation using maximum velocity (b)

It is possible to limit the area of possible location at certain time moment even if we do not measure the positions in-between two consecutive sampling

points. Such method is used in [3] to solve problem of the form “find the moving-object that were inside query rectangle A at some time between times of position samples B and C with a probability of at least Q”. Maximum velocity of object is used to define spatial circle with center in first sample in which object can be after time period $\tau = t_x - t_1$. Intersection with another circle drawn from second sample point gives area (shaded shape on fig.1b) of object possible position at t_x .

We can apply this method to considered problem with two moving objects from fig.1a. Service which task is to detect facts of close moved objects periodically calculates possible areas of each object using technic described in previous paragraph and makes estimation of distance between them.

It is possible to make two claims about mutual position of objects based on possible location areas at intermediate time moment (fig.2):

1) real distance is guaranteed to be less than D if:

$$\forall P'_A \in S_A, \forall P'_B \in S_B \Rightarrow d(P'_A, P'_B) < D \quad (1)$$

where $d(P'_A, P'_B)$ is function of distance calculation between possible location points of two objects, S_A, S_B are areas of possible objects location;

2) real distance is guaranteed to be greater than D if:

$$\forall P'_A \in S_A, \forall P'_B \in S_B \Rightarrow d(P'_A, P'_B) > D \quad (2)$$

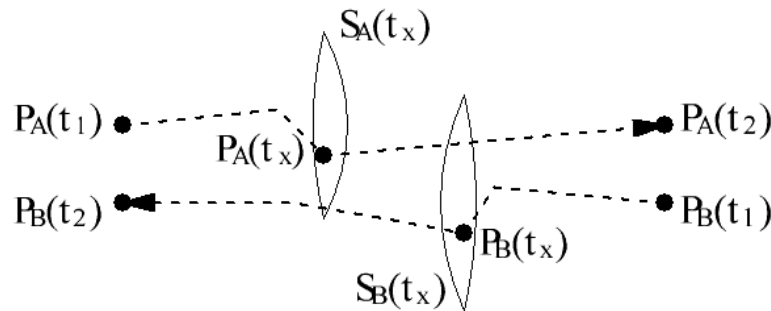


Fig.2 Illustration of possible location areas for two moving objects

Detection of closely moved objects with (1) and (2) can be performed only in discrete points of bordering circles according to required accuracy.

This method of distance estimation between two moving object can be used to reduce ratio of position data sampling or to improve accuracy of decisions such as detection of closely moved tracked vehicles or persons. One drawback of such approach is observed if speed of objects is low or equal to zero. In such cases possible location area between samples is very large compared to real object movement. The future work considers reducing impact of this issue.

References

1. J. Schiller, A. Voisard Location-Based Services. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems / Elsevier Science – 2004, 255 p. (ISBN: 9780080491721, in San Francisco).
2. O. Wolfson, S. Chamberlain, S. Dao, L. Jiang, G Mendez Cost and imprecision in modeling the position of moving objects / Data Engineering, 1998. Proceedings, pp 588-596.
3. Dieter Pfoser, Christian S. Jensen Capturing the Uncertainty of Moving-Object Representations / Advances in Spatial Databases Lecture Notes in Computer Science Volume 1651, 1999, pp 111-131.

МЕТОДИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ В БЕСПРОВІДНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Мишко М.С., Валуйський С.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: muxas.93@mail.ru

A Positioning Method in Wireless Sensor Networks

The article presents a review of studies of mechanisms of positioning sensors in wireless sensor networks. Considered in the report range of methods allow to judge the accuracy and efficiency of positioning tasks in sensor networks .

Беспровідні сенсорні мережі (wireless sensor networks) – це розподілені мережі, які здатні до самоорганізації і складаються з мініатюрних обчислювально - комунікаційних пристроїв – мотів (від англ. motes – порошинки), або сенсорів. Великий інтерес до вивчення таких систем обумовлений широкими можливостями застосування сенсорних мереж.

Беспровідні сенсорні мережі, зокрема, можуть використовуватися для прогнозування відмови устаткування в аерокосмічних системах і автоматизації будівель. Через свою здатність до самоорганізації, автономність і високу відмовостійкість такі мережі активно застосовуються в системах безпеки. Але найбільше поширення беспровідні сенсорні мережі отримали в області моніторингу довкілля і живих істот.

Часто при використанні беспровідних мереж, виникає завдання – визначити фізичні координати розташування пристроїв мережі. Прив'язка даних, зібраних всією системою до географічних координат потрібна для відображення зібраної інформації на карті і подальшого аналізу. Крім того, така мережа, на відміну від традиційних радіомереж, за наявності вбудованої підсистеми позиціонування окремих об'єктів може бути розгорнута практично де завгодно з мінімальними витратами.

Декомпозиція завдання локалізації вузлів веде до двох проблем: перша пов'язана із заданням системи координат, друга – проблема обчислення відстані між вузлами.

Система координат може бути глобальною (наприклад, якщо джерелом еталонних координат є пристрій, обладнаний GPS). Система координат може бути і відносною, у разі, коли вузли використовують деякі умовні координати.

Сигнальні вузли. Так звані сигнальні вузли використовуються для локалізації мережі в глобальних координатах. Для цього сигнальним вузлам апріорі задані фізичні координати, або вони обладнуються модулями GPS. Для виконання процедури локалізації на площині потрібно мінімум три неколінеарні сигнальні вузли (тобто ті, що не лежать на паралельних прямих) і як мінімум чотири некомпланарні (що лежать на попарно непаралельних площинах) вузли для локалізації в тривимірному просторі[3].

Існуючі алгоритми різними способами використовують сигнальні вузли. Одні алгоритми локалізують вузли у відносній системі координат, потім використовують декілька сигнальних вузлів для перетворення відносних координат в глобальні. Інші використовують сигнальні вузли для безпосереднього обчислення глобальних координат вузлів.

Існує два методи обчислення дистанції на основі радіосигналу. Перший оснований на обчисленні числа стрибків, другий на вимірі сили сигналу.

Методи, основані на аналізі сили сигналу. У теорії енергія радіосигналу убиває пропорційно кореню квадратному з відстані до джерела випромінювання, що робить можливим оцінити відстань на основі наявної інформації про силу сигналу. Недоліками такого підходу є висока обумовленість точності обчислення координат середовищем поширення сигналу : деякі об'єкти можуть поглинати, відбивати або вносити спотворення у форму сигналу. Тому такий підхід не отримав поширення.

Методи, основані на аналізі топології мережі (підрахунок стрибків). У основі методу підрахунку стрибків лежить наступне принципове міркування: якщо будь-які два вузли знаходяться в зоні прямої видимості один одного (тобто можуть вести обмін за допомогою радіопередачі), то дистанція між ними з високою вірогідністю менше ніж R , де R – максимальна дальність передачі радіо[2]. Таким чином, звичайні відомості про маршрути прямування пакетів можуть служити інформацією для виконання процедури локалізації.

Методи, основані на аналізі різниці часу реєстрації сигналу. Існують підходи, де обчислення координат здійснюється з використанням додаткового устаткування (наприклад, різних акустичних приладів). При такому підході досягається велика точність, проте ускладнення устаткування вузлів веде до збільшення сумарної вартості, а також зниження автономного часу роботи вузлів.

У алгоритмах, основаних на оцінці різниці часу приходу сигналу, вузли обладнані динаміком і мікрофоном. У деяких системах застосовується ультразвукове устаткування.

До недоліків таких систем слід віднести додаткове устаткування, необхідне для роботи з аудіо сигналами. А також необхідність калібрування, оскільки мікрофони і динаміки не мають еквівалентних передавальних характеристик[5]. Окрім цього, швидкість поширення звуку в повітрі залежить від температури і вологості, що може вплинути на погіршення процедури локалізації. Окрім цього вузли не завжди знаходяться в зоні прямої видимості.

Методи, основані на аналізі інформації про кути прийому сигналів. Цифрові компаси. Деякі алгоритми для обчислення координат використовують інформацію про кути приходу сигналів. Така інформація зазвичай збирається за допомогою мікрофонів . Таку інформацію також можна отримати, використовуючи оптичні методи зв'язку.

У таких методах декілька (3-4) рознесених мікрофонів уловлюють один і той же сигнал. Аналізуючи фазу або різницю приходу сигналу в різних мікрофонах, можна визначити кут приходу сигналу.

Подібні методи дають точність близьку до декількох градусів[4]. Проте устаткування, необхідне для обчислення кута сигналу, набагато складніше і дорожче, ніж устаткування, необхідне для аналізу різниці часу приходу сигналу, оскільки кожен вузол повинен мати один динамік і декілька мікрофонів. Окрім цього, для здійснення пеленгації, мікрофони мають бути рознесені, що впливає на розмір пристроїв.

Іноді в комплект устаткування входить цифровий компас. Цифровий компас дає інформацію про орієнтацію вузла в просторі, яка може виявитися корисною разом з інформацією про кут[1].

На практиці, тільки декільком алгоритмам позиціонування потрібна інформація про кути сигналу, інші можуть обходитися без неї.

Представлені результати виконаних досліджень існуючих методів локалізації вузлів. Розглянутий в роботі спектр методів дозволяє судити про точність і ефективність рішення задачі позиціонування в сенсорних мережах.

Література

1. R. Nagpal, H. Shrobe, and J. Bachrach. Organizing a global coordinate system from local information on an ad hoc sensor network. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Information Processing in Sensor Networks (ISPN '03), Palo Alto, California, April 2003.
2. Priyantha N., Miu A., Balakrishnan H., Teller S. The cricket compass for contextaware mobile applications. In Proceedings of the 7th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom). Rome, Italy: 2001. P. 1–14.
3. Ray S., Lai W., Paschalidis I. Deployment optimization of sensor net-based stochastic location-detection systems. IEEE INFOCOM 2005. 2005. P. 2279–2289.
4. N. Priyantha, A. Miu, H. Balakrishnan, and S. Teller. The cricket compass for contextaware mobile applications. In Proceedings of the 7th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), pages 1—14, Rome, Italy, July 2001.
5. Mao G., Fidan B. Localization Algorithms and Strategies for Wireless Sensor Networks. New York: Hershey, 2009.

БЕЗПРОВОДОВІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ ІЗ МОБІЛЬНИМИ СЕНСОРАМИ

Прищеп Т.О., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: its_tk@ukr.net

Wireless sensor networks with mobile sensors

In recent decades, there is a rapidly growing interest in communications technology, namely, WSN. Given the nature dynamic events in any area of study WSN, use only static WSN cause some problems. This report provides an overview of mobile WSN for example comparative analysis of existing networks.

БСМ – мережа, що складається з великої кількості мініатюрних вузлів, кожен з яких містить мікроконтролер, прийомопередавач й автономне джерело живлення. Вузли обладнані сенсорами, здатними реєструвати інформацію про параметри навколишнього середовища (температуру, забруднення, вологість і т.д.). Результати вимірювань передаються від вузла до вузла в обчислювальний центр для обробки та аналізу. Таким чином, БСМ дозволяють краще зрозуміти навколишнє середовище.

В останні роки застосування, БСМ класифікуються по основним напрямкам (рис. 1):

- військове застосування;
- дослідження навколишнього середовища;
- охорона здоров'я;
- використання в будинках;
- інші комерційні області.

Але можна й розширити цю класифікацію і додати більше категорій, наприклад:

- дослідження космічного простору;
- ліквідація наслідків стихійних лих.

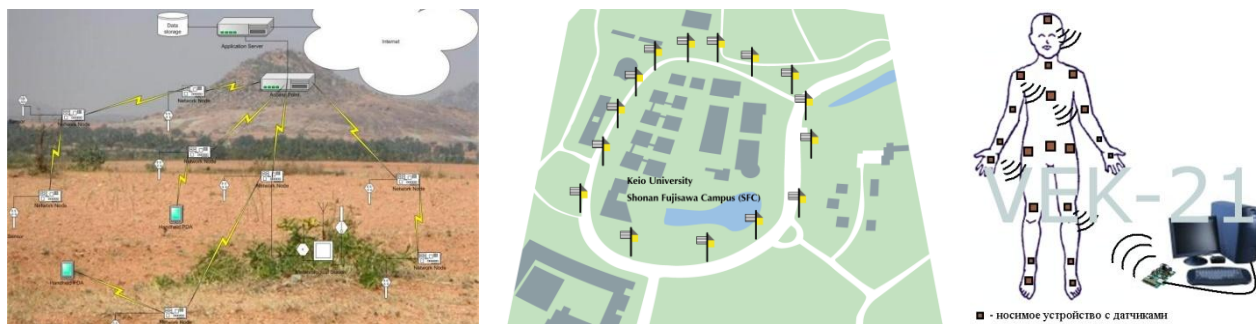


Рис. 1 Застосування БСМ в різних сферах людства

Як правило, БСМ для збору інформації в зонах спостереження використовують статичні сенсорні вузли. Однак, через динамічний характер

подій в області, що досліджується, при використанні статичної БСМ можна зіткнутися з такими проблемами:

1. Початкове розгортання БСМ не може гарантувати повне покриття ділянки, яку потрібно дослідити, і зв'язність всієї мережі. Як правило, сенсори можуть бути розкидані у регіоні, що досліджується, літаком або роботом. Але, це не може гарантувати покриття всієї області і може виявитись, що область буде розділена на декілька не зв'язних під мереж, навіть якщо розкинута велика кількість вузлів. Крім того, динамічна зміна регіону і наявність перешкод робить цю проблему більш актуальною.
2. Сенсори, як правило, мають автономне живлення. Це може привести до виходу з ладу одного або декількох вузлів, що в свою чергу може привести до дірок в мережі. Крім того, ці вузли можуть порушити підключення до мережі. В умовах нестабільної ситуації в області, що досліджується, може бути складно або зарядити сенсори, або замінити старі сенсори на нові.
3. БСМ може бути потрібна для підтримки багатьох задач в різних умовах. Наприклад, для слідкування за об'єктом сенсори повинні бути розгорнуті вдовж лінії пересування цього об'єкту, а для прикордонного стеження, сенсори повинні бути розташовані вдовж попередньо заданого периметру. Ці вимоги не можуть бути легко задоволені за рахунок розгортання великої кількості вузлів, оскільки використання резервів на всі можливі комбінації місії не є економічно доцільним.
4. Для деяких задач потрібно залучити складні датчики. Наприклад, в військових проектах сенсори тиску можуть бути розміщені вздовж кордону для виявлення ворожого вторгнення. Однак, ці датчики можуть тільки повідомити про проходження, але не можуть описати, що проходить через них. У цьому випадку, більш складні пристрої, такі як камери, можуть дати можливість отримати більше інформації. Тим не менш, нездійсненним є оснащення камерою кожен вузол через їх велику кількість.

Вводячи мобільність всіх або деяких вузлів в БСМ, можна розширити її можливості стосовно гнучкості для підтримки декількох задач і обробляти вищезазначені проблеми. Хоча БСМ зазвичай розглядається як однорангова мережа, в якій вузли розширені сенсорними можливостями, мобільні БСМ і мобільні однорангові мережі (MANET) суттєво відрізняються. Мобільність в MANET часто довільна, тоді як мобільність в МБСМ повинна бути «умисною». Іншими словами, повинна бути можливість контролювати рух мобільних датчиків для виконання різних задач.

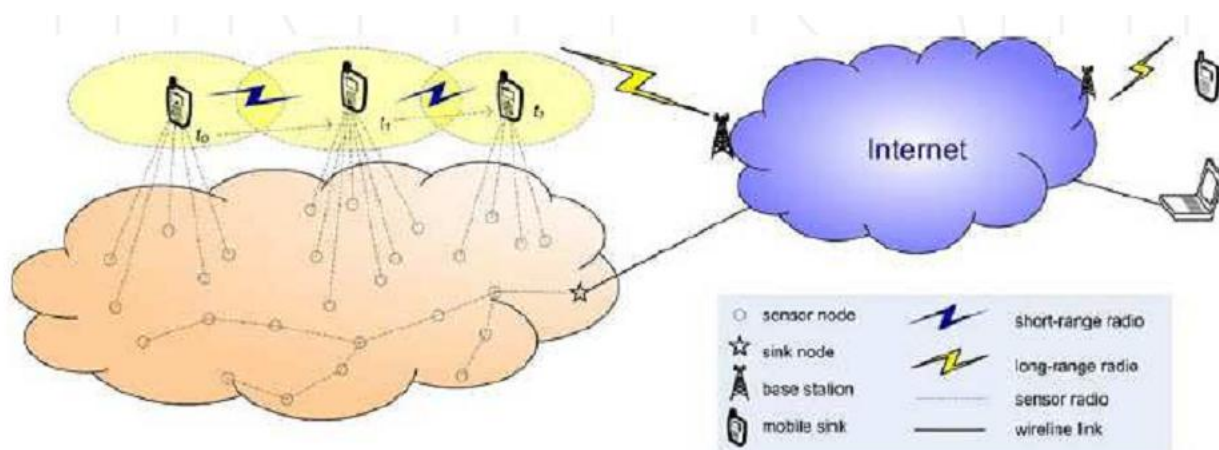


Рис. 2 Мобільна БСМ

БСМ все ще недостатньо ефективні для більшості завдань, хоча багато досліджень було виконано для цього. Але мобільність є одним з основних факторів, який впливає на продуктивність мережевого протоколу, коли використовуються мобільні сенсорні вузли. Традиційні статичні БСМ мають обмеження на підтримку декількох завдань і обробку різних ситуацій при зміні стану мережі. Мобільність БСМ може значно поліпшити продуктивність мережі і таким чином виключити вищезазначені обмеження.

В докладі наводиться відповідний огляд поточних досліджень мобільних безпроводових сенсорних мереж. Надається загальне визначення БСМ з мобільними сенсорами; наводиться класифікація їх архітектур.

Література

1. Бунин С.Г., Войтер А.П., Ильченко М.Е., Романюк В.А. Самоорганизующие радиосети со сверхширокополосными сигналами. – К.: НПП «Издательство «Наукова думка» НАН Украины». – 444 с.: ил., 2012
2. Mobile Wireless Sensor Networks Overview / J. Rezazaden, M. Moradi, A. Samad Ismail // International Journal of Computer Communications and Networks, 2012
3. Data Collection in Wireless Sensor Networks with Mobile Elements: A Survey / M. Di Francesco, S. K. Das, G. Anastasi // ACM Transactions on Sensor Networks, 2011
4. Чевардін В.С., Романюк А.В., Діячук І.М. Аналіз загроз безпеки інформації в мережах MANET, Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2012
5. В. В. Гнатушенко, Данладі Алі. Моделювання мобільних бездротових мереж та порівняльний аналіз протоколів маршрутизації. Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2014
6. Беспроводные сети [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cisco.com/web/RU/products/wireless/benefits.html>
7. Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges / CY Chong, SP Kumar - Proceedings of the IEEE, 2003
8. Introduction to wireless and mobile systems / D Agrawal, QA Zeng - 2015

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАДАЧ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕПІЗОДИЧНОЇ РАДІОМЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ АЕРОПЛАТФОРМ

Романюк А.В., Валуйський С.В., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: anton.romaniuk@gmail.com

Classification tasks of management system of ad-hoc wireless networks with UAV

This article describes the task of management systems of ad-hoc wireless networks with UAV. Classification of management tasks performed on stages, functions, ways to implement, types and by formulation of mathematical apparatus.

На сьогоднішній день через низьку енергетику супутникових радіоліній та обмежену функціональність супутників зв'язку на їх зміну можливе використання нових телекомунікаційних систем на основі платформ повітряного базування, роль яких можуть виконувати безпілотні літальні апарати. Наприклад, в таких ситуаціях, як різноманітні надзвичайні ситуації та військові конфлікти, що приводять до руйнувань систем зв'язку та телекомунікаційних систем. Для забезпечення зв'язку в таких районах для мобільних служб доцільне використання епізодичних радіомереж (ЕРМ) з використанням телекомунікаційних аероплатформ (ТА) [1, 2] (рис.1).

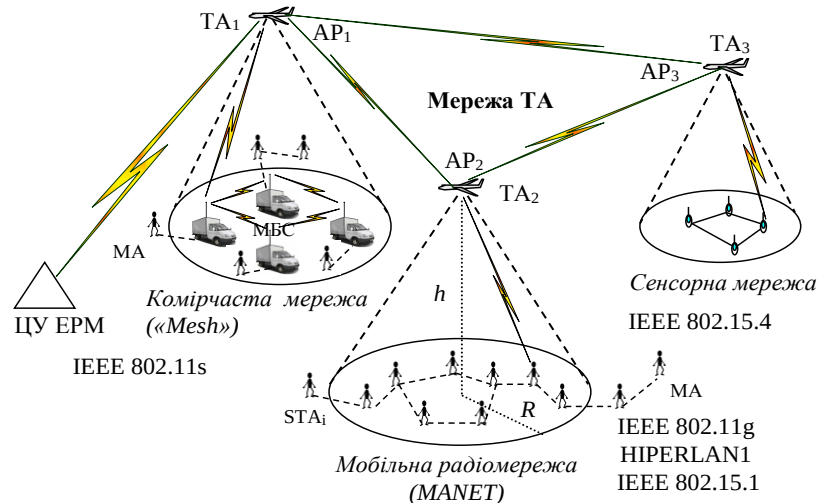


Рис.1 Приклад архітектури дворівневої ЕРМ на основі ТА

Перший (наземний) рівень складають групи наземних вузлів, роль яких можуть грати мобільні абоненти (МА), мобільні базові станції (МБС) або сенсорні пристрої, які створюють епізодичну радіомережу.

Другий (повітряний) складають мережі ТА, що виконують роль опорної мережі для забезпечення зв'язності незв'язаних груп наземних вузлів або для підвищення показників функціонування «проблемних» ділянок наземної мережі. Контроль за польотом ТА і роботою його бортових систем здійснюється із центра управління (ЦУ) ЕРМ.

Існуючі на сьогодні системи управління (наприклад TMN) не дозволяють забезпечити ефективне функціонування мереж [3], що характеризуються високою динамікою топології та розгортаються на значних географічних територіях. У таких умовах забезпечити інформаційний обмін із заданою якістю неможливо без ефективної системи управління (СУ) ЕРМ, складовою частиною якої є підсистема управління мережею ТА. Розглянемо класифікацію задач управління цієї мережі (рис. 2).



Рис. 2 Класифікація задач управління мережею ТА

За етапами задачі управління мережею ТА поділяються на задачі планування, розгортання і оперативного управління [4].

Етап планування здійснюється центром управління. На даному етапі відбувається планування топології ЕРМ з ТА і розподіл ресурсів мережі.

Етап розгортання полягає в запуску необхідної кількості ТА і управлінні їхнім польотом у визначених районах баражування.

На етапі оперативного управління за прийнятими критеріями ефективності постійно оцінюється стан ЕРМ, і приймаються дії по підтримці показників її функціонування в заданих межах або їх оптимізації, наприклад максимізація пропускної здатності мережі або її зони.

За способом реалізації частина задач оперативного управління вирішується:

ізольовано – окремою ТА або МБС (наприклад, розподіл радіочастот тощо);

кооперативно – ТА і МБС (наприклад, маршрутизація інформаційних повідомлень, розподіл радіоресурсу й ін.); центром управління, МБС, ТА – наприклад, управління топологією мережі).

За охопленням задачі управління діляться на управління функціонуванням всієї ЕРМ, її зони або процесом передачі інформації між виділеними абонентами (МБС).

За видом постановки та використовуваному математичному апарату задачі діляться на задачі розподілу ресурсів, задачі масового обслуговування, маршрутні задачі, задачі оптимізації ін.

По функціях задачі управління ТА діляться на дві групи [4]:

1. Спеціальні задачі управління – визначення маршрутів польоту ТА і координація їхнього переміщення.
2. Універсальні задачі управління – характерні для будь-якої епізодичної радіомережі.

Функціональну модель системи управління ТА в ЕРМ представлено на рис.3.

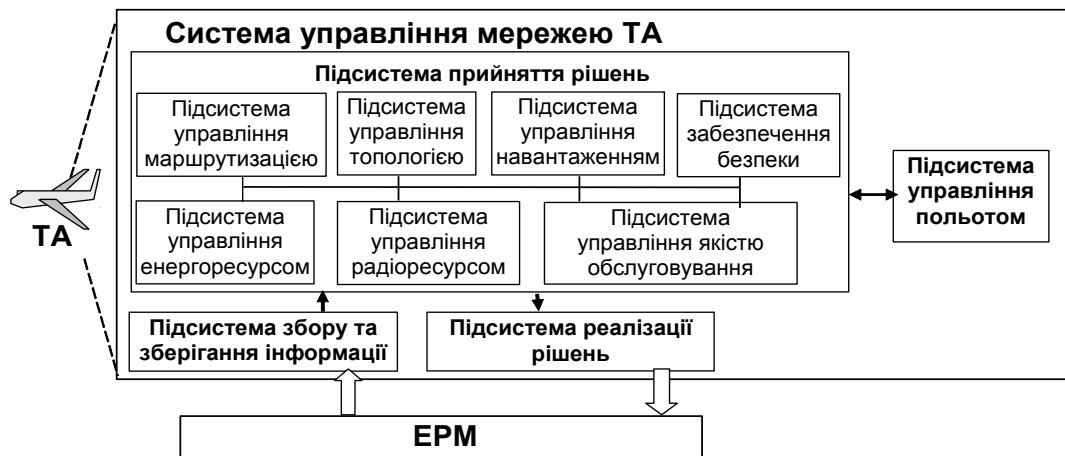


Рис. 3 Функціональна модель системи оперативного управління ТА

Проведена класифікація дозволила розділити задачі системи управління мережі ТА за етапами та функціями управління, за способом реалізації, типом, охопленням і видом постановки математичного апарату. Дана класифікація дозволить розробити відповідне математичне та програмне системи управління мережею ЕРМ, яка забезпечить вирішення задачі забезпечення геометричної зв'язності роз'єднаних компонентів ЕРМ, враховуючи обмеження ємності каналних ресурсів. Така СУ зможе проводити розподіл навантаження та обслуговування пакетів в вузлах мережі з не врахуванням характеру мобільності абонентів та маневреності ТА. В подальшому пропонується використання запропонованої класифікації для створення системи управління мережею телекомунікаційних аероплатформ для оптимізації параметрів функціонування ЕРМ на основі ТА.

Література

1. IlkerBekmezci, OzgurKoraySahingoz, SamilTemel. FlyingAd-HocNetworks (FANETs): A survey // AdHocNetworks, No. 11.– 2013. – pp. 1254–1270.
2. Міночкін А.І. Концепція управління мобільною компонентою мереж зв'язку військового призначення / А. І. Міночкін, В.А. Романюк // Збірник наукових праць № 3. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2005. – С. 51 – 60.
3. Lysenko O. I. Optimal control of telecommunication aeroplatform in the area of emergency / Lysenko O. I., Valuiskyi S. V., Romaniuk A.V. // Telecommunications sciences, 2013. – с. 14 – 20
4. Миночкін А. І. Задачі управління топологією мережі безпілотних літальних апаратів мобільного компонента мереж зв'язку військового призначення / А. І. Миночкін, В. А. Романюк // Збірник наукових праць № 2. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2005. – С. 83 – 90

Секція 8. Технології та методики прикладного застосування **безпроводових сенсорних мереж**

УДК 621.396.946

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ПРОТОКОЛ MAC ДЛЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Валуйський С.В., Давидюк В.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»,

E-mail: va.davidyuk@gmail.com

Energy efficient protocol MAC for sensor networks

In the scientific article is devoted to the idea develop the most energy-efficient MAC Protocol for wireless sensor networks. Given the rationale of the Protocol, a classification of the protocols and describes the conceptual implementation of the Protocol by using a quorum system.

Безпроводові сенсорні мережі (БСМ) наразі є дуже актуальною галуззю досліджень, насамперед через свою широку функціональність. Дані мережі можуть знаходити застосування у оборонній промисловості, науковій діяльності, моніторингу місцевості та процесів, медичних системах, робототехніці та ін. БСМ складаються з одного або кількох вузлів, що містять процесор, малопотужну радіочастину та пам'ять. У багатьох випадках дані вузли працюють автономно при обмежених ресурсах енергії. Звідси виникає проблема, що полягає у досягненні якомога більшого часу автономної роботи шляхом мінімізації енерговитрат вузла, тобто чим менше енергії витрачається, тим більшим є час роботи. Таким чином, збільшення часу роботи БСМ є першочерговою задачею розробників, адже дуже часто заміна батареї вузла є складним або навіть неможливим завданням.

Питання енергоефективності розглядаються щодо різних рівнів стеку протоколів TCP/IP, але найоптимальніше розглядати рівень контролю множинного доступу (Medium Access Control, MAC) через те, що даний рівень контролює безпосередньо радіочастину, котра потребує найбільше енергії. Від розподілу рівнем MAC часу активності, залежать витрати енергії вузла мережі. Таким чином, необхідно максимізувати тривалість сну вузла, при цьому підтримуючи максимальну пропускну здатність та мінімальну затримку в активних режимах. Крім цього, на відміну від MAC-рівнів інших мереж, котрі в першу чергу фокусуються на характеристиках передачі, головною задачею MAC сенсорних мереж є енергоефективність. Отже, правильний підбір параметрів MAC, а саме тривалості сну, часу прослуховування ефіру та прийомопередачі є ефективним шляхом збільшення часу роботи вузла.

Розділимо наявні протоколи MAC на дві категорії: з конкуренцією та без конкуренції. У першому випадку усі вузли розділяють спільний ресурс, через що виникають колізії. Задля уникнення цих небажаних явищ

використовуються певні ймовірнісні підходи. Прикладом MAC-протокола з конкуренцією є Sensor-MAC (S-MAC), принцип роботи якого полягає в застосуванні часових періодів сну та прослуховування ефіру, тобто одну частину робочого часу вузол знаходиться у неактивному режимі, при якому енергія не витрачається, іншу частину – слухає ефір на предмет вхідних передач. Уникнення колізій з різною ефективністю досягається за рахунок випадкового вибору часу передачі між вузлами. Друга категорія MAC-протоколів, без конкуренції, використовує загальноживані методи розділення каналів задля спільного використання ресурсів. Наприклад, протокол CDMA Sensor MAC (CS-MAC) використовує кодове розділення каналів для зв'язку між вузлами, маючи високу енергоефективність, низьку затримку, хорошу живучість та масштабованість. При цьому існують обмеження на протокол, а саме необхідність визначення місцеположення за допомогою GPS або інших технологій, відсутність мобільності та необхідність синхронізації.

Крім вищезазначених, існує ще багато різних протоколів MAC, але не існує єдиного стандартизованого протоколу для БСМ, адже кожен з них застосовується до різних функціональних задач. Розглянемо концепцію енергоефективного протоколу, що представлений у [1].

Розглянемо мережу, до якої буде застосовано протокол. Вона складається з множини вузлів, що рівномірно розподілені по площі, обмеженій колом, в центрі якого знаходиться центральний вузол. Представлений протокол, базується на системі кворумів. Кворумом називають набір елементів певної множини P , в якому ці елементи попарно взаємодіють. У даному випадку використовується сітковий кворум, котрий демонструє часові інтервали, у які вузли попарно мають вмикатись після сну. Застосування кворуму гарантує, що будь-які два сенсорних вузли будуть активні та зв'яжуться між собою у визначений інтервал часу. Графічна ілюстрація кворуму наведена на рис. 1.

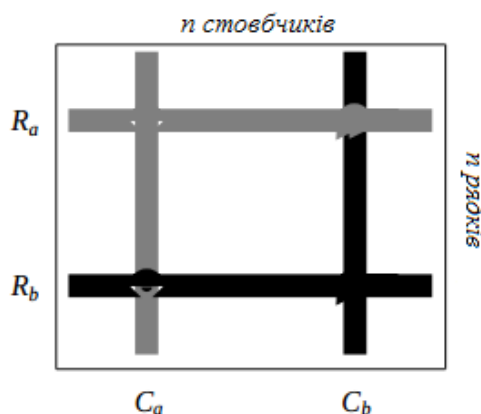


Рис. 1 Сітковий кворум

Тут зображено прилад сіткового кворуму, в якому n^2 часових інтервалів представлені сіткою розміром $n \times n$, тобто кожен рядок та стовбчик визначають певний інтервал часу для кожного вузла. Наприклад, вузол А

обирає рядок R_a стовбчик C_a в якості власного набору кворуму, вузол В таким самим чином обирає рядок R_b та стовбчик C_b . У даному випадку, наявні два перетини між наборами вузлів А та В: R_a перетинає C_b та C_a перетинає R_b . Отже, в моменти часу, які відповідають перетинам, обидва вузли мають бути активні. Розміри сітки кожного вузла обираємо відповідно до величини навантаження на сенсорний вузол (per-sensor node communication trafficload, PSCT). Ідея полягає у тому, щоб збільшувати сітку з метою збільшення часу сну у випадку, якщо навантаження невелике, або ж зменшити розміри у випадку інтенсивного трафіку, аби вузол частіше активувався.

Введемо 6 порогових значень навантажень: $T_1...T_6$, тобто можливі 7 розмірів сіток. Вибір розміру сітки відбувається таким чином:

Якщо $PSCT \geq T_1$, обираємо сітку 1×1 ;
 Якщо $T_1 \geq PSCT \geq T_2$, обираємо сітку 2×2 ;
 ...
 Якщо $T_5 \geq PSCT \geq T_6$, обираємо сітку 6×6 ;
 Якщо $T_6 \geq PSCT$, обираємо сітку 7×7 ;

Вважатимемо, що мережа буде перевантажена, якщо навантаження трафіку на кожен вузол буде перевищувати 10 кбіт/с. Отже, для такого навантаження визначимо розмір сітки 1×1 та оберемо T_1 рівним 10 кбіт/с. Наступні порогові значення визначимо, як пропорційні до частоти пробуджень вузла. Якщо частота прийому пакетів зменшується в $(2 \times n - 1)/n^2$ разів, порівняно з випадком перевантаження, сітку потрібно збільшувати до розмірів $n \times n$.

Маючи ці значення, сенсорний вузол обиратиме розмір сітки відповідно до власного навантаження. Варто зазначити, що оскільки у різних вузлів різні розміри сіток кворумів, необхідне їх певне узгодження.

У даній статті була обґрунтована необхідність пошуку більш енергоефективних протоколів рівня множинного доступу (MAC) безпроводних сенсорних мереж, наведена коротка класифікація протоколів, а також запропоновано концепцію протокола, що використовує систему кворуму для розподілу часу активності між вузлами сенсорної мережі. Опис даного протоколу дістане розвитку в подальших публікаціях.

Література

1. Naveen Chauhan. A New Mac Protocol for Minimizing Energy Consumption in Multi-Hop Wireless Sensor Networks / Naveen Chauhan, Rakesh Bisht//International Journal of Engineering Research. –2012. –vol.3. –issue 1. –P : 17-27
2. WeiYe.AnEnergy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks/ Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin // Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. – 2002. –vol.3. – P. 1567-1576
3. Christian Cachin. Principles of Distributed Computing. ETHZ, Summer 2003 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.224.8384&rep=rep1&type=pdf>

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ДЛЯ СУЧАСНИХ ПАРКОВОК

Давидюк В.О., Дакаєв О.В., Димид М.Д.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

*E-mail: va.davidyuk@gmail.com, sandak94@gmail.com,
mariana.dymyd@gmail.com*

Intelligent navigation systems for modern parking lots

The article discusses about the concept of a new system of intelligent parking that allows vehicle drivers to get information about free places in different parking lots using GPS technology. The system is designed to avoid traffic jams and to save time.

Знаходження доступного місця для паркування автомобіля у сучасних містах наразі потребує багато часу, що також тягне за собою великі економічні втрати. Крім цього, у [1] йде мова про те, що приблизно 30% транспортних заторів викликано автомобілями, водії яких намагаються знайти місце для зупинки. Таким чином, необхідно вирішувати проблеми, пов'язані з паркуванням у великих містах. Розглянемо систему, яка має надавати водіям ефективну допомогу по паркуванню, що має призвести до певного зменшення заторів.

По-перше, будемо вважати, що автомобілі обладнані GPS-навігатором з мапою міста, що наразі досить поширено [2]. По-друге, припускаємо, що навігатори будуть обмінюватись між собою інформацією, що буде мотивуватись певною вигодою для водія. По-третє, вважатимемо, що автомобілі, що знаходяться у межах одного паркінгу, формують один кластер [3].

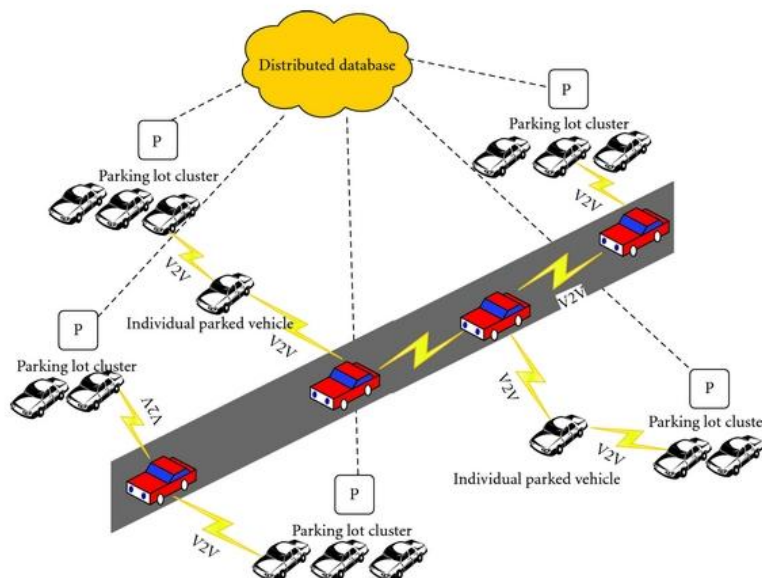


Рис. 1 Архітектура системи

Відповідно до реальної статистики по паркуванню [4], вуличне, позавуличне та паркування всередині будівель (гаражі та підземні паркінги)

нараховують 69.2%, 27.1%, та 3.7% відповідно. У даній статті йтиме мова саме про паркінги під відкритим небом. Якщо точніше, то даний метод розумного паркування виконує дві задачі: навігація по паркінгу в режимі реального часу та ефективне поширення інформації про наявні місця за його межі.

Коли транспортний засіб в'їжджає у паркінг, кластер має відправити йому карту зайнятості місць, таким чином допомагаючи знайти вільне місце. Коли під час їзди по місту водій відправляє запит на вищезазначену інформацію, найближчий паркінг відповідає на цей запит з мінімальною затримкою.

Для досягнення цих задач розглянемо систему, котра має складатися з 3 основних частин: кластери паркінгів, проміжні вузли та кінцеві користувачі.

Кластери паркінгів складаються з сукупності автомобілів, що розміщуються в межах одного паркінгу, та працюють одночасно як вузли моніторингу та поширення інформації для транспортних засобів, яким необхідно знайти місце.

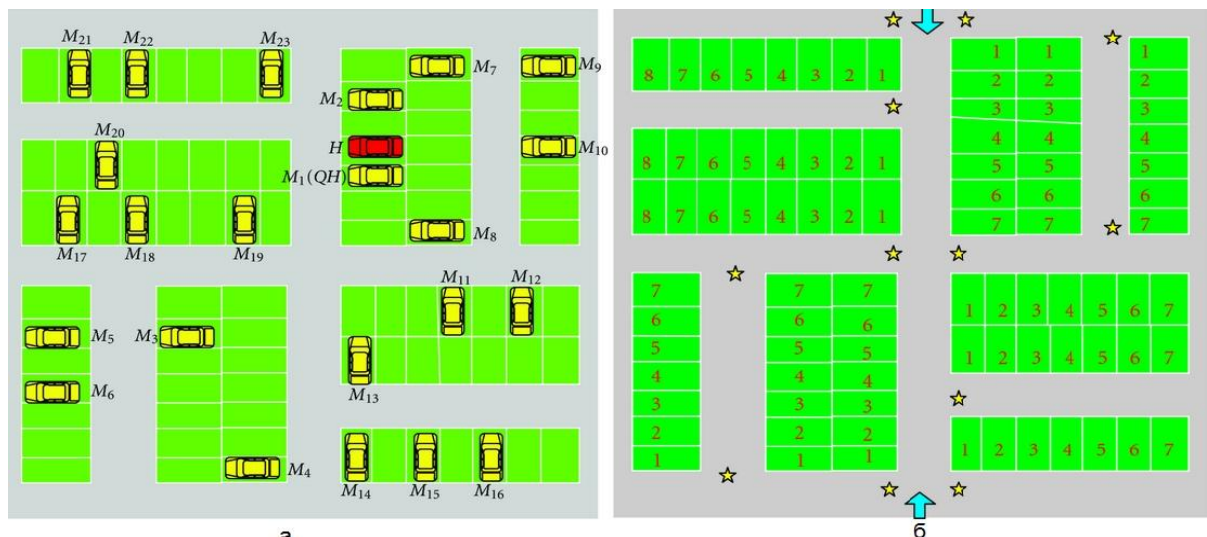


Рис. 2 Приклад кластера паркінгу (а) та його логічної структури (б)

Проміжними вузлами вважають автомобілі, котрі допомагають в обміні даними між різними кластерами. Такими можуть служити проїжджаючі автомобілі, так само, як і запарковані. Кінцевими користувачами вважають водіїв автомобілів, що шукають незайняте місце.

Згідно з запропонованою архітектурою, кожен кластер моніторить відповідний паркінг та підтримує актуальною карту зайнятості, згідно з якою надає навігацію транспортним засобам. Крім того, різні кластери у межах однієї зони обмінюються між собою відомостями про зайнятість.

Дана архітектура має дві значні переваги. По-перше, у якості апаратного забезпечення використовується обладнання автомобілів, тобто не потребується додаткова інфраструктура, що економить кошти. По-друге, інформація про зайнятість паркінгу надається дуже швидко, що економить час.

При застосуванні даної архітектури, допомога з паркуванням відбувається на основі кластеру паркінгу. Типовий кластер, як показано на рис. 2, має одного

головного користувача (Head, H). Працює система таким чином: на початку, коли паркінг пустий, один серед перших автомобілів, що в'їжджають, обирається головним, після чого інші автомобілі стають членами цього кластеру (Member, M). Очевидно, що функціонування кластеру припиняється у випадку виходу головного користувача з ладу, отже обирається резервний головний користувач (Quasi-head, QH) для забезпечення надійності системи. Цей вузол знаходиться у автомобілі, що стоїть поряд з головним і завжди має копію даних про кластер, яким оперує головний користувач. Таким чином, якщо головний користувач виходить з ладу, відбувається «гаряча заміна» на додаткового, тобто останній стає новим головним користувачем, відповідно обирається новий додатковий головний користувач. Отже, саме так забезпечується безперебійна робота кластеру паркінгу протягом досить тривалого часу.

У кластері паркінгу генерується схема розміщення автомобілів відповідно до інформації від автомобілів, що розміщені у ньому. Очевидно, що як тільки відбувається хоч одна зміна у зайнятості місць, має генеруватись нова схема. Але на практиці, враховуючи певні неочікувані помилки, дане звітування може й не відбутись. Таким чином, по закінченню певного інтервалу часу, кластер вважатиме паркувальне місце вільним, якщо з нього не надходить ніякої інформації. По закінченню даного інтервалу часу вся схема кластера перераховується.

Крім цього, оскільки існує певна помилка GPS у визначенні координат, необхідно вирахувати відстань, на якій координати паркувальних місць будуть вираховуватись з допустимою похибкою. Було проведено експериментальне дослідження [2], під час якого було здійснено певну кількість дослідів у місті. Результати показали, що при відстані 100 метрів у 90 % випадків різниця між справжніми координатами та розрахованими склала менше ніж 1,5 метри, що свідчить про досить точну оцінку координат місця для зупинки.

У даній статті пропонується технологія, що може бути впроваджена в області інтелектуальних парковок у вигляді розширення існуючих розробок. Розглянута досить проста ідея, що базується на нових технологіях. Дане питання буде надалі розглядуватись у майбутньому.

У даній статті розглянута досить проста ідея інтелектуального паркування, що базується на нових технологіях і може бути впроваджена у вигляді розширення наявних розробок у даній області. Запропонована система має економити час водіям та зробити використання паркінгів ефективнішим. Це питання буде надалі розглядуватись у подальших публікаціях.

Література

1. D. Shoup, "Cruising for parking," Access, vol. 30, pp. 16–22, 2007.
2. IPARK: Location-Aware-Based Intelligent Parking Guidance over Infrastructureless VANETs / Hui Zhao, Li Lu, Chao Song, Yue Wu // International Journal of Distributed Sensor Networks. – 2013. – Vol. 2012, Article ID 280515, 12 p.
3. Лисенко О.І., Нікулін О.Ф., Чумаченко С.М., Валуйський С.В. Задача оптимального розміщення сенсорів. Технології екологічного моніторингу із використанням інтелектуальної сенсорної техніки // Проблеми телекомунікацій: 8-а Міжнар. наук.-техн. конф., 22-25 квіт. 2014р. : матеріали конф. – К., 2014. – С. 53-56.
4. C. Morency and M. Trépanier, Characterizing Parking Spaces Using Travel Survey Data, CIRRELT, 2006.

СИНХРОНІЗАЦІЯ БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ: МЕТОДОМ БАГАТОЛАНКОВОЇ ТРАНСЛЯЦІЇ ЧАСОВИХ ШКАЛ

Заруцька А.О., Петрова В.Н.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: ZarutskaAnastasia@gmail.com

Synchronizing wireless sensor networks: reserching of the multiple broadcast timeline

Description of the working cycle of the multiple broadcast timeline. Investigated multi-tier network configuration. Demonstrated resynchronization of time in sensor networks in the multi-tier communications. Synchronization scheme proved resistance to reconfiguring network topology using simulation.

В бездротових сенсорних мережах (БСМ) розходження часу локальних годинників виникає з двох основних причин: насамперед через нестабільність кварцового осцилятора, який задає локальну часову шкалу мережевого вузла або через недетермінованості затримок інформаційної взаємодії між вузлами. Вплив нестабільності годинників може домінувати над впливом затримок мережевої взаємодії, в тому випадку, якщо обмін повідомленнями в мережі здійснюється відносно рідко. У цьому випадку складова похибки, що залежить від затримок при обміні інформацією може вважатися постійною, а похибка, пов'язана з частотою задаючого генератора може накопичуватися з часом. Складність обчислень і необхідний обсяг пам'яті для забезпечення синхронізації можуть зростати з ростом повідомлень.

Незважаючи на велику кількість запропонованих методів синхронізації часу в сенсорних мережах, залишається ряд не вирішених проблем. Основна з яких - проблема багатоланкової синхронізації. На практиці для вирішення проблеми багатоланкової синхронізації використовуються, так звані, алгоритми тимчасової дифузії [1]. Однак, не дивлячись на їх універсальність, ці алгоритми характеризуються низькою швидкістю сходження та високим рівнем енергоспоживання (у разі мереж з великою кількістю вузлів), а також накладають обмеження на масштабованість мережі, мобільність і автономність вузлів, динаміку мережевої топології. Для синхронізації локальних годинників сенсорної мережі, в [2] був запропонований метод синхронізації часу – метод багатоланкової трансляції часових шкал. Весь цикл роботи алгоритму багатоланкової трансляції часових шкал представлений трьома фазами:

- оцінка локальних характеристик;
- трансляція часових міток;
- аналіз часової інформації на вузлі-приймачі.

Перша фаза полягає в неявному накопиченні синхронізуючої інформації про сусідні вузли протягом усього життєвого циклу БСМ. На даній стадії

оцінюється різниця в показаннях і відносний дрейф локальних годинників. Такі оцінки обчислюються виконанням парних циклів синхронізації, для зниження числа мережевих обмінів використовується імовірнісний підхід.

У другій фазі виконується трансляція тимчасових міток від вузла-джерела до базового вузла. Під час передачі часової мітки по багатоланковим маршрутам від вузла-джерела до базового вузла над нею виконуються транслюючи перетворення в локальні часові шкали вузлів-ретрансляторів.

На заключній третій фазі для уточнення результату синхронізації аналізуються мітки отримані за різними маршрутами. При цьому враховується вплив довжини маршруту на похибку багатоланкової синхронізації.

Дослідження багатоланкової конфігурації мережі проводилися за схемою рис.1 Для вимірювання точності синхронізації алгоритмом трансляції часових шкал був застосований так званий зовнішній механізм синхронізації.

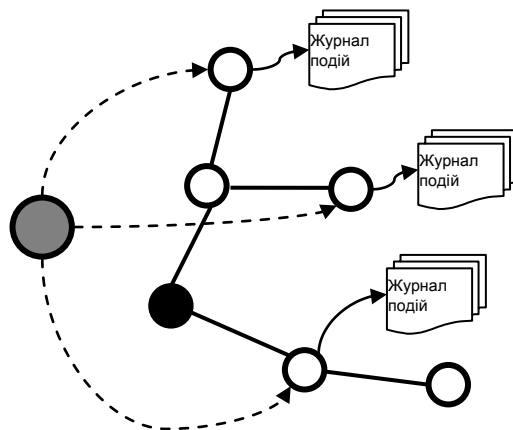


Рис. 1 Схема моделювання: пунктиром показані зв'язку із зовнішнім джерелом еталонного часу для проведення зовнішньої синхронізації

Для демонстрації розсинхронізації часу в сенсорній мережі в процесі багатоланкової передачі повідомлень на рис.2 представлені результати вимірювань параметра P . Часова шкала параметра P взята безпосередньо з другого вузла (більш темна суцільна лінія), і з базового вузла, тобто містить часові спотворення (світліша ламана лінія). На діаграмі видно часові розбіжності, викликані роз синхронізацією локальних годинників вузлів БСМ.

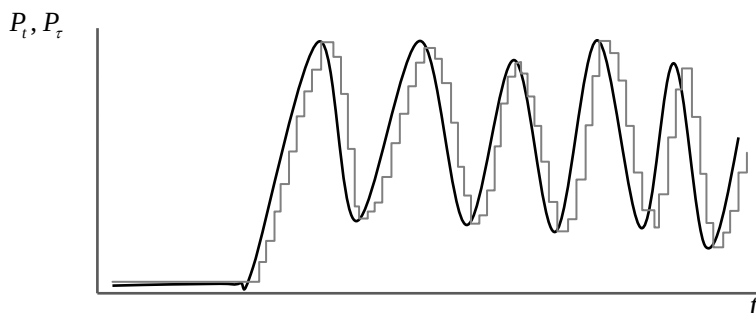


Рис. 2.. Спотворення в часовій шкалі параметра P , викликані багатоланковою передачею часових міток

Однією з задач імітаційного моделювання за допомогою програмного середовища NS2 було доведення стійкості схеми синхронізації до реконфігурації мережевої топології. На рис.3 представлені результати часових вимірів в умовах мобільності мережевих вузлів.

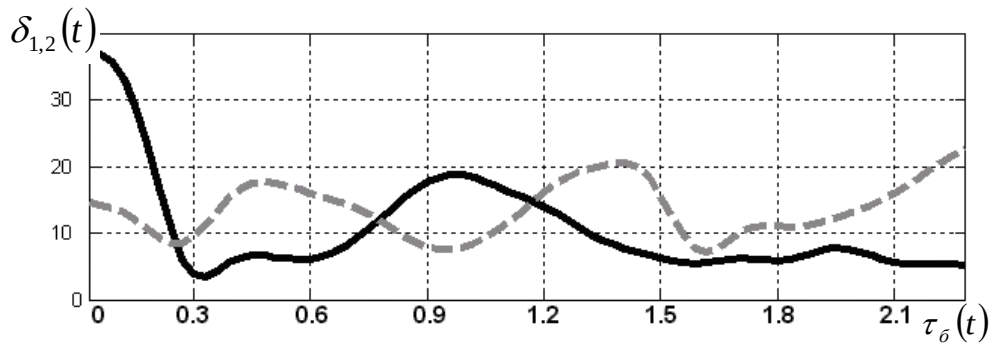


Рис. 3 Залежність точності синхронізації від змін в топології мережевих вузлів. Миттєва точність (у мкс), при фіксації тимчасових міток на базовому вузлі, що приходять з першого (суцільна лінія) і другого (пунктирна лінія) вузлів мережі

Періодичність коливань похибки обумовлена зміною довжини маршруту. При цьому максимальна різниця в показниках локальних годинників не перевищує 20 мкс, але і не досягає субмікросекундної точності (точності еталонного джерела часу базового вузла).

Література

1. W. Su and I. F. Akyildiz. Time-diffusionsyn chronization protocol for sensor networks. IEEE/ACM Transactions on Networking, 13(2): 384–397, 2005.
2. Васенин В.А. Математические модели управления трафиком в Интернете: новые подходы на основе схем TCP/AQM / Васенин В.А., Симонова Г.И. // Автоматика и телемеханика. — 2005. — №8.

СПОСІБ ПОСЛІДОВНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ ПРИ АПРІОРНІЙ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЇХ ТРИВАЛОСТІ

Г.В. Пєвцов¹, А.Я. Яцуценко¹, Д.В. Карлов¹, М.Ф. Пічугін¹,
Ю.В. Трофименко¹, М.В. Борцова²

¹Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

² Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського „ХАІ”

E-mail: karlovd@list.ru

A method of successive radio-signals energy detection under condition of prior uncertainty of their duration

By estimating random value dispersion for the analysis intervals of various durations there are determined energy likelihood ratios. On the maximum of the energy likelihood ratio there is made a decision about radio-signals detection and their durations are defined.

Недоліком відомого способу енергетичного виявлення радіосигналів [1-3] є те, що він не забезпечує оптимальне виявлення при невідомій тривалості радіосигналу.

Основною задачею досліджень є створення способу оптимального за часом і енергетичними втратами виявлення радіосигналів невідомої тривалості та оцінювання їх тривалості, який дозволить гарантовано виявляти радіосигнали заданої енергетики.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що використовуються послідовно інтервали аналізу різної тривалості і здійснюється перевірка величини енергетичного відношення правдоподібності, де сумарна енергія радіосигналу і внутрішнього шуму до усередненої енергії шуму перевищує пороги виявлення для різних інтервалів аналізу і за кількістю перевищень визначається їх тривалість (рис.1).

Сутність запропонованого способу послідовного енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості полягає в перевірці статистичних гіпотез за критерієм мінімуму середнього ризику при використанні енергетичного відношення правдоподібності, яке ґрунтується на законі збереження енергії і байєсівському підході максимального використання апріорних даних та полягає у визначенні відношення плинних оцінок енергії суміші радіосигналу і шуму на інтервалі аналізу, рівному тривалості сигналу, до значень усереднених за декілька попередніх інтервалів аналізу енергії шуму протягом періоду слідування радіосигналів і порівнянні енергетичного відношення правдоподібності в кожному інтервалі аналізу з порогом прийняття рішення, що визначається за критерієм Неймана-Пірсона та прийняття рішення про початок часу квазіоптимального виявлення при наявності перевищення порогу виявлення в одному або двох інтервалах аналізу підряд шляхом зрушення часу початку

другого інтервалу аналізу на час, пропорційний відношенню енергії радіосигналу першого інтервалу аналізу до суми енергій радіосигналу першого та другого інтервалів аналізу і корегування його при перевірці оптимальності виявлення при будь-якому варіанті перевищення порогу за максимумом енергетичного відношення правдоподібності в діапазоні часу, еквівалентному діапазону можливих флуктуацій усередненого рівня енергії внутрішніх шумів. Прийняття рішення про виявлення радіосигналу здійснюється після порівняння значення $\Lambda(y)$ енергетичного відношення правдоподібності в кожному інтервалі аналізу для довільного закону розподілу випадкових величин з порогом прийняття рішення L_0 :

$$\Lambda(y) = \frac{W_{\tilde{n}\emptyset}^{0-\tau_3}}{W_{\emptyset}^{0-\tau_3-2}} > L_0, \quad (1)$$

де $W_{\tilde{n}\emptyset}^{0-\tau} = \sum_{i=0}^n \{y_i - \bar{y}\}^2 \Delta t_i$ - оцінка дисперсії нероздільної суми амплітуд сигналу+шуму радіосигналу на інтервалі рівному тривалості радіосигналу, що еквівалентна оцінці її енергії;

$$\bar{W}_{\emptyset}^{0-\tau} = \frac{1}{M} \left[\sum_{i=0}^n \{n_i - \bar{n}\}^2 \Delta t_{i1} + \sum_{j=0}^n \{n_j - \bar{n}\}^2 \Delta t_{j2} + \dots \right] - \text{оцінка усередненого}$$

значення дисперсії амплітуд вхідної реалізації шуму на M інтервалах рівних тривалості радіосигналу, яка еквівалентна оцінці їх усередненої енергії.

При відсутності апріорної інформації про тривалість радіосигналу енергетичне виявлення радіосигналів полягає у розбиванні часу спостереження радіосигналів T на інтервали часу рівні тривалості інтервалу аналізу τ_0 і послідовно кратні тривалості сигналу $N\tau_0$ (або за іншим законом зміни тривалості інтервалу аналізу) та оцінюванні дисперсії суміші сигналу і шуму на кожному з них. Отримані значення дисперсій становлять джерело для визначення послідовності енергетичних відношень правдоподібності. Енергетичні відношення правдоподібності перших інтервалів аналізу визначаються як відношення оцінки дисперсії плинного інтервалу аналізу до усередненої енергії шуму за попередні періоди слідування зондуючих сигналів, а наступні – як відношення плинної енергії до усередненої енергії $(i-2)$ інтервалу аналізу. При цьому спосіб енергетичного виявлення дозволяє прийняти рішення про квазіоптимальний прийом за енергетикою на основі аналізу пропорції енергій сигналу в двох інтервалах аналізу, зрушити інтервал аналізу на час пропорційний відношенню енергії сигналу першого інтервалу аналізу до суми енергій першого та другого інтервалів аналізу.

Положення сигналу квазіоптимальне в енергетичному відношенні сигнал+шум/шум визначається виразом початку цього інтервалу аналізу

$$t_0 = t_k - \frac{(W_1 - \bar{W}_{\emptyset})}{W} \tau_0, \quad (2)$$

де $W = (W_1 - \bar{W}_\theta) + (W_2 - \bar{W}_\theta)$ - енергія сигналу при оптимальному енергетичному виявленні;

W_i - значення сумарної енергії в i -тому інтервалі статистичного оцінювання;

$\bar{W}_\theta$ - усереднене значення енергії шуму;

$(W_1 - \bar{W}_\theta)$, $(W_2 - \bar{W}_\theta)$ - енергії сигналу у першому і другому інтервалах аналізу, що перекривають інтервал положення радіосигналу;

t_k - положення центру двох сусідніх інтервалів аналізу, що перевищили поріг виявлення.

Заключне прийняття рішення про оптимальне енергетичне виявлення здійснюється шляхом пошуку максимального значення енергетичного відношення правдоподібності при послідовній зміні інтервалу аналізу на крок в діапазоні $\pm \Delta t$ пропорційному діапазону можливих флуктуацій усереднених енергій внутрішнього шуму приймача:

$$t_\theta = (t_k - \frac{(W_1 - \bar{W}_\theta)}{W} \tau_0) \pm \Delta t. \quad (3)$$

Тривалість радіосигналу оцінюється добутком тривалості інтервалу аналізу τ_0 на суму кількості інтервалів аналізу m , де здійснене перевищення порогу прийняття рішення, плюс відношення енергетичних відношень правдоподібності першого і останнього інтервалів аналізу до усередненого значення відношення правдоподібності за всі інтервали аналізу

$$\tau = \tau_0 \left(m + \frac{(W_1 - \bar{W}_\theta)}{W} + \frac{(W_{m+1} - \bar{W}_\theta)}{W} \pm \Delta W / W \right). \quad (4)$$

Енергетична чутливість приймача визначається тривалістю інтервалу статистичного аналізу. Якість гарантованого виявлення визначається кривими виявлення для заданного значення відношення енергії радіосигналу до усередненої енергії шуму.

На рис. 1 приведений спосіб послідовного енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості.

На рис.2 приведена залежність умовної ймовірності правильного виявлення сумарної енергії детермінованого радіосигналу і гаусівського шуму від відношення енергії радіосигналу до енергії шуму для різних тривалостей радіосигналів $\tau = n / f_d$ при фіксованій ймовірності хибних тривог $F = 10^{-6}$, f_d - частота дискретизації вхідної реалізації в АЦП, n - кількість вибірок за тривалість радіосигналу. На рис.3 подана залежність порогу прийняття рішення про виявлення радіосигналу від його тривалості для моделі χ^2 - розподілу.

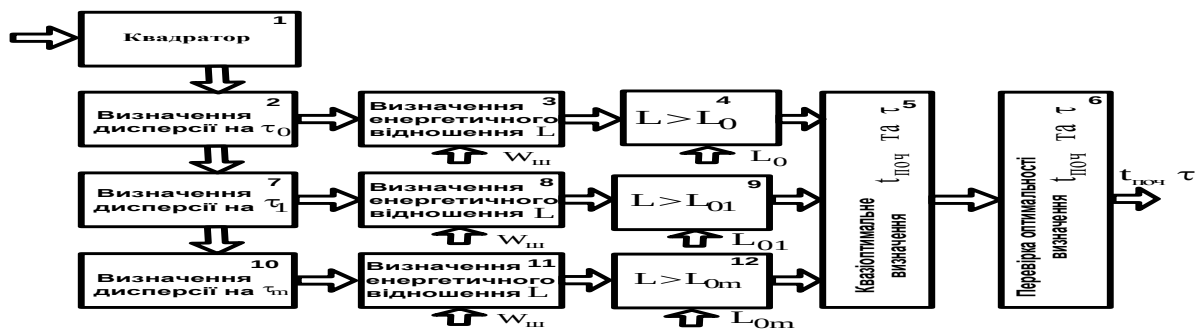


Рис. 1 Спосіб послідовного енергетичного виявлення радіосигналів при апріорній невизначеності їх тривалості

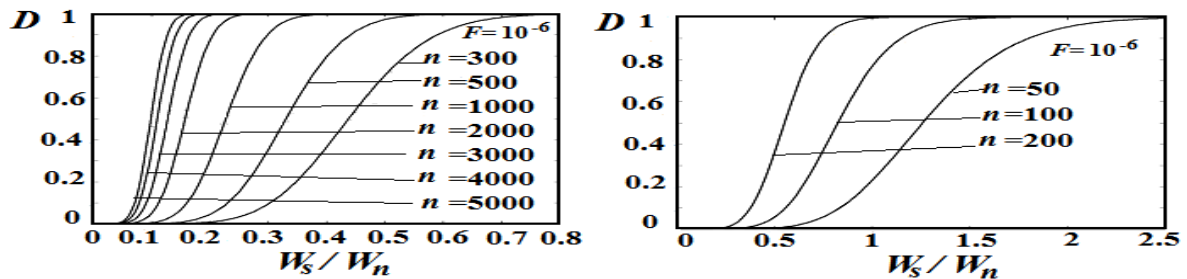


Рис.2 Залежність умовної ймовірності правильного виявлення сумарної енергії детермінованого радіосигналу і гаусівського шуму від відношення енергії радіосигналу до енергії шуму

На рис.4 приведена ілюстрація способу послідовного виявлення радіосигналу при інтервалах аналізу різної тривалості.

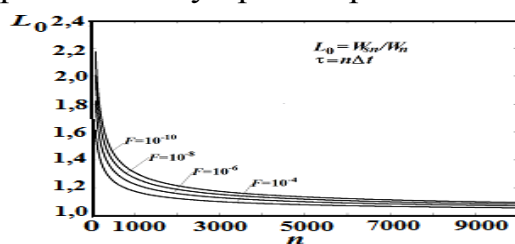


Рис.3 Залежність порогу прийняття рішення про виявлення радіосигналу від його тривалості

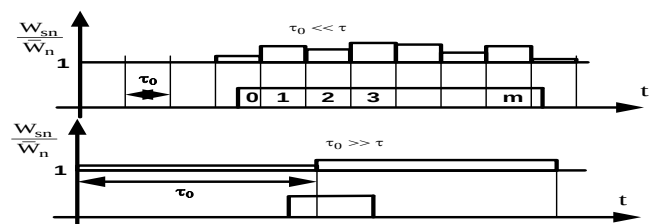


Рис.4 Ілюстрація виявлення тривалого радіосигналу при інтервалах аналізу тривалості $\tau \ll \tau_0$ і $\tau_0 \ll \tau$

Висновок. На основі оцінювання дисперсії випадкової величини на інтервалах аналізу різної тривалості визначаються енергетичні відношення правдоподібності, які порівнюються з порогоми виявлення, що розраховуються на основі критерію Неймана-Пірсона для різної тривалості радіосигналів, і за максимумом енергетичного відношення правдоподібності приймається рішення про виявлення радіосигналів та визначення їх тривалості.

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. Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Карлов Д.В., Трофименко Ю.В. Теоретичні основи новітніх технологій побудови радіолокаційних систем // Наука і оборона. Науково-теоретичний та науково-практичний журнал. №2. - 2014. - с.45-53
3. 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.

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

Куриленко А.В., Петрова В.Н.

Институт телекоммуникационных систем ИТУУ «КПИ»

E-mail: alena.kafidova@gmail.com

Internet of Things

We examine new conception is the Internet of Things (IoT), which the number of users will be measured units and in tens trillions. Client base of IoT things are underlaid (devices, devices, databases). Fundamental descriptions of conception of IoT and protocols are considered for the networks of IoT.

Развитие сетей связи общего пользования (ССОП) в первом десятилетии XXI века осуществлялось на базе концепции сетей связи следующего поколения (NGN – Next Generation Network). Концепция NGN предусматривает эволюционный переход от сетей с коммутацией каналов к сетям с коммутацией пакетов, что сегодня реализовано в виде фрагментов сетей или крупномасштабных сетей с коммутацией пакетов практически всеми ведущими операторами мира.

Замечательно оправдавшая себя концепция NGN вместе с тем была рассчитана на обслуживание единиц и нескольких десятков миллиардов пользователей. Взаимодействие же устройств между собой заставляет задуматься о построении триллионной сети, т.е. сети, в которой число пользователей будет измеряться единицами и десятками триллионов. Такая концепция получила название Интернета Вещей (ИВ) [1, 2].

Анализ исследований и публикаций. О концепции Интернета Вещей (ИВ), с взаимодействием устройств между собой [1, 2]. Вещи определяются Сектором стандартизации телекоммуникаций МСЭ (МСЭ-Т) в концепции ИВ как “объекты физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), которые можно идентифицировать и интегрировать в сети связи” [4]. Оценивается число вещей в сети в 7 трлн единиц к 2017– 2020 г. [5]. В то же время в [6] предельное значение числа вещей в сетях связи оценивается как 3000–5000 единиц в расчете на одного человека. Сетевой базой для реализации концепции ИВ являются самоорганизующиеся сети [2].

Клиентская база ИВ. Само название концепции подразумевает, что в основе клиентской базы ИВ лежат вещи (устройства, приборы, базы данных и т.д.). Поэтому, прежде чем перейти к исследованию сетевых вопросов реализации концепции ИВ, необходимо строго определить, что такое вещь в современном сетевом понимании. Гегель определял вещь следующим образом [3]: “существующее нечто есть вещь” и далее “Вещи-в-себе не должно быть свойственно какое-либо определенное многообразие и потому

она обретает такое многообразие лишь будучи вынесена во внешнюю рефлексию, но остается она к нему безразличной”.

Международный исследовательский беспроводный Форум оценивает число вещей в сети в 7 трлн единиц к 2017–2020 г. [5]. В то же время в [6] предельное значение числа вещей в сетях связи оценивается как 3000–5000 единиц в расчете на одного человека, что позволяет говорить о 50 трлн вещей в сети.

Такое громадное число терминалов требует по-новому подойти и к созданию сетей связи. Триллионные сети могут быть построены на основе самоорганизующихся сетей [2], подразумевающих наличие случайного числа узлов и взаимосвязей между ними в любой конкретный момент времени существования сети. Последнее полностью соотносится с фундаментальными характеристиками концепции ИВ [4].

Фундаментальные характеристики концепции ИВ. В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т к ним относятся приведенные ниже характеристики.

Связность. Одна из важнейших метрик самоорганизующихся сетей. В [7], например, доказано, что связность в большей степени влияет на длительность жизненного цикла беспроводной сенсорной сети, чем мобильность, энергоэффективность и покрытие. МСЭ-Т определяет характеристику связности как возможность любой вещи быть связанной с глобальной инфокоммуникационной структурой.

Обеспечение вещей услугами. Сеть связи, каковой бы она ни была, предназначена для обеспечения клиентской базы услугами. В отношении вещей предполагается, что услуги, относящиеся к конкретной вещи как элементу клиентской базы, должны предоставляться без ограничений для физических и виртуальных вещей. Кроме того, предусматривается возможность автономного (в отрыве от иных элементов сети) предоставления услуг.

Гетерогенность. Эта фундаментальная характеристика ИВ дает возможность устройствам ИВ быть построенными на различных аппаратных, программных платформах и сетях. При этом устройства ИВ должны иметь возможность взаимодействовать с иными устройствами (в том числе и ИВ) через различные сети связи.

Динамические изменения. Статус вещей может изменяться динамически, например, от спящих к активным, от связанных в определенный момент времени с сетью – к несвязанным и т.д. Число вещей, местоположение, скорость и т.п. также могут меняться динамически.

Огромная шкала вещей. Как уже отмечалось, в соответствии с современными воззрениями речь идет о десятках триллионов вещей, что и позволяет говорить о триллионных сетях.

Самоорганизующиеся сети. Сетевой базой для реализации концепции ИВ являются самоорганизующиеся сети. В соответствии с [2] самоорганизующейся сетью называется сеть, в которой число узлов является случайной величиной во времени и может изменяться от 0 до некоторого значения $N_{\max}$.

Как все сети связи, самоорганизующаяся сеть состоит из сетей доступа и транзитной сети. Сеть доступа называется Ad Hoc (целевая сеть), а транзитная сеть – mesh (ячеистая). Узлы сети Ad Hoc не имеют функций маршрутизации и могут осуществлять взаимосвязь лишь с ближайшими узлами. Узлы mesh имеют встроенные функции маршрутизации и могут поддерживать установление соединения не только к ближайшему узлу, но и ко многим другим. Такой сетевой режим называется multi-hop (многошаговое соединение) в отличие от соединений для дочерних узлов Ad Hoc сети, ограниченных одним шагом в установлении соединения (onehop). Очевидно, что узлы самоорганизующейся сети могут совмещать родительские и дочерние функции.

Примеры самоорганизующихся сетей. Сегодня наиболее известны следующие приложения ИВ (самоорганизующихся сетей):

- всепроникающие сенсорные сети (USN – Ubiquitous Sensor Networks);
- сети для транспортных средств (VANET – Vehicular Ad Hoc Networks);
- муниципальные сети (HANET – Home Ad Hoc Networks);
- медицинские сети (MBAN – Medical Body Area Network).

Остановимся подробнее на всепроникающих сенсорных сетях как технологической основе ИВ. Беспроводные всепроникающие сенсорные сети USN представляют собой самоорганизующиеся сети, состоящие из множества беспроводных сенсорных узлов, распределенных в пространстве и предназначенных для мониторинга и/или управления характеристиками окружающей среды или объектами, расположенными в ней.

Таким образом, концепция Интернета Вещей знаменует наступление нового этапа в развитии телекоммуникаций, требующего изменения принципов построения сети, создания новых протоколов, исследования новых моделей трафика, поиска новых алгоритмов маршрутизации, введения дополнительных метрик QoS и т.п. Российская научная школа в области телекоммуникаций может внести существенный вклад в развитие данного направления, в первую очередь, в области разработки новых алгоритмов функционирования таких сетей и в исследовании потоков трафика для них.

Литература

1. Бутенко В.В., Назаренко А.П., Сарьян В.К. IoT – новая точка развития ИКТ и средство кардинального повышения адаптивных возможностей человека при взаимодействии с ухудшающейся антропогенной средой / Тр. 54-й научной конференции МФТИ. Радиотехника и кибернетика. – М.: МФТИ. – 10-30 ноября 2011 г.
2. Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А. Самоорганизующиеся сети. – СПб.: Любавич, 2011.
3. Гегель Г.В.Ф. Наука логики. – СПб.: Наука, 1997.
4. Recommendation Y.2060. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. – June 2012.
5. Sorensen L., Skouby K.E. Use scenarios 2020 – a worldwide wireless future. Visions and research directions for the Wireless World / Outlook. Wireless World Research Forum. – July 2009, №4.
6. Waldner J.-B. Nanocomputers and Swarm Intelligence / ISTE, John Wiley & Sons, 2008.

РОЗПОДІЛЕНА ЛОКАЛІЗАЦІЯ ВУЗЛІВ У БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Лисенко О.І., Трач Б.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: bv.trach@gmail.com

Distributed node localization in wireless sensor networks

Discusses algorithms for localization of nodes in wireless sensor networks. Shows the same structure algorithms, consisting of a phase detection distances to the reference nodes, the calculation of the coordinates in the sensor nodes, and an iterative process of refinement of coordinates.

На даний момент безпроводові сенсорні мережі є важливим інструментом дослідження фізичного світу. Їх важливість пов'язана з новими можливостями використання, що обумовлені такими характеристиками БСМ, як відсутність необхідності у кабельній інфраструктурі, мініатюрність вузлів, низьке споживання електроенергії, вбудований радіоінтерфейс, досить висока обчислювальна здатність, порівняно невелика вартість. Все це зробило можливим їх широке застосування у багатьох сферах людської діяльності з метою автоматизації процесів збору інформації, моніторингу, контролю характеристик різноманітних технічних та природніх об'єктів [1]. При цьому у зв'язку з обмеженими ресурсами окремих вузлів для вирішення багатьох задач необхідна кооперативна робота всіх вузлів мережі для досягнення цілі.

Одною з таких задач є задача локалізації вузлів у безпроводовій сенсорній мережі з самоорганізацією. Вона полягає у визначенні координат індивідуальних сенсорів без використання зовнішньої інфраструктури. Задача локалізації багато досліджувалась у минулому, оскільки у багатьох прикладних сферах важлива інформація про розміщення об'єктів чи людей, і для їх вирішення було розроблено велику кількість систем. Найвідомішою з них є система Global Positioning System (GPS). Однак підхід GPS не може бути застосований у БСМ у зв'язку з його вимогами до наявності великої кількості додаткової інфраструктури (наприклад, супутників).

Мета дослідження — дослідження алгоритмів розподіленої локалізації. Об'єктом дослідження є фази виконання цих алгоритмів. Предметом дослідження є розподілена локалізація вузлів у безпроводових сенсорних мережах.

До алгоритмів, що застосовуються у таких мережах, висувають наступні вимоги: самоорганізація (незалежність від глобальної інфраструктури), надійність (стійкість до відмов вузлів та помилок вимірювання), енергетична ефективність. Ці вимоги впливають з властивостей середовища, у яких застосовують сенсорні мережі. Вимога самоорганізації пов'язана з тим, що контроль над розміщенням кожного вузла відсутній (наприклад, при розгортанні мережі з літального засобу). Передбачається, що деякі вузли

мають апріорні знання своїх позицій згідно з певною глобальною системою. Однак ці вузли мають такі самі властивості, як і інші (системи з вузлами-маяками не розглядаються). У вузлів передбачається можливість визначення відстаней до своїх безпосередніх сусідів. На практиці найкраще працюють методи, що базуються на вимірюванні часу поширення сигналу, особливо при комбінації з акустичними сигналами [2, 3].

Розроблено декілька алгоритмів, що призначені для функціонування у таких умовах: ad-hoc позиціонування [4], N-вузлова мультилатерація [3], та надійне позиціонування [5], кожен з яких має свої переваги та недоліки [6]. Всі вони мають подібну структуру з трьох етапів, на кожному з яких можливо застосовувати один з багатьох алгоритмів:

1. Вимірювання відстані до безпосередніх сусідів.
2. Визначення координат вузла на основі відстаней та інформації від опорних вузлів.
3. Уточнення позицій на основі інформації від сусідніх вузлів.

Перший етап полягає у обміні інформацією для сумісного визначення відстаней до сусідніх та опорних вузлів. На цьому етапі у жодному алгоритмі не виконуються складні обчислення, він полягає у комунікації з сусідніми вузлами. Інформація поширюється флудінгом починаючи від опорних. При цьому постає проблема масштабування – у великих мережах інформація від певного вузла *A* буде передана всім іншим. Її вирішують обмежуючи поширення інформації – точні координати можливо розрахувати на основі даних від малої кількості опорних вузлів.

Найпростіший алгоритм — це алгоритм суми відстаней, що просто підсумовує відстань до сусіда з оголошеними ним відстанями до всіх відомих вузлів. Алгоритм починає роботу з опорних вузлів, які відправляють повідомлення із оголошенням своєї ідентичності, позиції та довжини шляху, рівною нулю. Кожен вузол, що отримує повідомлення, додає до довжини шляху виміряну відстань до сусіда, що передає це повідомлення, та передає оновлену інформацію. Якщо інформацію про певний вузол вже було передано у мережу, повторна трансляція та оновлення повідомлення дозволяється тільки у випадку, якщо оновлена довжина шляху менша, ніж передана раніше. Його недоліком є накопичення помилки у мережах з малою кількістю проміжних вузлів або низькоякісним обладнанням вимірювання відстані.

Складніший алгоритм - це DV-hop. Він виконується в два етапи, перший з яких ідентичний алгоритму суми відстаней, однак додатково зберігається кількість проміжних вузлів на шляху до кожного з опорних вузлів. Другий етап - це калібрування. При цьому координати кожного з проміжних вузлів на шляху уточнюються з урахуванням множення середнього арифметичного значення довжини одного прольоту на шляху до опорного вузла на кількість проміжних вузлів на цьому шляху. Цей алгоритм працює на основі припущення, що відстані між вузлами будуть мати низьку дисперсію.

Це припущення відсутнє у евклідовському алгоритмі, що враховує локальну топологію. Коли вузол одержує інформацію про опорний вузол від двох різних сусідів, відстань між якими відома, він уточнює відстань на

основі даних від обох сусідів. Це відбувається через механізм "голосування сусідів", що виконується при наявності третього вузла, на основі даних якого можна перевірити коректність обчислення відстані. Другий метод спрацьовує тоді, коли є три сусідні вузли, відстані між якими відомі, що також може бути використане для уточнення позиції. Передбачається відкидання плоских трикутників, що порушують функціонування обох протоколів.

У другій фазі на основі відстаней до опорних вузлів розраховуються позиції сенсорів. Для обчислення позицій використовується або мультилатерація, або простий алгоритм мінімум-максимум. Найпоширеніший алгоритм - мультилатерація, форма тріангуляції. На основі оцінок відстані d_i до i -того опорного вузла та відомих координат (x_i, y_i) виводиться система рівнянь

$$\begin{aligned}(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 &= d_1^2 \\ \vdots \\ (x_n - x)^2 + (y_n - y)^2 &= d_n^2\end{aligned}\tag{1}$$

де (x, y) — невідомі координати.

Лінеаризувавши цю систему через віднімання останнього рівняння від перших $n-1$, та вирішивши його методом найменших квадратів, одержимо оцінку координат. Для перевірки оцінки обчислюється залишок

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} - d_i}{n}.$$

Велике значення залишку означає високу помилку.

Обчислене значення відкидається, якщо залишок більший за максимальну дальність передачі сигналу.

У третій фазі відбувається уточнення позиції вузла. Зазвичай процедура включає трансляцію сусіднім вузлам оцінки своєї позиції та виконання мультилатерації на основі цієї інформації. Після декількох повторів похибка значно знижується.

Література

1. Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarabramaniam, and Erdal Cayirci: A Survey on sensor networks, IEEE Communications Magazine (2002).
2. A. Savvides, H. Park, M. Srivastava, The bits and flops of the N-hop multilateration primitive for node localization problems, First ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Application, Atlanta, GA, 2002.
3. L. Girod, D. Estrin, Robust range estimation using acoustic and multimodal sensing, in: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Maui, Hawaii, 2001.
4. D. Niculescu, B. Nath, Ad-hoc positioning system, in: IEEE GlobeCom, 2001.
5. C. Savarese, K. Langendoen, J. Rabaey, Robust positioning algorithms for distributed ad-hoc wireless sensor networks, USENIX Technical Annual Conference, Monterey, CA, 2002, pp. 317–328.
6. K. Langendoen, N. Reijers, Distributed localization in wireless sensor networks: a quantitative comparison, Computer Networks: Int. Journal of Computer and Telecommunications Networking, V. 43 Iss. 4, 15 Nov. 2003.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕПЛООВОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ

Лубський М.С.

*Науковий центр аерокосмічних досліджень
Землі Інституту геологічних наук НАН України
E-mail:nickolo1990@gmail.com*

Informativity enhancement of thermal infrared imagery

Methods and mathematic instruments of increasing of infrared satellite imagery quality and informativity are described. Adding of the radiative transfer model and knowledge of the physical properties of the Earth surface to satellite imagery processing provides enhancement of its reliability, and using of array of images with subpixel shifting enable increasing of the imagery spatial resolution.

Застосування супутникових оптико-електронних сенсорів теплового інфрачервоного діапазону дозволяє отримати цінну і принципово відмінну інформацію від даних, одержаних за допомогою сенсорів видимого діапазону інформацію, яка дозволяє розширити спектр застосування систем дистанційного зондування Землі: виявлення теплових аномалій в процесі розвідки корисних копалин, виявлення вогнищ лісових пожеж, дослідження джерел теплового забруднення, картування теплових островів урбанізованого середовища, тощо. Використання електромагнітних сенсорів теплового інфрачервоного діапазону пов'язане з рядом складностей, одна із головних полягає у порівняно низькій просторовій розрізненості зображень.

Принциповою відмінністю зображень теплового діапазону – це можливість визначення на їх основі фізичних характеристик поверхні Землі: температури та коефіцієнта теплового випромінювання, які знаходяться в нерозривному взаємозв'язку [1]. Саме ця можливість і лягає в основу підвищення інформативності зображення.

Підвищення інформативності зображень полягає у вирішенні двох задач:

1) точне визначення фізичних величин, необхідних для вирішення конкретних тематичних задач за даними аерокосмічного знімання, перш за все термодинамічної температури та коефіцієнта теплового випромінювання земної поверхні;

2) підвищення просторової розрізненості інфрачервоних зображень.

Визначення температури земної поверхні за допомогою зображень теплового інфрачервоного діапазону можливе завдяки застосуванню закону теплового випромінювання Планка:

$$L(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda) M(\lambda, T) = \frac{\varepsilon(\lambda) c_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1}, \quad (1)$$

де $L(\lambda, T)$ – спектральна щільність енергетичної яскравості земної поверхні, $\varepsilon(\lambda)$ – спектральний коефіцієнт теплового випромінювання, $M(\lambda, T)$ – спектральна щільність енергетичної яскравості абсолютно чорного тіла, c_1 і c_2 – перша і друга константи закону Планка, h – стала Планка, c – швидкість світла у вакуумі, k – стала Больцмана, λ – довжина хвилі електромагнітного випромінювання.

Для визначення достовірних значень спектральної щільності енергетичної яскравості L_i обов'язковою умовою є усунення впливу оптичної густини атмосфери, обумовленої наявністю в атмосфері газів, водяної пари, що поглинають, відбивають і розсіюють випромінювання. Для цього використовується інтегральне рівняння радіаційного переносу:

$$L_i = \varepsilon_i \tau_i \int M(\lambda, T) S_i(\lambda) + L_i^{\uparrow} + (1 - \varepsilon_i) \tau_i L_i^{\downarrow}, \quad (2)$$

де i – відповідний спектральний канал, ε_i – коефіцієнт теплового випромінювання, τ_i – коефіцієнт пропускання атмосфери, $S_i(\lambda)$ – нормована спектральна чутливість сенсора, $L_i^{\uparrow}$ і $L_i^{\downarrow}$ – спектральна щільність енергетичної яскравості висхідного та спадного випромінювання [2]. Принциповим є той факт, що всі показники можуть мати різні значення в залежності від спектрального діапазону.

Обернений закон Планка дозволяє визначити температуру поверхні Землі:

$$T = \frac{c_2}{\lambda \ln \left(\frac{\varepsilon(\lambda) c_1}{\lambda^5 L} + 1 \right)}, \quad (3)$$

Оскільки на протязі довгого часу більшість територій є не змінними, коефіцієнт теплового випромінювання для однієї території є постійним, можливе створення їх спектральних бібліотек, в які вносяться значення, отримані при виконанні польових вимірювань, результатом яких є класифікування території на характерні класи: рослинність, різні геологічні утворення, штучні та водні поверхні, для яких створюються спектри коефіцієнтів теплового випромінювання. Також існують методи розділення температури та коефіцієнту теплового випромінювання за даними космічного знімання. Це можливо у випадку роботи одночасно у кількох спектральних діапазонах: наприклад, Split Window Technique (SWT) застосовується при роботі в двох діапазонах [3], TES (Temperature and Emissivity Separation), у випадку наявності більше двох спектральних діапазонів [4].

Підвищення просторової розрізненості можливе при наявності двох або більше зображень однієї території і виконується при накладанні одного зображення на інше на частку пікселя.

Субпіксельне зміщення можливе за рахунок наявності інваріантних фізичних величин для усіх зображень, для яких виконується підвищення розрізненості. У випадку, коли наявні декілька зображень, виконаних одночасно (наприклад, при скануванні сенсорною системою, що працює в декількох спектральних діапазонах) інваріантною величиною буде

температура. Якщо у наявності є зображення, виконані у різний час – тоді інваріантною величиною виступає коефіцієнт теплового випромінювання.



Рис. 1 Субпіксельне розділення зображень

Застосування статистичної оцінки різниці інваріантних для даних зображень величин отримується оцінка субпіксельного зміщення одного зображення відносно іншого (напрям зміщення та його величина). Це значення є головним і достатнім показником для подальшого відновлення зображення підвищеної просторової розрізненості одним із відомих способів [5].

Таким чином, запропонований підхід до підвищення інформативності даних супутникового теплового інфрачервоного знімання за допомогою розрахунку субпіксельного зміщення зображень одне відносно одного на основі статистичної оцінки різниці інваріантних фізичних величин для даних зображень.

Література

1. Станкевич С.А. Виявлення додаткових розпізнавальних ознак об'єктів за результатами багатозонального дистанційного спостереження в інфрачервоному спектральному діапазоні / С.А. Станкевич // Труды академії.– Вип.23.– Київ: НАО України, 1999.– С.92-99.
2. Tang H. Quantitative Remote Sensing in Thermal Infrared: Theory and Applications / H. Tang, Z.-L. Li.– Berlin: Springer-Verlag, 2014.– 281 p.
3. Ulivieri C. A split window algorithm for estimating land surface temperature from satellites / C. Ulivieri, M.M. Castronuovo, R. Francioni, A. Cardillo // Advances in Space Research.– 1992.– vol.14.– No.3.– P.59-65.
4. Gillespie A. A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images / A. Gillespie, S. Rokugawa, T. Matsunaga, J.S. Cothorn, S. Hook, A.B. Kahle // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.– 1998.– Vol.36.– No.4.– P.1113-1126.
5. Vandewalle P. Subspace-based methods for image registration and super-resolution / P. Vandewalle, L. Baboulaz, P.L. Dragotti, M. Vetterli // Proceedings of 15th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'2008).– San Diego: IEEE, 2008.– P.645-648.

ПІДХІД ДО ЗЛИТТЯ КОРЕЛЬОВАНИХ СВІДЧЕНЬ, ЩО ОДЕРЖУЮТЬСЯ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМАХ

Попов М.О., Топольницький М.В.

Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України

E-mail: mpopov@casre.kiev.ua

An approach for correlative evidence fusion in multichannel sensor's systems

An approach for correlative evidence fusion in multichannel sensor's systems is represented. The order of application of the proposed approach is shown on concrete example.

До багатоканальних сенсорних систем належать, серед інших, аерокосмічні багатоспектральні системи, в яких сигнали випромінювання від об'єктів реєструються в окремих спектральних зонах. Аналіз цих сигналів дає можливість формувати гіпотези, або свідчення про належність зареєстрованих об'єктів до того чи іншого класу. Свідчення з різних спектральних зон можуть як співпадати, так і конфліктувати між собою. Тому остаточні рішення доцільно приймати через злиття інформації, яка одержана в різних каналах. А. Демпстером [1] запропоноване просте правило злиття свідчень, які одержуються з взаємно незалежних джерел. Однак його застосуванню заважає той факт, що більшість каналів на практиці є у тій чи іншій мірі корельованими.

У даній роботі пропонується підхід, який дозволяє врахувати корельованість спектральних каналів при злитті свідчень за правилом Демпстера. Основою аналізу в теорія Демпстера-Шейфера [2] є множина Ω гіпотез, або свідчень. Кожне свідчення A ($A \subseteq \Omega$) супроводжується масою $m(A)$, яка характеризує рівень довіри до цього свідчення. Якщо свідчення A в одному спектральному каналі має масу $m_1(A)$, а в другому $m_2(A)$, то за правилом Демпстера об'єднана оцінка маси цього свідчення розраховується у вигляді:

$$m_1 \oplus m_2(A) = \frac{1}{1-K} \sum_{D_1 \cap D_2 = A} m_1(D_1) \cdot m_2(D_2), \quad (1)$$

де величина K має назву коефіцієнту конфліктності,

$$K = \sum_{D_1 \cap D_2 = \emptyset} m_1(D_1) \cdot m_2(D_2).$$

В основі підходу, що пропонується, покладена ідея коригувати об'єднані оцінки мас свідчень з урахуванням величини коефіцієнту кореляції між відповідними спектральними каналами. Так, якщо розраховується об'єднана оцінка маси свідчення A шляхом злиття оцінок мас $m_1(A)$ та $m_2(A)$ з двох спектральних каналів $S1$ та $S2$, які мають коефіцієнт взаємної кореляції r_{12} , то одна з цих мас, наприклад, $m_1(A)$, коригується до величини

$$m_1^*(A) = (1 - |r_{12}|) \cdot m_1(A). \quad (2)$$

Слід відзначити, що завдяки асоціативності правила Демпстера коригувати можна будь-який канал з двох, що зливаються. Однак треба враховувати, що при коригуванні невизначеність основи аналізу Ω зростає у даному випадку відповідно на величину $|r_{12}| \cdot m_1(A)$.

Покажемо на ілюстративному прикладі, як працює пропонований підхід. Припустимо, оптико-електронна системи має три спектральні канали $S1$, $S2$ та $S3$, причому канали $S1$ і $S2$ корелюють між собою з коефіцієнтом $r_{12} = 0.8$, а канал $S3$ є незалежним від інших. Нехай, проведений аналіз сигналів в каналах надав результати, показані в табл. 1, де A , B , C – свідчення.

Таблиця 1

S1	$m_1(A) = 0.7; \quad m_1(B, C) = 0.3$
S2	$m_2(A) = 0.6; \quad m_2(B, C) = 0.4$
S3	$m_3(A) = 0.3; \quad m_3(B) = 0.5; \quad m_3(C) = 0.2$

Перший крок – злиття свідчень, що одержані в каналах $S1$ та $S2$. Враховуючи їхню корельованість, спочатку коригуємо маси свідчень, використовуючи для цього формулу (2):

$$m_1^*(A) = (1 - 0.8) \cdot 0.7 = 0.14; \quad m_1^*(B, C) = (1 - 0.8) \cdot 0.3 = 0.06; \quad m_1^*(\Omega) = 0.8.$$

Таблиця 2

		S2	
		$m_2(A) = 0.6$	$m_2(B, C) = 0.4$
S1	$m_1^*(A) = 0.14$	0.084	0.056
	$m_1^*(B, C) = 0.06$	0.036	0.024
	$m_1^*(\Omega) = 0.8$	0.48	0.32

Далі, використовуючи табл. 2 і правило (1), одержуємо оцінки, об'єднані для каналів $S1$ та $S2$:

$$m_{12}(A) = 0.62; m_{12}(B, C) = 0.38.$$

Наступний крок – злиття одержаних оцінок зі свідченнями, які надав незалежний канал S3. Спираючись на правило (1), одержуємо з табл. 3 оцінки достовірностей свідчень з урахуванням даних від всіх трьох спектральних каналів:

$$m_{123}(A) = 0.41; m_{123}(B) = 0.42; m_{123}(C) = 0.17.$$

Ранжування одержаних оцінок дає:

$$m_{123}(B) \succ m_{123}(A) \succ m_{123}(C),$$

тобто найбільш достовірним у підсумку виявляється свідчення B.

Таблиця 3

		S3		
		$m_2(A) = 0.3$	$m_2(B) = 0.5$	$m_2(C) = 0.2$
S1+S2	$m_{12}(A) = 0.62$	0.186	0.31	0.124
	$m_{12}(B, C) = 0.38$	0.114	0.19	0.076

Якщо ж провести аналогічні розрахунки без урахування факту корельованості каналів (прийняти, що $r_{12} = 0$), то одержуємо:

$$m_{123}(A) = 0.60; m_{123}(B) = 0.28; m_{123}(C) = 0.12.$$

Ранжування дає:

$$m_{123}(A) \succ m_{123}(B) \succ m_{123}(C),$$

тобто при таких умовах перевагу по достовірності має свідчення A.

Висновок: запропоновано підхід до злиття свідчень, що одержуються в багатоканальних сенсорних системах, який дозволяє враховувати міжканальні кореляційні властивості сенсорних систем і, таким чином, одержувати більш достовірні оцінки.

Література

1. Dempster A.P. A generalization of Bayesian inference / A.P. Dempster // Journal of the Royal Statistics Society, 1968, Series B, 30, pp. 205–247.
2. Klein L. A Sensor and Data Fusion / L. Klein // Bellingham: SPIE PRESS, 2004. – 318 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВИХ АДАПТИВНИХ ФІЛЬТРІВ З ПАРАЛЕЛЬНО- ПОСЛІДОВНИМ ВАГОВИМ ПІДСУМОВУВАННЯМ СИГНАЛІВ

Семібаламут К.М.

Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка

E-mail: balamut-7@meta.ua

Study performance of digital adaptive filters parallel-series weighted summation signals

The study analytical characteristics of adaptive digital filters with parallel-series summation signals. Results of the study allow us to make recommendations on the selection and configuration of the individual stages of the filter.

Актуальність. Сучасний етап розвитку цивілізації характеризується глобалізацією та інформатизацією суспільства, бурхливим розвитком інтелектуальних технологій. Широке використання у всіх сферах діяльності людини набуває процес отримання та передачі інформації за допомогою інформаційних систем (ІС). Інформаційна складова – важливий стратегічний ресурс. Викривлення або повне порушення інформації, яка циркулює в інформаційній системі, є головною метою інформаційної боротьби протиборчих сторін.

Прикладами ІС можуть бути лінії радіозв'язку, засоби радіолокації, гідролокації, радіо і радіотехнічного моніторингу, сенсорні мережі – один із сучасних представників ІС, який почав розвиватись із середини 90-х років [1].

Насичення ефіру радіовипромінюваннями від великої кількості ІС різного роду, не пов'язаних одна з одною, але працюючих в одному діапазоні радіочастот можуть бути джерелами взаємних завад. Тому, використання адаптивних антенних решіток один з способів придушувати завади, за рахунок формування нулів у діаграмі спрямованості в напрямках на джерела завад [2].

Таким чином, інформаційна безпека держави потребує постійного удосконалення технологій обробки сигналів у ІС, дослідження і пошуку найбільш ефективних алгоритмів цифрової просторової фільтрації сигналів у ІС різного призначення [3-5].

Стисле викладення матеріалу. Відомо, що характерною особливістю градієнтних алгоритмів адаптивної фільтрації з паралельним ваговим підсумовуванням є суттєва залежність швидкості їх збігу від обумовленості кореляційної матриці (КМ) завадових сигналів [6, 7]. Погана обумовленість КМ завадових сигналів є результатом складної сигнально-завадової обстановки, виникнення якої цілком імовірно в умовах дії як навмисних так і ненавмисних завад. Очевидно, що задачу зниження чутливості градієнтних цифрових адаптивних фільтрів до обумовленості КМ можна вирішити за

рахунок зменшення розмірності фільтра до величини, при якій площа обумовленість КМ завадових сигналів просто не може мати місце. Задача зниження розмірності градієнтного адаптивного фільтра зводиться до декомпозиції загальної багатомірної задачі адаптивної фільтрації. Один з методів зниження такої чутливості є застосування відомого алгоритму паралельно-послідовного вагового підсумовування [8].

Великий перелік робіт присвячених дослідженню характеристик градієнтних адаптивних фільтрів з паралельно-послідовним ваговим підсумовуванням (ППВП) не дозволяє аналітично оцінювати швидкодію даних фільтрів у різних завадових ситуаціях без використання методів статистичного моделювання.

В якості об'єкту дослідження обрано ІС, з N -канальною антенною решіткою (по числу додаткових каналів прийому) та цифровим адаптивним фільтром з паралельно-послідовним ваговим підсумовуванням на вхід якого поступають сигнали від $M < N$ джерел завад і корисний сигнал, для спрощення, вважаємо присутній у $(N + 1)$ каналі прийому.

Обираючи за критерій ефективності – швидкість адаптації цифрового адаптивного фільтра ІС до впливу завад, можна сформулювати постановку задачі наступними складовими:

1. Розробити метод аналітичного розрахунку, який встановлює зв'язок швидкості зміни потужності завади на виході цифрового адаптивного фільтра з ППВП від параметрів, які характеризують завадову ситуацію, та значень крокового множника μ_i у модулях фільтра.

2. Проаналізувати механізми затягування перехідних процесів та запропонувати шляхи їх подолання або послаблення степені негативного впливу завадової ситуації на швидкодію цифрового адаптивного фільтра з ППВП.

Для вирішення задачі використовувались математичний апарат лінійної алгебри та статистичне моделювання [9-11].

Рішенням поставленої задачі є отримання рекурентних співвідношень розрахунку коефіцієнтів передачі модулів, які знаходяться на першому рядку алгоритмічної схеми, потім для розрахунку коефіцієнтів передачі модулів другого рядку і т.д.

Наукова новизна. Запропоновано новий метод аналітичного розрахунку робочих характеристик цифрових адаптивних фільтрів з ППВП. Розрахункові значення коефіцієнтів передачі усіх модулів алгоритмічної схеми цифрового адаптивного фільтра з ППВП використовуються для розрахунку потужності завади на виході фільтра, в залежності від параметрів КМ завадових сигналів та крокових множників μ_p .

Висновки. На підставі аналізу отриманих результатів аналітичного розрахунку та статистичного моделювання можна стверджувати, що:

1. Аналітичний розрахунок перехідних процесів цифрового адаптивного фільтра з ППВП з точністю до визначеного рівня шумів градієнту співпадає з результатами статистичного моделювання, що підтверджує працездатність запропонованого методу і обраних припущень.

2. Аналіз поведінки коефіцієнтів передачі модулів дозволяє стверджувати, що ефект «перерегулювання» є причиною затягування перехідних процесів цифрового адаптивного фільтру, що знижує ефективність адаптації фільтру на джерело завади.

3. Найбільш суттєвий вплив на швидкодію цифрового адаптивного фільтру з ППВП оказує значення крокового множника в модулі N -го рядку.

4. У випадку поганой обумовленості КМ заводових сигналів підвищення крокового множника μ_N призводить до суттєвого скорочення часу адаптації цифрового адаптивного фільтру тільки при великих значеннях різниці $(N - M)$.

5. Запропонований метод може бути корисним на етапі розробки цифрових адаптивних фільтрів з ППВП, обґрунтуванні вибору параметрів налаштування фільтру для максимізації ефективності його роботи без застосування статистичного моделювання, яке може бути достатньо тривалим у випадку великої розмірності фільтру.

Література

1. Толюпа С. В. Побудова та моделювання сенсорних мереж на сучасних інформаційних технологіях та забезпечення їх інформаційної безпеки / Толюпа С.В., Пархуць Л.Т., Власов О.М. // Наукові записки УНДІЗ. – 2011. – № 4(20). – С. 9-14.
2. Монзинго Р. А. Адаптивные антенные решетки / Р. А. Монзинго, Т. У. Миллер. – М. : Радио и связь, 1986. – 448 с.
3. Ширман Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос. – М. : Радио и связь, 1981. – 416 с.
4. Дулевич В. Е., и др. Теоретические основы радиолокации. – М. : Сов. радио, 1964. – 731 с.
5. Кремер И. Я. Пространственно-временная обработка сигналов. – М. : Радио и связь, 1984. – 224 с.
6. Гриффитс. Простой адаптивный алгоритм для обработки сигналов антенных решеток в реальном времени. – ТИИЭР, 1969, т.57, вып. 10, С.6-16.
7. Бондаренко Б. Ф. Організація обчислень у цифровому адаптивному фільтрі / Б. Ф. Бондаренко, К. М. Семібаламут. – Збірник наукових праць. Вип. 2. – Київ. КВІУЗ, 1998. С.3-14.
8. Бондаренко Б.Ф. Применение методов функционального анализа для решения задач синтеза системы пространственно-временной обработки сигналов / Б.Ф. Бондаренко, В.П. Прокофьев. – Изв. вузов, Радиоэлектроника, 1982, №7.
9. Воеводин В. В. Матрицы и вычисления / В. В. Воеводин, Ю. А. Кузнецов. – М. : Наука, 1984. – 320 с.
10. Заездный А. М. Основы расчётов по статистической радиотехнике. – М. : Связь, 1969. – 447 с.
11. Ермаков С.М. Курс статистического моделирования / С. М. Ермаков, Г. А. Михайлов. – М. : Наука, 1976. – 320 с.

АЛГОРИТМ ПОШУКУ ТОПОЛОГІЇ В НЕОДНОРІДНІЙ БЕЗПРОВОДОВІЙ СЕНСОРНІЙ МЕРЕЖІ

Стемпковська Я.А., Сова О.Я., Симоненко О.А.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Україна
E-mail: stempkowskaya.jana@yandex.ru, soy135@ukr.net, lokalyt@gmail.com

The search algorithm in homogeneous topology wireless sensor networks

The topology control problems in the wireless sensor networks with a random placement of sensor nodes are described in the article. The algorithm to build a new network topology for the effective functioning of the entire wireless sensor network is proposed.

Безпроводові сенсорні мережі (БСМ) – розподілені мережі, що складаються з сенсорних вузлів, з інтегрованими функціями моніторингу навколишнього середовища, обробки і передачі даних. Сенсорні вузли (СВ) є платформою, яка об'єднує можливості сенсорів (датчиків, які реєструють сукупність параметрів навколишнього середовища) з мікрокомп'ютерами, які обладнані прийомо-передавальними радіомодулями.

БСМ характеризуються наступними особливостями: випадкове розміщення сенсорних вузлів на місцевості з наявністю «білих плям» або «зон скупчення» надлишкової кількості вузлів при покритті району моніторингу, неоднорідність вузлів (стаціонарні та мобільні) та обмеженість їх енергоресурсу (за ємністю батарей і потужністю передачі), обмежена дальність та пропускна спроможність радіоканалів. Їх переваги: швидке розгортання, самоорганізація і живучість.

Завдяки своїм особливостям та перевагам, БСМ стають невід'ємною частиною систем військового управління, зв'язку, розвідки, спостереження та систем орієнтування, які використовуються в збройних силах розвинених країн світу. У ході бойових дій БСМ виконують функції спостереження поля бою, розвідки сил противника і місцевості, використовуються в системах наведення інтелектуальних боєприпасів та для оцінки збитків під час бою, виявляють біологічні та хімічні атаки, а також виконують детальну розвідку в районах заражень, забезпечують охорону підрозділів чи об'єктів.

Повноцінне функціонування БСМ не можливе без ефективної системи управління (СУ), яка повинна забезпечувати адаптивне управління БСМ значної розмірності в умовах багатопараметричності та відсутності виділеної мережі управління [1, 2]. Тому, метою даного дослідження є підвищення ефективності функціонування неоднорідних БСМ в умовах ресурсних обмежень шляхом розробки математичного апарату управління їх топологією та застосування множини мобільних роботів ретрансляторів-маршрутизаторів (РМ), що дозволить оперативно виконувати задачі управління.

У загальному, топологія визначає потенційні можливості мережі щодо доставки інформації. Оскільки в процесі функціонування БСМ військового призначення відбувається поступовий вихід з ладу окремих сенсорів (зокрема через вичерпання їх енергетичних ресурсів або фізичне знищення), то між окремими з них втрачається зв'язність, що може призвести до неможливості передачі даних моніторингу до споживача інформації (посадові особи пунктів управління чи елементи озброєння) окремими зонами чи БСМ у цілому.

Для відновлення зв'язності між сенсорами в розгорнутій БСМ пропонується введення додаткових вузлів, у вигляді мініатюрних роботів, що оснащені одним або декількома комплектами приймально-передавальної апаратури і виконують функції ретрансляції та маршрутизації повідомлень.

Залежно від основного критерію ефективності, розрізняють наступні варіанти постановки задач управління топологією БСМ (рис. 1).



Рис. 1 Класифікація задач синтезу топології БСМ

Застосування даної класифікації при вирішенні задач управління топологією БСМ дозволить забезпечити безперервну передачу інформації із заданою якістю обслуговування та максимізувати час життя мережі чи її зони.

Для цього в ході дослідження були запропоновані правила розміщення робітв ретрансляторів-маршрутизаторів в неоднорідній БСМ військового призначення, які дозволяють вирішити питання зв'язності вузлів БСМ та низку інших задач управління БСМ:

- максимізація пропускної спроможності маршрутів передачі;
- мінімізація часу доставки потоків даних;
- мінімізація довжини маршруту доставки у неоднорідній БСМ військового призначення при випадковому розміщенні сенсорів.

Для того, щоб забезпечити мінімальний маршрут доставки у мережі, тобто розташувати роботи РМ таким чином, щоб довжина маршруту мережі не перевищувала заданого, пропонується побудова нової топології з використанням точок Штейнера [3]. У дослідженнях Е. Гільберта та Х. Поллака було доведено, що *дерево Штейнера* коротше за мінімальне остове дерево (MST) до 13,4 % [4, 5].

Введемо деякі поняття:

Означення 1. Коротшою зв'язувальною мережею (КЗМ) для, вершин, що належать множені, назвемо дерево з вершинами в цих точках, що мають мінімальну довжину.

Означення 2. Локальним мінімальним деревом Штейнера (SMT) назвемо дерево, що побудовано шляхом додавання точок Штейнера до заданих точок, що має довжину меншу ніж КЗМ.

Розглянемо задачу пошуку мінімального дерева Штейнера для заданої множини СВ $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, де саме точками Штейнера будуть служити РМ, на поверхні. Для знаходження коротшої зв'язувальної мережі для СВ та РМ можна визначити зважений неорієнтований граф $G = (V, E)$, де множина ребер $E = \{(v_i, v_j) \mid 0 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq n\}$.

Найкоротша зв'язувальна мережа знаходиться за допомогою алгоритму Краскала.

Для побудови SMT необхідно, щоб виконувалися наступні умови:

- (I) кут між довільними двома ребрами в дереві Штейнера був не менше 120° ;
- (II) жодна вершина в дереві Штейнера не може бути інцидентна більш, ніж трьом ребрам;
- (III) кількість точок Штейнера рівна $s \leq n - 2$, де n – кількість з'єднувальних стаціонарних сенсорних вузлів;
- (IV) усі точки Штейнера знаходяться в опуклій оболонці, що утворена сенсорними вузлами $v_1, \dots, v_n$;
- (V) кожна точка Штейнера (РМ) з'єднана ребром як мінімум з одним сенсорним вузлом (СВ).

Зауваження. При знаходженні мінімального дерева Штейнера буде використана фізична модель [6], яка, крім координат розташування СВ та РМ, приписує кожній точці так звану «вагу». Під «вагою» розумітимемо ті характеристики, які переслідує певна цільова функція на заданий момент.

Алгоритм пошуку мінімального дерева Штейнера складається з трьох головних стадій:

- Вибір початкового наближення, що є еквівалентним вибору початкових координат точок Штейнера.
- Ітеративний переоблік координат точок Штейнера.
- Обробка отриманого результату.

В початковий момент роботи алгоритму генерується певна кількість точок Штейнера (РМ). Ітеративне перерахування координат призводить до мінімізації довжини SMT.

Чисельні експерименти довели, що використання триангуляції Делона [7] для визначення початкового положення точок Штейнера (та кількості РМ) дозволяє значно покращити результат роботи алгоритму. Перерахування координат точок Штейнера закінчується, коли гравітуюча система матеріальних точок приходить до стійкого стану або після проведення заданої кількості ітерацій.

Отримана наприкінці множина вершин $H = V \cup S$, де S множина точок Штейнера, можна попарно з'єднати ребрами з вагами, що дорівнює евклідовій відстані між інцидентними цим ребрам вершинами, визначив тим самим повний зважений граф $G^* = (H, E^*)$. SMT, що є під графом графа G^* , знаходиться за допомогою алгоритму Краскала.

Оскільки алгоритм містить декілька варійованих параметрів (пропускна спроможність, час затримки, потужність передачі, ємність батареї, тощо), довжина отриманого дерева Штейнера може коливатись в залежності від цих значень.

Апроксимацію функції розподілу довжин дерев Штейнера будемо шукати у вигляді $F(x) = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ за методом найменших квадратів. Базові функції відповідно дорівнюють: $f_0(x) = x^0 = 1$, $f_1(x) = x^1$, $f_2(x) = x^2$, $f_3(x) = x^3$, $f_4(x) = x^4$. Отриманий коефіцієнт апроксимації дійсний для параметрів, встановлених у ході експерименту. Не виключено, що можливо підібрати параметри запуску, при яких коефіцієнт апроксимації буде менший, однак у роботі цього не відбулося.

У ході експериментів було отримано наступний результат: усі мінімальні дерева, що отримані за допомогою алгоритму [6], мають однакову топологію, та відрізняються від топології оптимального розв'язку лише в локальних випадках. Даний факт може бути основою для пошуку алгоритмів покращення результату локального пошуку.

Література

1. Міночкін А.І. “Методологія управління тактичними сенсорними мережами” / Міночкін А.І., Романюк В.А. // Збірник праць науково-технічної конференції. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2008. – С. 15 – 26.
2. Бунин С.Г. “Самоорганізующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами” / С.Г. Бунин, А.П. Войтер, М.Е. Ильченко, В.А. Романюк. – К.: Наукова думка, 2012.
3. V.V. Vazirani “Approximation algorithms”, Berlin, Springer, 2003.
4. Bang Ye Wu, Kun Mao Chao “Steiner Minimal Trees”, Chapman & Hall, 2004.
5. Gilbert E.N. “Steiner Minimal Trees” / E.N. Gilbert, H.O. Pollak // Journal on Applied Mathematics. – 1968. – Vol. 16. – P. 323-345.
6. Богаченко, Н.Ф. “Механические аналогии в задаче Штейнера” / Н.Ф. Богаченко, Р.Т. Файзуллин // Математические структуры и моделирование. – 2002. – № 9. – С. 1-8.
7. Скворцов, А.В. “Триангуляция Делоне и её применение” / А.В. Скворцов. – Томск: Издательство Томского университета, 2002. – С. 128.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ СТАНДАРТУ IEEE 802.11

Явіся В.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: yavisya@bigmir.net

Analysis features of construction wireless networks of standard IEEE 802.11

The features of decision tasks providing acceptable speed of access and reliable protection of data security at development of Wi-fi networks taking into account their functional setting. The basic stages of process construction of such networks are offered.

Найбільш істотними перевагами безпроводових мереж у порівнянні з кабельними є: швидке розгортання й масштабування, мобільність для користувачів, простота підключення нових пристроїв. Однак безпроводові мережі не позбавлені ряду недоліків: слабкий захист при передачі сигналу, менша швидкість, висока уразливість від різних джерел радіоперешкод і зловмисників. Все це повною мірою стосується мереж, побудованих з використанням стандарту IEEE 802.11 або Wi-Fi (англ. аббревіатура від Wireless Fidelity – безпроводова висока точність) [1].

При розгортанні Wi-Fi доводиться вирішувати два основних завдання: як забезпечити прийнятну швидкість й як гарантувати надійний захист даних. Саме рішення першого завдання стає актуальним коли мова йде про мережі, у яких попередньо не передбачається обмін конфіденційною інформацією.

При побудові традиційних кабельних мереж чітко визначена ємність: мережа розрахована на число користувачів, рівне кількості портів у комутаторі. В Wi-Fi-мережі число підключень може варіюватися досить широко. При цьому частотний діапазон, у якому передаються дані, є єдиним для всіх. Працюючи в ньому, клієнти очікують своєї черги на передачу даних, і, чим більше їхнє число, – тим менше швидкість передачі інформації. Таким чином, основні проблеми мережі зв'язані зі зниженням швидкості передачі інформації й перебоями сервісу взагалі, особливо якщо до мережі підключається відразу велика кількість клієнтських пристроїв. Крім того, у радіо ефірі може працювати різне обладнання, що створює перешкоди для сервісу.

Хоча принцип побудови мережі на базі технології Wi-Fi однаковий для будь-якого обладнання, у цілому такі мережі можна поділити на два типи: звичайні споживчі й професійні корпоративні. Різниця між ними в особливостях архітектури, аутентифікації, роумінгу, у рівні безпеки, надійності й, звичайно ж вартості точок доступу. Крім високої продуктивності й захищеності, корпоративне Wi-Fi обладнання пропонує додаткові можливості для системного адміністратора. Це централізоване керування, що дозволяє контролювати мережу, відслідковувати спроби злову, вторгнення в мережу. Крім того, професійна мережа реагує на

виникнення перешкод й у випадку їхнього істотного впливу перебудовується на інші радіоканали й продовжує функціонувати [2].

У корпоративних безпроводових мережах застосовується інший підхід до інформаційної безпеки, ніж у звичайних споживчих. Якщо у звичайній Wi-Fi мережі використовується загальний ключ, який через певний час знають всі сусіди, а, часом, і зловмисники, то в корпоративній мережі для кожного користувача застосовується персональна аутентифікація, яку він може пройти за допомогою власного ключа.

Крім того, у корпоративних мережах обов'язкове використання двосторонньої аутентифікації (клієнтської й серверної сторони) і надійного рівня шифрування з метою захисту даних від перехоплення й підміни. Також, з метою безпеки, клієнтським пристроям заборонено підключатися до сторонніх Wi-Fi мереж, навіть якщо сигнал корпоративної точки доступу занадто слабкий, а публічна мережа має аналогічну назву й більш потужний рівень сигналу. Для цього використовуються додатки, які вимагають від власника терміналу підтвердження щодо переходу в іншу мережу.

Звичайне споживче Wi-Fi обладнання дозволяє побудувати мережу, яка складається всього з декількох точок доступу. У професійних мережах їх може працювати декілька сотень. При переході користувача із зони дії однієї точки до іншої забезпечується плавний, «безшовний» роумінг.

Процес побудови корпоративної Wi-Fi мережі припускає наступні етапи:

- формування вимог і розробка технічного завдання;
- радіо розвідка існуючої або радіо планування нової безпроводової мережі;
- модернізація або впровадження нового рішення;
- фінальне тестування та введення в експлуатацію.

На першому етапі необхідно сформулювати технічне завдання. Тут потрібно визначити функціональне призначення мережі, проаналізувати поточну ситуацію й потенціал її росту, розрахувати можливі пікові навантаження, а також, урахувати особливості середовища, у якому буде розгорнута мережа. Це етап, від результатів якого залежить успішність впровадження рішення.

На другому етапі виконується комплекс дій по визначенню типів, характеристик і місця розташування точок доступу для забезпечення необхідного безпроводового покриття й рівня сигналу. Для цього виконується моделювання радіо оточення за допомогою спеціалізованих програм і подальша перевірка розрахунків за допомогою реальних вимірів на об'єкті. При виконанні вимірів важливо, щоб об'єкт був на фінальній стадії будівельної готовності й отримані результати максимально відображали результуюче безпроводове покриття після впровадження мережі.

Радіо планування складається з наступних стадій:

- вивчення планів приміщень із вказівкою місць, де необхідно провести виміри, і можливих місць розміщення точок доступу;
- розташування в передбачуваних місцях точок доступу й сканування радіо ефіру з метою визначення характеристик безпроводової мережі;

- підготовка звіту за результатами проведених робіт, що містить у собі карту покриття, рівень інтерференції, шуму й наявність сторонніх перешкод.

Наступний етап – розгортання мережі з монтажем і настроюванням устаткування, після чого рекомендується виконання повторної радіо розвідки для підтвердження бажаного результату. Це також потрібно у випадку модернізації існуючої безпроводової мережі для визначення властивостей мережі, таких як рівень сигналу, інтерференція, співвідношення сигнал/шум, наявність сторонніх безпроводових мереж. Ці дані використовуються як базис для подальших розрахунків.

Wi-Fi мережу досить легко масштабувати за рахунок додавання нових точок доступу або заміни існуючих на більш продуктивні, але це можливо лише у випадку правильного проектування мережі з урахуванням можливого розширення.

При побудові безпроводової мережі важливо правильно розуміти завдання, які будуть покладені на мережу й виконати відповідне проектування. Розповсюджена помилка – невірна оцінка максимального ймовірного числа користувачів. У результаті в момент пікових навантажень мережа може виявитися повністю непрацездатною.

Крім того, при побудові корпоративної Wi-Fi мережі потрібно використовувати не такий підхід до безпеки, як у випадку з мережами публічними. У другому випадку не обов'язково шифрувати трафік користувачів, адже за рахунок економії на шифруванні можна забезпечити більшу пропускну здатність. У випадку внутрішньої корпоративної мережі шифрування є обов'язковим.

Обов'язковим також є моніторинг мережі, що дозволяє визначити, наскільки «чистим» у цей момент є ефір. Адже може бути так, що в даний момент Wi-Fi працює нормально, а через хвилину в сусідньому приміщенні включили власну точку доступу (або джерело радіоперешкод) і мережа відразу почне працювати гірше. Також необхідне виконання якісного радіо планування для визначення властивостей покриття, оскільки існують зони, де сигнал дуже сильно падає, хоча теоретичні розрахунки говорять про зворотне [2].

У деяких випадках проблему ємності мережі допомагає вирішити перехід у діапазон 5 ГГц, що менш завантажений. Цей діапазон відрізняється від стандартного 2,4 ГГц скороченим радіусом передачі радіосигналу, у той же час тут можна використати більше радіоканалів.

Таким чином, при побудові мережі Wi-Fi необхідно здійснити аналіз її основного призначення, а вже після цього переходити до етапів планування, прогнозування можливої максимальної кількості підключень, аналізу радіо ефіру приміщення і якісної інсталяції обладнання.

Література

1. Педжман Р., Джонатан Л. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. — 304 с.
2. Ротач А. Wi-Fi-сеть, которая работает [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.pcweek.ua/themes/detail.php?ID=147992>.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПАРКОВКИ

Валуйський С.В., Дакаєв О.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: samubf@gmail.com, sandak94@gmail.com

Use of wireless sensor networks for building intelligent parking system

The article contains an idea of applying the most important functions from wireless sensor networks, foreign car-detecting inventions and contactless technologies into one large system of intelligent parking.

В наш час безпроводові сенсорні мережі проникають в усі галузі життєдіяльності людини. У даній статті пропонується ідея застосування класичної безпроводової сенсорної мережі для побудови системи «Інтелектуальної парковки», що буде мати зручну систему керування та високий рівень захищеності. Існуючі паркувальні системи вже давно морально застаріли та не відповідають вимогам нового часу. Для створення проекту «Інтелектуальної парковки» було проаналізовано найкращі закордонні розробки та об'єднано їх основні переваги у одну велику систему, що буде виконувати різноманітні завдання.

В роботі [1] наведено ідеї застосування інтелектуальної сенсорної техніки та безпроводових сенсорних мереж в різних галузях цивільного захисту, що було взято за основу при створенні «Інтелектуальної парковки». У Європі активно впроваджуються системи визначення автомобілів, котрі являють собою набір комплексних датчиків, повторювачів та іншої необхідної електроніки [2]. Проте, цієї системи буде недостатньо, оскільки в ній не враховується контроль та пропуск до парковки. Було запропоновано обладнати парковку системою, що підтримує безконтактні платежі та авторизацію [3]. Список можливостей безконтактної системи можна розширити, використовуючи технологію NFC (Near-Field Communication). Статті [4-5] розкривають ідеї розширення проекту. Це може передбачати додавання нових інтелектуальних сервісів, різного виду надбудов та інше.

Структура. Для зручності та чіткого розмежування функцій, було запропоновано розділити «Інтелектуальну парковку» на три рівні:

- Рівень обробки даних;
- Рівень збору та відправки даних;
- Рівень сенсорів.

Найнижчим є рівень сенсорів. Фізично він являтиме собою розгалужену сенсорну мережу, котра складатиметься із N індивідуальних сенсорів (датчиків паркомісця), котрі будуть встановлені на кожне окреме паркомісце та будуть забезпечувати перевірку наявності автомобіля на конкретному паркомісті i , можливо, деякі інші функції, які можна буде додавати у процесі розширення. Окремо знаходиться датчик контролю доступу. Це має бути

RFID або NFC зчитувач, котрий через шлюз буде з'єднаний із сервером. Він буде забезпечувати ідентифікацію та допуск клієнтів. Допуск планується організовувати за допомогою шлагбаумів та парковочних бар'єрів (у випадку неогороджених парковок – лише парковочних бар'єрів), котрі управлятимуться зі шлюзу, відповідно до команд, наданих сервером у відповідь на спрацювання датчика контролю доступу.

Наступний рівень відповідає за збір та відправлення інформації. З точки зору сенсорних мереж даний рівень являє собою «шлюз», у який поступають дані з усіх датчиків. Шлюз є проміжною ланкою між сервером і сенсорною мережею парковки. Він відповідає за постійний збір актуальної інформації з датчиків паркомісць. Окремою функцією є забезпечення контролю доступу, функції якого частково покладені на шлюз (детальніше алгоритм роботи буде описаний далі).

Останній рівень відповідає за обробку даних. Цей рівень є «серцем» парковки, оскільки він відповідає за її функціонування. Абсолютно усі дані із рівня сенсорів проходять шлюз (рівень збору та відправки) і попадають на сервер, де необхідним чином обробляються та видаються клієнтам та управляючому персоналу.

Рівень обробки даних фізично представлятиме собою сервер, що є верхнім рівнем «Інтелектуальної парковки». На нього покладається більшість функцій. Основні з них – це моніторинг стану парковки та контроль доступу. Також, сервер матиме WEB-інтерфейс, доступний для будь-якого користувача у будь-який час. Він включатиме у себе моніторинг вільного місця, можливість бронювання місця та можливість online-сплати за паркування. Функції цього інтерфейсу будуть продубльовані у спеціальних додатках для смартфонів. Ще однією функцією може бути прокладання оптимального маршруту до парковки, що може бути досягнуто модернізацією додатка для смартфонів.

Окремо варто відмітити функції віддаленого контролю та керування. WEB-інтерфейс матиме спеціальний розділ, захищений від несанкціонованого втручання. За допомогою цього розділу можна буде контролювати стан парковки та, при необхідності, коригувати певні параметри (наприклад, забороняти в'їзд деяким клієнтам).

Алгоритм роботи.

1. Клієнт, використовуючи WEB-інтерфейс або додаток для смартфона бронює деяке місце (наприклад, місце №14) та сплачує за паркування.

2. Сервер обробляє клієнтський запит і заносить запис у базу даних. Також, сервер генерує унікальний код заявки і відправляє його на смартфон клієнта, або ставить йому у відповідність код RFID карти клієнта. У WEB-інтерфейсі місце №14 позначається як «заброньоване» і можливість інших клієнтів його зайняти відключається.

3. Клієнт прибуває на парковку та використовує свій смартфон або RFID картку для авторизації.

3.1. Клієнт підносить картку до датчика контролю (RFID або NFC зчитувач).

3.2. Датчик зчитує код і відправляє його на шлюз.

3.3. Шлюз, в свою чергу, посилає запит на сервер.

3.4. Сервер отримує код RFID карти або унікальний код заявки (при використанні NFC) та шукає цей код у базі даних. У випадку, якщо код знаходиться, сервер пересилає на шлюз підтвердження. У разі, якщо код не знайдений, сервер відправляє «відбій».

3.5. Шлюз отримує команду від сервера та відповідним чином реагує. Якщо сервер надсилає підтвердження, то шлюз подає команду відкриття на шлагбаум та на відповідний парковочний бар'єр. Після того, як клієнт проїжджає, шлагбаум закривається. Якщо сервер надсилає «відбій», то шлагбаум не відкривається і клієнт отримує звукове сповіщення про помилку.

4. Клієнт займає місце №14, після чого у WEB-інтерфейсі воно позначається як "зайняте".

5. Клієнт покидає місце №14. Парковочний бар'єр автоматично піднімається та місце №14 у WEB-інтерфейсі позначається як «вільне».

Висновок. Розвиток проекту «Інтелектуальної парковки» покладе початок у оптимізації парковок у містах України. Одним із перспективних напрямків розвитку є також альтернативна енергія. Із популяризацією електромобілів буде сенс у побудові невеликих заправочних станцій до них на парковках. Такі зміни можуть зіграти серйозну роль у популяризації екологічного транспорту.

Література

1. Лисенко О.І., Нікулін О.Ф., Чумаченко С.М., Валуйський С.В. Задача оптимального розміщення сенсорів. Технології екологічного моніторингу із використанням інтелектуальної сенсорної техніки // Проблеми телекомунікацій: 8-а Міжнар. наук.-техн. конф., 22-25 квіт. 2014р. : матеріали конф. – К., 2014. – С. 53-56.
2. “Tinynode - Car detection products”, Tinynode, [Online], available at: <http://www.tinynode.com> (Accessed 12 Jan 2014).
3. Dakayev A.V. Contactless Payments in Ukraine / A.V. Dakayev, S.V. Valuisnyi // Innovations in science and technology: XII International R&D students conference, November 28, 2014. : vol.3 – P. 22-24.
4. IPARK: Location-Aware-Based Intelligent Parking Guidance over Infrastructureless VANETs / Hui Zhao, Li Lu, Chao Song, Yue Wu // International Journal of Distributed Sensor Networks. – 2013. – Vol. 2012, Article ID 280515, 12 p.
5. Chris Mooney (2014), “The best idea in a long time: Covering parking lots with solar panels”, The Washington Post, [Online], available at: <http://www.washingtonpost.com> (Accessed 28 Jan 2014).

ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Томашевська Т.В.

Національна академія статистики, обліку та аудиту

E-mail: tomas_tat@ukr.net

Cloud technology in environmental monitoring systems

The development of cloud technology should lead to a transition to new more effective platform for environmental monitoring systems. One such option would be to create multi decision support systems.

Ідея хмарних обчислень з'явилася ще в 1960 році, коли Джон Маккарті висловив припущення, що коли-небудь комп'ютерні обчислення будуть проводитися за допомогою «загальнонародних утиліт». Дана ідеологія почала набувати популярності з 2007 року завдяки швидкому розвитку каналів зв'язку і стрімко зростаючим потребам користувачів.

Під хмарними обчисленнями (від англ. Cloud computing, також використовується термін "хмарна (розсіяна) обробка даних") зазвичай розуміється надання користувачу комп'ютерних ресурсів та потужностей у вигляді інтернет-сервісу. Таким чином, обчислювальні ресурси надаються користувачеві в "чистому" вигляді, і користувач може не знати, які комп'ютери обробляють його запити, під керуванням якої операційної системи це відбувається тощо.

На даний час широке розповсюдження починає отримувати хмарний сервіс рівня інфраструктури, де користувач отримує доступ до серверів, мереж передачі даних, сховищ даних. Поступово в зв'язку з розвитком технологій віртуалізації та підвищенням продуктивності хмарних ресурсів виникають нові можливості застосування концепції хмарних обчислень.

Враховуючи значні обсяги даних, які використовуються в системах моніторингу, необхідність виконання складних обчислень, застосування хмарних технологій в екологічних дослідженнях буде важливим актуальним питанням. Також потрібно зауважити, що застосування хмарних технологій зможе забезпечити функції впорядкованості та збереження даних, прив'язування до геоданих, тематичну обробку [2].

Одним з варіантів застосування "хмарних" технологій в екологічному моніторингу є створення багатоагентної системи, яка представляє собою систему "ройового" штучного інтелекту (Swarm Intelligence), засновану на колективній поведінці децентралізованих систем, що самоорганізуються. Використання багатоагентної системи повинно автоматизувати частину роботи з прийняття рішень, оцінки та інтерпретації даних сенсорів. До її функції також можна буде віднести попередню обробку даних разом з їх фільтрацією та відновленням. Розробку такої системи можна запропонувати у вигляді агентно-орієнтованого додатка.

Програмний агент представляє собою один з напрямків застосування систем штучного інтелекту. На практиці це пакет програмного забезпечення, який виконує задачі для інших суб'єктів, автономно, без зовнішнього втручання після того, як була поставлена задача. Програмні агенти можуть спілкуватися з людьми, іншими програмними агентами або об'єктами, мають властивість планувати і ставити цілі.

Програмні агенти можуть бути інтегровані в структури "хмари", які містять конкретні функції по рішення задач обробки даних і моніторингу природних явищ. Вони підтримують поєднання інформації та технологій, заснованих на знаннях, і можуть підтримувати процес логічних виводів, включати до них можливі сценарії і прогнози природних явищ. В "хмарі" програмні агенти займаються аналізом, обробкою та накопиченням знань в семантичній базі даних відповідно сценаріям та онтологіям предметної області, які задаються відповідно до стандарту Semantic Web.

Один з варіантів побудови багатоагентної системи наведений на рис.1 [1].

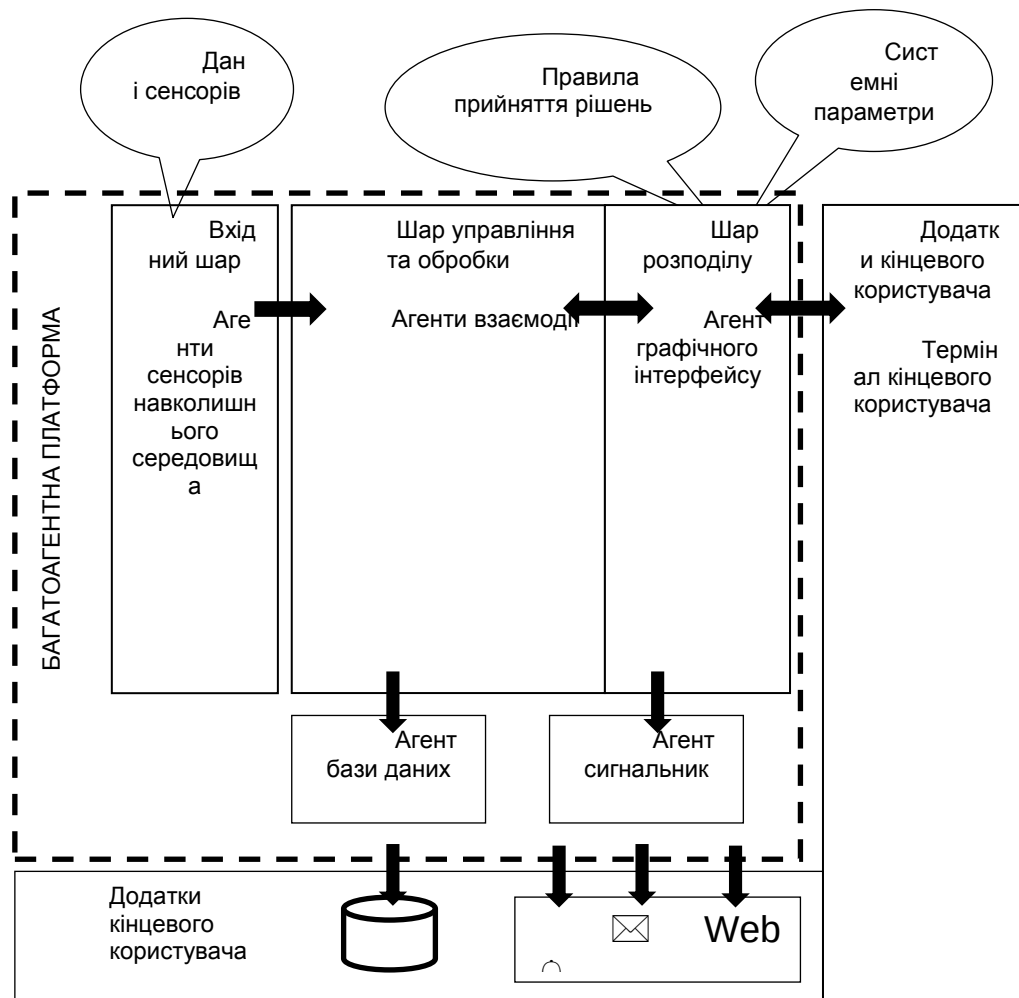


Рис. 1 Структура багатоагентної системи

В даному випадку система засновується на трьох шарах:
 - вхідний шар;

- шар керування та обробки;
- шар розподілу.

У кожному шарі для реалізації функцій системи визначені ролі агентів.

Агент сенсорів довілля приймає інформацію, фільтрує і відновлює порушені дані.

Агенти взаємодії відповідають за певний сектор в межах радіусу дії сенсора. Кожен агент взаємодії видобуває вторинну інформацію (розраховує показники і індекси) в межах свого сектора і застосовує правила прийняття рішень, визначені користувачем, для оцінки природного явища і видачі сигналу тривоги на локальному рівні.

Головний агент збирає всю інформацію, яка видобули агентами взаємодії та робить узагальнюючий висновок про стан природного явища і відповідає за видачу попереджень у глобальному масштабі.

Агент графічного інтерфейсу завантажує програмне ядро системи, візуалізує графіку і карти на терміналі кінцевого користувача, надає оператору доступ до агентів взаємодії і головному агенту для налаштування користувацьких параметрів системи і правил прийняття рішень.

Агент бази даних підключається до системи бази даних і зберігає оригінальні дані сенсорів, відфільтровані і вторинні дані.

Агент сигнальник при необхідності поширює тривогу за допомогою E-mail- і Web- повідомлень або звукового сигналу.

Взаємодія між агентами може ґрунтуватись на такій технології як об'єктно-орієнтована мова Agent-Object Relationship Modeling Language (AORML) [4], що формує цілісну програмну платформу взаємодії агентів і користувачів системи.

Перспективна система екологічного моніторингу повинна передбачати виконання функцій пов'язаних з обчисленнями, рішення задач інтелектуального аналізу даних, організації сховищ даних, управління інформаційними потоками. Створення систем на основі використання "ройового" інтелекту дасть можливість забезпечити такі функції, здійснити якісний перехід на новий в області рівень в області дослідження довкілля.

Література

1. *Калантаев П. А.* Облачные технологии базы данных мониторинга природных явлений // интерэкспо гео-сибирь . 2012. №-4.
2. *Степановская И.А., Баренбойм Г.М., Авандеева О.П.* Web-технологии для мониторинга водных объектов // Методы оценки соответствия. 2012. №3 С.24-30.
3. *Ioannis N. Athanasiadis, Marios Milis, Pericles A. Mitkas, Silas C. Michaelides.* A multiagent system for meteorological radar data management and decision support. // 12 June 2009, Environmental Modelling & Software, journal homepage: www.elsevier.com/locate/envsoft.
4. *G. Wagner:* The Agent-Object-Relationship Meta-Model: Towards a Unified View of State and Behavior. Information Systems 28:5 (2003), pp. 475-504.

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ LTE ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОГО АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ

Явіся В.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: yavisya@bigmir.net

Features introduction of LTE technology during organization high-speed subscriber access

For the estimation of speeds, which of LTE technology can provide it is necessary to take into account the method of the organization ductings, present frequencies range, type modulation of subbearings, method of information code, use of MIMO technologies, expense resources on a management. A theoretical speed limit is 326,4 Mbit/s in handing down direction (from the base station to the subscriber) and 172,8 Mbit/s – in ascending (from a subscriber to the base station). The conducted analysis proves that actual speed of access for mobile subscribers in a handing down channel does not exceed 17,85 Mbit/s. Speed of access in an ascending channel will be yet less from marked.

LTE (Long Term Evolution — довгострокова еволюція) — багатообіцяюча технологія високошвидкісного мобільного доступу в Інтернет. Теоретичною швидкісною межею є 326,4 Мбіт/с у спадаючому напрямку (від базової станції до абонента) і 172,8 Мбіт/с – у висхідному (від абонента до базової станції). Американський стільниковий оператор Verizon Wireless, протестувавши реальну мережу LTE, одержав 40-50 Мбіт/с у спадаючому й 20- 25 Мбіт/с – у висхідному каналі. Російська компанія «Скартел» заявила про трохи інші результати: максимальна швидкість 20 Мбіт/с у спадаючому напрямку й 9 Мбіт/с – у висхідному [1].

Для оцінки швидкостей, які може забезпечити технологія LTE у спадаючому й висхідному каналах, важливо брати до уваги кілька важливих параметрів: метод дуплексування каналів, наявний діапазон частот, вид модуляції піднесучих, метод завадостійкого кодування даних, використання технологій MIMO (Multiple Inputmultiple Output), витрати ресурсів на управління, тривалість циклічних префіксів та ін.

Принципово новим розв'язком для радіо інтерфейсу LTE стало використання нових методів множинного доступу – OFDMA у спадаючому каналі (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) і SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) – у висхідному. Важливо, що весь наявний спектр розбивається на ортогональні піднесучі по 15 кГц (у спадаючому каналу), кожна з яких, у свою чергу, модулюється певним видом модуляції (від QPSK до QAM64). Мінімальна смуга, що виділяється для одного абонента – 12 піднесучих. Очевидно, що використання багатопозиційних методів модуляції вимагає каналів з високим рівнем відношення сигнал/шум, погіршення ж радіо умов приведе до зниження

порядку модуляції, а відповідно й швидкості передачі даних. Таким чином, при поганих радіоумовах максимальні швидкості передачі даних у спадаючому каналі можна розділити на 3 (при QPSK одночасно передаються 2 біта інформації, при QAM64 – 6 біт). Крім порядку модуляції важливо брати до уваги й схему завадостійкого кодування. Наприклад, кодування зі швидкістю 1/2 ще у два рази знижує швидкості передачі даних.

Найважливішою особливістю мереж LTE є масштабованість займаного ними частотного спектра від 1,4 до 20 МГц. Очевидно, що чим ширша смуга, тим більше будуть швидкості.

Мінімальною одиницею надання доступу одному користувачеві є ресурсний блок (їх кількість становить від 6 до 100 залежно від наявного спектру) – це 12 піднесучих у частотній області й один тайм-слот, або 7 OFDM-символів у часовій області тривалістю 0,5 мс. Піднесучі по краях спектра, як правило, використовуються в якості захисних інтервалів.

Немаловажним фактором при оцінці можливостей LTE є застосування технології MIMO. Існують кілька варіантів застосування MIMO. Для збільшення абонентської ємності, при цьому з різних антен передається різна інформація. У цьому випадку використання MIMO 2x2 (NMIMO = 2 – порядок MIMO) приведе до збільшення швидкості передачі даних у спадаючому каналі вдвічі. Однак реалізація такої схеми зажадає додаткові частотно-часові ресурси для передачі опорних пілот-сигналів антен.

Інформація, передана на радіо інтерфейсі, ділиться на службову інформацію, яка транслюється по різних каналах управління, і на дані користувача каналу PDSCH (Physical Downlink Shared Channel). Оскільки більшість операторів, що запустили LTE, мають спарені смуги частот для висхідного й спадаючого потоків, то розглянемо особливості саме FDD-режиму, структуру його сигналу й співвідношення між службовими ресурсами та ресурсами користувача.

Для того щоб оцінити швидкості передачі даних у спадаючому каналі, спочатку оцінимо, скільки ресурсних елементів (або OFDM-символів) передається в часовому інтервалі, що дорівнює 1 мс, залежно від наявної смуги частот.

В одному субкадрі (два тайм-слоти) на одній піднесучій передається 14 OFDM-символів. Таким чином, число OFDM-символів буде дорівнювати: $14 \cdot 12 = 168$ (12 – число, піднесучих у ресурсному блоці). Далі із загального числа символів, необхідно відняти число символів, виділених під канали управління. Коли використовується FDD-режим, 49 OFDM-символів зайняті службовою інформацією – 29% частотно-часового ресурсу [2]. У такий спосіб усього $168 - 49 = 119$ символів використовуються для передачі даних користувача.

Інформаційні символи, що залишилися, необхідно домножити на кількість біт, які вони можуть містити. Число біт у символі буде визначатися способом модуляції під несучих – 2, 4 і 6 біт відповідно для QPSK, QAM16 і QAM64.

Далі необхідно врахувати вплив завадостійкого кодування. Як правило половина від отриманого числа біт піде на надмірність.

Використання MIMO збільшує швидкість у кратне число раз. Це самі основні особливості, які необхідно враховувати при оцінці швидкості.

Виконавши подібні розрахунки, нескладно одержати швидкості передачі даних у спадаючому каналі.

Для того, щоб у спадаючому каналі LTE була швидкість, зазначена в [3] – 326,4 Мбіт/с, необхідно:

- режим дуплексування: FDD;
- смуга: 20 МГц;
- модуляція: QAM64;
- завадостійке кодування: відсутнє;
- MIMO: 4x4.

Витрати ресурсів на службові канали й передачу циклічних префіксів: не враховуються (при їхньому обліку швидкість би знизилася залежно від інтенсивності навантаження на 20-60 Мбіт/с) [2].

Реальна швидкість доступу для мобільних абонентів у спадаючому каналі, з урахуванням складності технічної реалізації MIMO, при поганих умовах приймання (використовується QPSK) і смузі 1,4 МГц складе від $119 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1000 = 119$ кбіт/с до 357 кбіт/с залежно від числа користувачів, а при максимальній смузі частот 20 МГц і ідеальних умовах приймання (використовується QAM64) – від $119 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 1000 = 357$ кбіт/с до 17,85 Мбіт/с. Швидкість доступу у висхідному каналі буде ще меншою від зазначених.

Таким чином, при застосуванні технології LTE, заявлена швидкість безпроводового доступу для користувачів може бути меншою, ніж та що очікується і яка заявлена постачальниками обладнання. Враховуючи вище зазначене, а також необхідність значних інвестицій на розгортання мережі LTE, постачальникам послуг варто до прийняття рішення на впровадження мережі LTE здійснювати аналіз терміну окупності та можливих прибутків з урахуванням можливостей інших технологій безпроводового доступу.

Література

1. www.lenta.ru/news/2011/12/20/yota.
2. Дроздова В.Г., Белов М.А. Оценка пропускной способности сетей LTE. // Мобильные телекоммуникации. – 2012. – №5. – С. 20-22.
3. www.ru.wikipedia.org/wiki/3GPP_Long_Term_Evolution.

УДК 621.375

**МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННЫХ
ИСКАЖЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ
ФИЛЬТРОВ**

Карнаух В.Я.

НДИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ»

E-mail: its@kpi.ua

Calculation method distortion for retuning entrance microwave filters

To consideration simple calculation method distortion for retuning entrance microwave filters. We are use calculation level of nonlinear distortions in nonlinear no inertial electric circuit.

Данная методика опирается на расчет уровней нелинейных искажений в нелинейной без инерционной цепи. Это значительно упрощает анализ и позволяет достаточно просто и эффективно оценить динамический диапазон перестраиваемого микроволнового фильтра. При этом, как показывает практика, погрешности достигают 5...10 %, поскольку изначально фильтры проектируются для работы в достаточно малом нелинейном режиме работы.

Задачу предлагается решать в три этапа:

а) Определить уровень переменного напряжения на варикапах в рабочем режиме или лучше в режиме при передаче повышенной мощности через фильтр, например - 0 дБм. При этом будут точнее определены характеристики линейности фильтра, поскольку продукты нелинейных преобразований будут не бесконечно малы, и на результат не существенно будут влиять погрешности расчетов.

б) Аппроксимировать нелинейную вольт-фарадную характеристику переменной емкости фильтра степенным полиномом в рабочей точке и рассчитать уровни продуктов нелинейных преобразований сигнала при уровне входного сигнала, оговоренном выше. При этом для расчетов выбран однотональный метод, поскольку продукты преобразований вычисляются непосредственно на нелинейном элементе и влияние амплитудно-частотных характеристик фильтра можно не учитывать, в отличие от реальных измерений на аппаратных средствах, где нельзя обойтись без двотонального метода.

в) Вычислить характеристики линейности перестраиваемого фильтра.

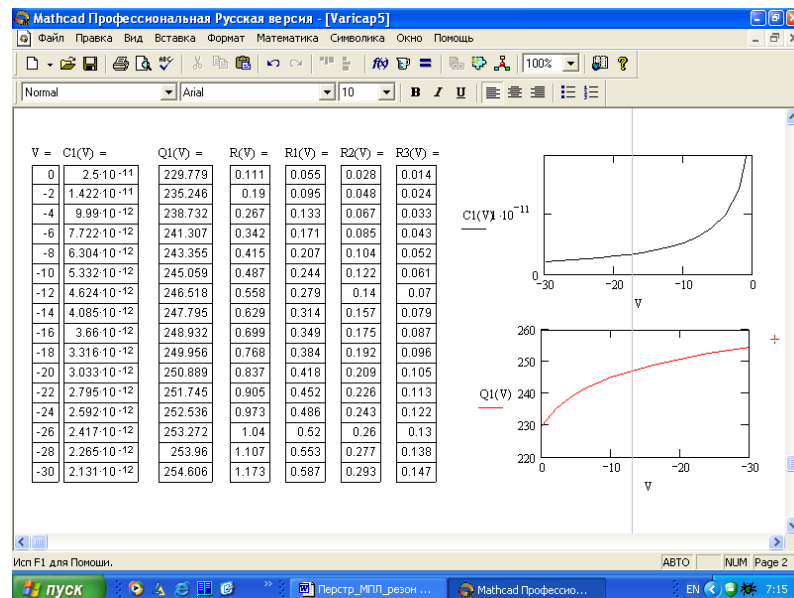


Рис. 1 Результаты моделирования варикапа BB535 фирмы Siemens

Перестройка МПЛ резонатора осуществляется варикапом, который управляется постоянным напряжением в диапазоне -20...-27 Вольт. Был выбран варикап BB535 фирмы Siemens, аналог KB123A.

Основными справочными данными для этого варикапа:

Сд min pF	Сд max pF	U обр В	Qo	Робр max mВт	Юбр max нА	Uобр max В	Kc min	Kc max
2.6	3.8	25	250	0.3	50	28	4.0	6.8

Используя программу Mathcad, была создана модель варикапа и рассчитаны его основные параметры при изменении на нем напряжения V в диапазоне от 0 до -30 В: Результаты моделирования варикапа представлены на рис. 1, где: $C1(V)$ – емкость варикапа в пФ, $Q1(V)$ – добротность варикапа, и схема замещения в виде емкости $C1(V)$ с последовательным сопротивлением на разных частотах: 250 МГц - $R(V)$, 500 МГц - $R1(V)$, 1 ГГц - $R2(V)$, 2 ГГц - $R3(V)$ – все сопротивления в - Ом.

Параметры фильтра из результатов исследований [1]: $f_0=2400$ МГц, $IL_0=1.2$ дБ – при уровне пульсаций 0.5 дБ, $BW=75$ МГц. По приведенной в этой статье методике расчета была рассчитана собственная добротность резонаторов $Q_i=631$. Для оценки перестройки емкости варикапа при оптимальной и максимально возможной перестройке в частотном диапазоне фильтра воспользуемся [2] Из этой работы следует, что при отношении волновых сопротивлений ступенчатого микрополоскового резонатора $m=Z_{vmax}/Z_{vmin}=3$, нагруженного на емкость варикапа полоса перестройки фильтра составит $(\Delta F_p/f_0)*100\%=19.4\%$. При этом относительное изменение емкости составит: $\chi=C_{max}/C_{min}=2.2$.

Для обеспечения такого диапазона перестройки емкости, как следует из расчетов по рисунку 6, необходимо перестраивать отрицательное

напряжение на варикапе в диапазоне $U_d = -10 \dots -26$ (В), при этом емкость перестраивается в диапазоне $C_d = 5.32 \dots 2.13$ (пФ). Такой диапазон изменения напряжения на варикапе выбран ближе к предельному напряжению, чтобы обеспечить максимальную добротность варикапа (см. рисунок 6), которая составит в худшем случае $Q_d = 245$ при $U_d = -10$ (В), $C_d = 5.32$ (пФ). Для этой рабочей точки, как наихудшей точки с точки зрения характеристики линейности фильтра, проведем оценочный расчет нелинейных искажений фильтра.

Рассчитаем переменное напряжение на варикапе резонатора согласованного фильтра в случае подводящей мощности сигнала $P_c = 1$ мВт, волновое сопротивление подводящей линии связи $Z_0 = 50$ Ом. Соответственно напряжение сигнала на входной линии составит $U_m = 0.316$ В. На указанной частоте $f_0 = 2400$ МГц и при $Q_i = 631$ входное сопротивление резонатора на резонансной частоте составит $R_p = 7851$ Ом, что потребует коэффициента трансформации для согласования $n = 6.34 \cdot 10^{-3}$. Таким образом, на контур трансформируется напряжение $U_{вх} = 2$ мВ. Однако за счет нагруженной добротности контура при условии согласования $Q_{эн} = Q_i/2 = 315$ амплитуда переменного напряжения на варикапе возрастет до $U_m = 0.635$ В.

Будем предполагать, что переменное напряжение на варикапе гармонического вида и распределено по закону косинуса $U \sim U_m \cos \omega t$. Используем для расчетов аппроксимацию нелинейной емкости в рабочей точке по постоянному току $U_d = -10$ (В) степенным полиномом: $C(U \sim) = C_0 + A_1 U \sim + A_2 (U \sim)^2 + A_3 (U \sim)^3$, где C_0 значение емкости варикапа в рабочей точке $C_0 = C_d = 5.32$ (пФ). Коэффициенты полинома найдем из разложения нелинейной зависимости представленной на рисунке 6 для выбранной рабочей точки в ряд Тейлора: $A_1 = 4.095 \cdot 10^{-13}$, $A_2 = 3.211 \cdot 10^{-14}$, $A_3 = 2.534 \cdot 10^{-15}$.

Тогда найдем нелинейный ток через варикап из соотношения:

$$i_C(t) = \frac{dC(U_{\sim}) \cdot U_{\sim}}{dt} = (C(U_{\sim}) + U_{\sim} \frac{dC(U_{\sim})}{dU_{\sim}}) \frac{dU_{\sim}}{dt}$$

После подстановки значений в выше приведенное соотношение получено: $i_C(t) = -5096.4 \cdot 10^{-5} \sin \omega t - 3096.1 \cdot 10^{-6} \sin 2\omega t - 9.2993 \cdot 10^{-5} \sin 3\omega t - 3.106 \cdot 10^{-6} \sin 3\omega t$

Таким образом расчетным путем получены абсолютные уровни интермодуляционных искажений: отношение уровня третьей гармоники к уровню основной составляет коэффициент уровня третьей гармоники $a_3 = -54.8$ дБ, а отношение уровня второй гармоники к уровню основной составляет коэффициент уровня второй гармоники $a_2 = -24.3$ дБ.

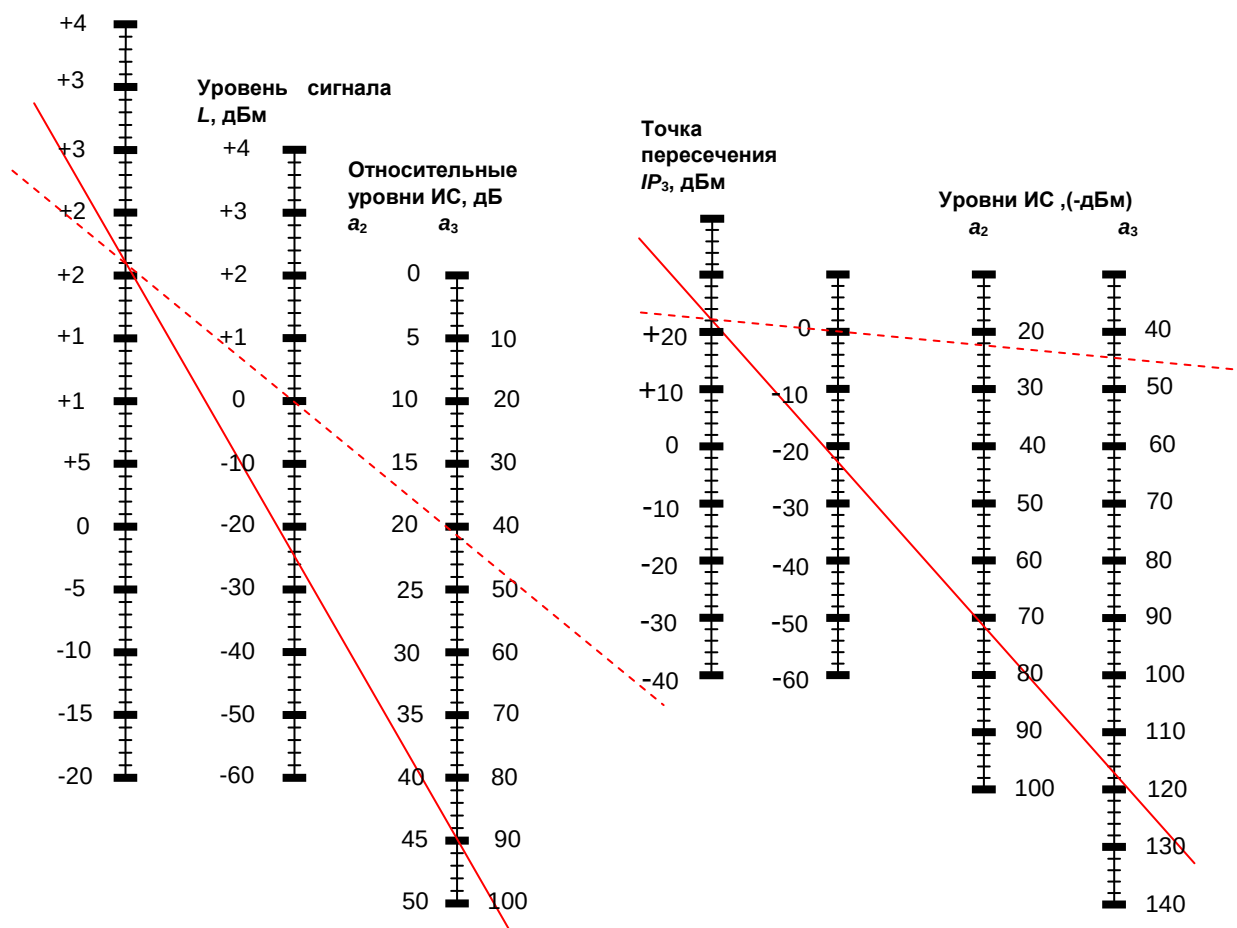


Рис. 2 Номограммы для определения относительных уровней интермодуляционных искажений

На практике используются относительные уровни интермодуляционных искажений. Воспользуемся номограммой, построенной на основе данных в [3], которая приведена на рисунке 2. Она позволяет определить один из параметров: уровень входного сигнала, уровень интермодуляционных искажений (второго или третьего порядка) и уровень точки пересечения (соответствующего порядка) по известным двум другим параметрам. Номограмма состоит из двух частей. В правой части приведены абсолютные уровни интермодуляционных искажений в дБм. В левой – их относительные уровни, отсчитываемые от уровня входного сигнала, который в обоих случаях указан в дБм. Поэтому ценность номограммы состоит ещё и в том, что она позволяет произвести быстрый пересчёт относительных уровней интермодуляционных искажений в абсолютный и наоборот.

Если рассчитать точку пересечения IP_3 (см. рисунок 2) за параметром a_2 , то она составит 25 дБм, а за параметром a_3 : 29 дБм.

Таким образом, мы фактически определи динамический диапазон работы микроволнового перестраиваемого фильтра.

Литература

1. А.В. Захаров, М.Е. Ильченко. Прямая и обратная задачи в теории полосно-пропускающих фильтров с диссипативными потерями. Доповіді НАН України. 2011. №1,с.33-37.
2. А.В. Захаров, М.Е. Ильченко, В.Я. Карнаух, Л.С. Пинчук. Полосковые полосно-пропускающие фильтры со ступенчатыми резонаторами. Известие вузов. Радиоэлектроника. 2011.Том. 54, № 3. Стр. 56-63.
3. Internet: <http://rf.rfglobalnet.com/library/ApplicationNotes/files/1/intercept.htm>.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПРОВІДНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ БАЗОВОЮ СТАНЦІЄЮ ТА ПРИЙМАЧАМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ЕКСПРЕСА ТИПУ «HYUNDAI»

Коваленко О.І., Бодяк С., Бубнов Н., Сундучков К.С.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: alexkoval095@gmail.com, k.sunduchkov@gmail.com

Analysis of technology transfer of data for deployment wireless communication between base station and receiver train express type «HYUNDAI»

Implementation of the proposed new technical solutions will provide deliver for 2000 users multimedia services data signal with up to 12 Mbit/s speed for each subscriber. So, the total bandwidth of network must be $12 \text{ Mbit/s} \cdot 2000 = 24 \text{ Gbit/s}$. This all should be while driving at a speed of 300-350 subscribers km/h.

Аналізуючи сьогодні розвиток мобільних технологій та мереж можна сказати, що актуальним є досягнення великої швидкості передачі даних при високій швидкості руху мобільного терміналу. Китайський оператор МС China Mobile запустив мережу TD-LTE вздовж залізничних ліній високошвидкісних експресів. Дана мережа дозволяє передавати дані із загальною швидкістю 15 Мбіт/с для 100 абонентів, що рівне 150 Кбіт/с для кожного абонента окремо. І все це при швидкості руху потяга 300 км/год. Тобто дана мережа не задовольняє вимоги 4G. Подальше збільшення швидкості передачі даних обмежене допустимою смугою пропускання каналу і принципом забезпечення мобільності абонентів за допомогою традиційного прийому-передачі Handover (максимальна кількість абонентів - 200 на один стільник і швидкість передачі для кожного абонента 100 Кбіт/с).

Головна задача це розгортання мереж бездротового зв'язку використовуючи вже існуючі технології (або комбінування цих технологій). Основні технології, що беруться до уваги це: GSM, Wi-Fi, WiMax, CDMA, LTE.

GSM — міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку з розділенням каналу за принципом TDMA. Мережі GSM працюють у діапазоні 900 МГц або 1800 МГц. Область, що покривається мережею GSM, розбита на стільники шестикутної форми. Діаметр кожної шестикутної комірки може бути різним - від 400 м до 50 км. Швидкість передачі даних дорівнює 9,6 Кбіт/с.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) - телекомунікаційна технологія, розроблена для надання бездротового зв'язку на великих відстанях широкому спектру пристроїв (від робочих станцій і портативних комп'ютерів до мобільних телефонів).

Технологія	Стандарт	Використання	Пропускна здатність	Радіус дії	Частоти
WiMax	802.16d	WMAN	до 75 Мбіт/с	25-80 км	1,5-11 ГГц
WiMax	802.16e	Mobile WMAN	до 40 Мбіт/с	1-5 км	2,3-13,6 ГГц
WiMax 2	802.16m	WMAN, Mobile WMAN	до 1 Гбит/с (WMAN), до 100 Мбіт/с (Mobile WMAN)	120-150 км (стандарт в розробке)	н/д (стандарт в розробке)

Wi-Fi – технологія, яка базується на стандарті IEEE 802.11, це система короткої дії, яка використовує неліцензовані діапазони частот для забезпечення доступу до мережі.

Wi-Fi	802.11a	WLAN	до 54 Мбит/с	до 300 метрів	5,0 ГГц
	802.11b	WLAN	до 11 Мбит/с	до 300 метрів	2,4 ГГц
	802.11g	WLAN	до 54 Мбит/с	до 300 метрів	2,4 ГГц
	802.11n	WLAN	до 450 Мбит/с	до 300 метрів	2,4 — 2,5 ГГц

CDMA (*Code Division Multiple Access*, Множинний доступ з кодовим розділенням каналів) - технологія зв'язку, при якій канали передачі мають спільну смугу частот, але різну кодову модуляцію.

Стандарти CDMA

- W-CDMA - (Wideband Code Division Multiple Access (широкопasmовий CDMA)) - стандарт Is-665. Призначений для забезпечення широкопasmового радіодоступу з метою підтримки послуг третього покоління. Швидкість даного стандарту (до 2 Мбіт/с на малих відстанях і 384 кбіт/с на великих з повною мобільністю) дозволяє підтримувати передачу мультимедійних даних. Технологія електромагнітно сумісна з GSM і PDC.

- CDMA2000

- TD-SCDMA

Найбільшого поширення в світі отримали два стандарти: UMTS (або W-CDMA) і CDMA2000 (IMT-MC).

LTE (Long Term Evolution) - назва технології мобільної передачі даних. Проект LTE є стандартом щодо вдосконалення технологій CDMA, UMTS для задоволення майбутніх потреб у швидкості передачі даних. Ці удосконалення можуть: підвищити ефективність, знизити витрати, розширити й удосконалити вже надані послуги, а також інтегруватися з вже існуючими протоколами.

Радіус дії базової станції LTE залежить від потужності випромінювання і теоретично не обмежений, а максимальна швидкість передачі даних залежить від радіочастоти і віддаленості від базової станції.

Велика частина стандарту LTE розглядає модернізацію 3G UMTS на те, що в кінцевому підсумку буде технологією 4G. Велика частина роботи спрямована на спрощення архітектури системи: вона переходить з існуючих UMTS ланцюга + комутації пакетів об'єднаної мережі до єдиної IP-інфраструктури (all-IP). E-UTRA є бездротовим інтерфейсом LTE.

Основні особливості E-UTRA:

- Максимальна швидкість Download до 299,6 Мбіт/с та максимальна швидкість Upload (від абонента) до 75,4 Мбіт /с залежно від категорії обладнання користувача (антена 4 * 4 з використанням спектра 20 МГц).
- Покращена підтримка мобільності, як приклад термінал, який рухається зі швидкістю 250 км/год або 400 км/год залежно від діапазону частот.
- OFDMA для вихідної лінії зв'язку, SC-FDMA для вхідної лінії зв'язку з цілю економії енергії.
- Підтримка FDD і TDD систем зв'язку, а також полудуплексного FDD з однією і тією ж технологією радіодоступу.
- Підвищена гнучкість спектра: 1,4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц і 20 МГц.
- Підтримка розмірів стільники від декількох десятків метрів до 100 км.
- Підтримка як мінімум 200 активних клієнтів у кожній соті 5 МГц.

- Співіснування зі старими стандартами (наприклад, GSM / EDGE, UMTS, CDMA2000).

Дзвінок або сеанс передачі даних, ініційований в зоні покриття LTE, технічно може бути переданий без розриву в мережу 3G (W-CDMA, CDMA2000) або в GSM / GPRS / EDGE. Таким чином, розвиток мереж LTE можливо на вже розвинених мережах як операторів GSM так і операторів CDMA, що помітно знижує вартість розгортання мережі (на відміну від WiMax мереж). Мережі на основі стандарту LTE працюють у всіх існуючих діапазонах частот, що виділені для стільникового зв'язку по усьому світу.

Висновки. Роздача послуг по експресу. Необхідно забезпечити 200 користувачів сигналом даних зі швидкістю передачі не нижчою ніж 12 Мбіт/с для кожного абонента. Виходячи із цього загальна смуга пропускання мережі повинна бути $12 \text{ Мбіт/с} \cdot 200 = 2,4 \text{ Гбіт/с}$. Все це повинно бути забезпечено при швидкості руху абонентів від 300 до 350 км/год.

Технологія LTE володіє найбільшою кількістю переваг, тому її можна взяти як основний стандарт для перевірки і тестування. Якщо повернутися до експресу, то головна станція повинна бути прийомо - передавальним пристроєм, в якому прийом може працювати як на технології CDMA або Wi-Fi, а передача – LTE. Для цього можна використати декілька пристроїв, які слугують для підключення до мережі LTE і одночасно працювати за іншою технологією CDMA або Wi-Fi. У даному пристрої наприклад блок Wi-Fi може працювати на частотах 2,4 ГГц або блок CDMA - на частотах від 2,5 ГГц до 10 ГГц, а LTE в діапазонах Band 7 (2,5-2,69 ГГц).

Проведений аналіз технологій передачі даних для забезпечення безпроводного зв'язку між БС та мобільним терміналом на великій швидкості показав, що технології LTE, CDMA, Wi-Fi є найкращими технологіями для даного випадку. Беручи до уваги такі аспекти як: собівартість обладнання та його установлення, сумісність із іншими стандартами і т. д. В теорії дане рішення виглядає доволі ефективно, але на практиці є велика ймовірність зазнати значних складнощів при реалізації (не було враховано різні явища (багатопроменевість), тенденції ринків).

Література

1. М. Е. Ильченко, К. С. Сундучков, Б. Н. Шелковников, А. С. Ящук и др. Проблемы построения мультисервисной распределительной сети доступа к мобильному терминалу абонент, движущегося с высокой скоростью// Электроника и связь, №2, 2011, с.163-169.
2. <http://www.tdia.cn/downloads/PDF/TD-LTEIndustryDevelopmentReport2012.pdf>
3. <http://www.radioelectronics.com/info/cellulartelecomms/>
4. <https://www.telefonica.de/fixed/news/4110/lte-in-the-car-telefonica-germany-brings-high-speed-internet-to-Vehicles.html>
5. <http://telecoms.com/54943/>
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE>
7. http://product.tdk.com/en/techjournal/archives/vol04_mlg/_TDK_TJ_MLG_E_1129.pdf

ПОБУДОВА СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЗА РУХОМ НАЗЕМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ СИГНАЛІВ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ РАДІОНАВІГАЦІЇ

Ліпчевська І. Л., Якорнов Є.А.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: yakornov@its.kpi.ua

Construction of monitoring systems behind movement of ground-based vehicles of special purpose on the basis of use of signals of satellite systems of radionavigation

Approaches, principles of realization, the circuit decisions patented in Ukraine, on creation of systems of scheduling and the control over a condition of ground-based vehicles of the special purpose constructed on the basis of use of signals of global satellite systems of radionavigation and providing in adverse weather conditions a mistake of positioning no more of 5 meters are considered.

З появою глобальних супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) і швидким розвитком телекомунікацій стали широко застосовуватися системи диспетчеризації та контролю (СДК) за пересуванням наземних транспортних засобів (ТЗ) з граничною помилкою визначення координат 100 м (рис. 1), а також СДК для ТЗ спеціального призначення (ТЗСП), які призначені для

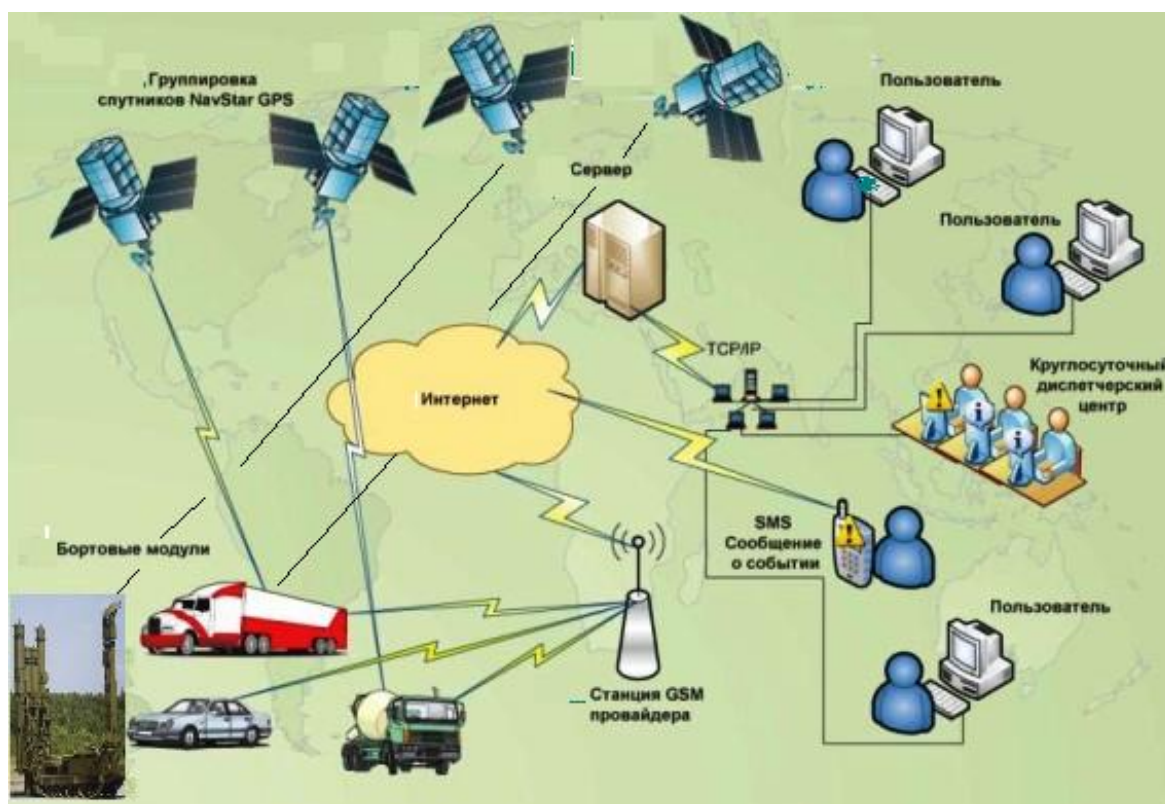


Рис. 1 Система диспетчеризації та контролю за пересуванням наземних транспортних засобів

перевезення цінних, небезпечних і військових вантажів, для яких ця помилка не повинна перевищувати 5-15 м [1,2]. Останнє реалізується при наявності сучасної телекомунікаційної інфраструктури, що також дозволяє контролювати ТЗСП на будь-якій ділянці його маршруту проходження, своєчасно оповіщати чергових диспетчерів про надзвичайних пригодах на маршруті, контролювати відкриття дверей сховища цінностей на ТЗ, отримувати аудіо та відео дані про те, що відбувається всередині і навколо ТССН, направляти сили реагування з наданням повної картини події.

Однак за відсутності інфраструктури, наприклад, диференціальних підсистем, пересуванні по різко пересіченій місцевості, коли сигнали з СРСН частково екрануються, постановці спеціальних перешкод, які мають місце при спробі викрадення ТЗСП або веденні бойових дій в зонах локальних військових конфліктів, помилка визначення координат менше 5 м на практиці не реалізується і необхідний пошук нових технічних рішень.

Одне з таких рішень запропоновано в роботі [3], в якій при збереженні загальної структури побудови СДК для ТЗ, що зображена на рис. 1, з метою підвищення точності визначення координат ТЗСП запропоновано особисто для його ввести другий рухомий ТЗ з індикатором взаємного положення, на якому б висвітлювалася інформація про координати ТЗСП, що супроводжується. Оскільки ТЗ знаходяться досить близько, то умови проходження сигналів до них із супутників практично однакові, що дозволяє підвищити точність супроводу без застосування диференціальної системи поправок, використовував також додатково визначення пеленгу на рухомий ТЗСП та дальності до нього за умов кривизни фронту електромагнітної хвилі радіомаяка міліметрового діапазону, який встановлений на ТЗ, що супроводжується.

Інше технічне рішення [4] побудови СДК для ТЗСП засноване на створенні інфраструктури у вигляді мережі контрольних і опорних станцій, які через телекомунікаційний канал зв'язку з центральним постом СДК постійно видають повідомлення для коригування (підвищення точності) координат місцезнаходження рухомих ТЗ. Крім того, нові додаткові блоки на центральному пункті СДК разом з базою даних електронних карт дозволяють гарантовано здійснювати адаптивне управління у випадках виникнення нерегламентованих надзвичайних ситуацій, що визначає виявник тривожної ситуації, який своєчасно організовує контур адаптивного забезпечення точності вихідних даних під конкретну (ситуаційно визначену) задачу управління ТЗСП та іншими рухомими об'єктами.

Гарантування точності визначення координат ТЗСП, що потрібні для розв'язку поточної задачі управління досягається за рахунок цілеспрямованого вибору з бази даних електронних карт геодезичне точно визначених точок та базових шляхів-ліній, а також сукупності регіональне доцільних повідомлень з коригуваними диференціальними даними, які у сукупності, що контролюється блоком гарантування точності вхідних даних, забезпечують цілеспрямовану комплексну обробку різномірної надлишкової інформації про системні відношення геометричних та кінематичних

параметрів у межах ситуаційно визначеного графу, кількість точно визначених вершин якого дорівнює або перевищує кількість вершин, що характеризують супроводжувані ТЗСП у просторово часовій зоні даної ситуаційної задачі, яка виникла внаслідок неконтрольованих випадкових факторів природного або соціального змісту (неадекватність виконання завдання, спроба захоплення, терористичного акту, викрадення та інш.).

Аналогічне рішення по створенню інфраструктури СДК запропоноване в [5], у якому завдання підвищення точності позиціонування ТЗ вирішується шляхом введення псевдо-супутникових систем (ПСС), які створює в локальних районах додаткові радіонавігаційні поля і можуть робити як в автономному режимі так і в якості інтегрованої частини СРНС ГЛОНАСС/GPS. Введення ПСС у СДК дозволяють забезпечити високоточну навігацію із за відсутності в наземних псевдо-супутників іоносферних і ефемеридних погрешностей в умовах утруднення приймання сигналів СРНС, наприклад, при наявності ненавмисних і навмисних перешкод. Крім того, перевагами таких ПСС є:

- 1) відносно висока потужність передавачів псевдо-супутників суттєво утрудняє можливість їх придушення;
- 2) просторовий поділ передавальних антен й передавача дозволяє зберегти псевдо-супутник при знищенні антени;
- 3) відносно невисока вартість псевдо-супутників дозволяє розмістити велике їхнє число, що зробить економічно недоцільним їхнє знищення;
- 4) за допомогою псевдо-супутників можуть бути створені неправильні навігаційні поля для дезорієнтації супротивника.

У доповіді представлені докладні схемні реалізації розглянутих СДК із поясненням принципів їх роботи.

Література

1. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Тренд, 2000.-268 с.
2. Скорик Е.Т. Системные требования к спутниковому навигационному и связному обеспечению автотранспортного движения. Наука та інновації. 2007. т 3, № 1.- с. 58-66.
3. Декларативный патент на винаход № 57534 А (Україна). Система для супроводження рухомих об'єктів з використанням сигналів глобальної супутникової системи радіонавігації, кл. G01S 5/14 //Якорнов Є.А., Саричев Ю.О., Федоров В.І. та інш.- «Промисл. власність», 2003, № 6.- 10 с.
4. Патент на винаход № 75709 (Україна). Система диспетчерського керування рухомими об'єктами з використанням сигналів глобальної супутникової системи радіонавігації, кл. G01S 5/14 //Баранов Г.Л., Беляєвський Л.С., Дмитриченко М.Ф. та інш.- «Промисл. власність», 2006, № 5.- 12 с.
5. Патент на корисну модель № 96433 (Україна). Система координації руху транспортних засобів і комплексного контролю за безпекою транспортного руху, кл. G08G 1/01//Кулик А.С., Дергачов К.Ю., Бандура І.М., Саратова Т.С. - «Промисл. власність», 2015, № 3.- 5 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЕ И ПАРАМЕТРЫ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ИММИТАНСА

Филинюк Н. А., Чехмestрук Р.Ю., Стахов В.П.

Винницкий национальный технический университет, Винница, Украина

E-mail: chehroma@yandex.ru

Classification, basic concept and parameters of immittance terminators

R , L , C – terminators of immittance are offered, as a quadruple an output immittance that W_{OUT} , to the defined value $W_{OUT,0}$, depends on the size of input immittance. Classification of terminators of immittance is given. Basic parameters are reasonable. Constructed R , L , C – terminators, with possibility of limitation from above and from below.

Для характеристики электрической цепи наиболее широко используются параметры: напряжение U , ток I , и сопротивление R , которое является производным от U и I . Существует ряд электронных схем предназначенных для ограничения U и I : ограничители тока [1] и напряжения [2, 3]. При разработке некоторых электронных устройств, например иммитансных логических схем [4], возникает необходимость ограничения величины R . Учитывая, что кроме активного R , на переменном токе используются реактивные сопротивления: ёмкостное $X_C = 1/\omega C$ и индуктивное $X_L = \omega L$, где ω – круговая частота, C – ёмкость, L – индуктивность, в ряде случаев возникает задача и их ограничения. Однако в известных авторах источниках отсутствуют сведения о параметрах и схемотехнической реализации устройств, выполняющих такую функцию ограничения, что определяет актуальность рассматриваемых в работе вопросов.

Электрическую цепь характеризует полное сопротивление (импеданс) или полная проводимость (адмитанс). Когда не указывается их конкретное значение, используется обобщающее понятие «иммитанс», которое не связано с единицей измерения [5].

Ограничителем иммитанса назовем четырехполюсник выходной иммитанс, которого W_{BIX} до определенного значения $W_{BIX,0}$ зависит от входного иммитанса W_{BX} . Величину $W_{BIX,0}$ назовем порогом ограничения выходного иммитанса.

В общем случае иммитанс – это комплексная величина $W = \text{Re}W + j \text{Im}W$. Поэтому в частном случае следует рассматривать ограничение только по вещественной $\text{Re}W$ или только мнимой $\text{Im}W$ составляющей иммитанса. Ограничитель по $\text{Re}W$ назовем «R–ограничитель». Учитывая, что мнимая составляющая иммитанса может иметь ёмкостной или индуктивный характер иммитанса, в первом случае будем рассматривать ёмкостной ограничитель (C–ограничитель), а во втором случае – индуктивный ограничитель (L–ограничитель). Кроме того в

качестве частного случая возможно рассматривать ограничитель иммитанса по модулю $|W| = \sqrt{\text{Re}W^2 + j \text{Im}W^2}$. Возможная классификация ограничителей иммитанса представлена рис. 1.

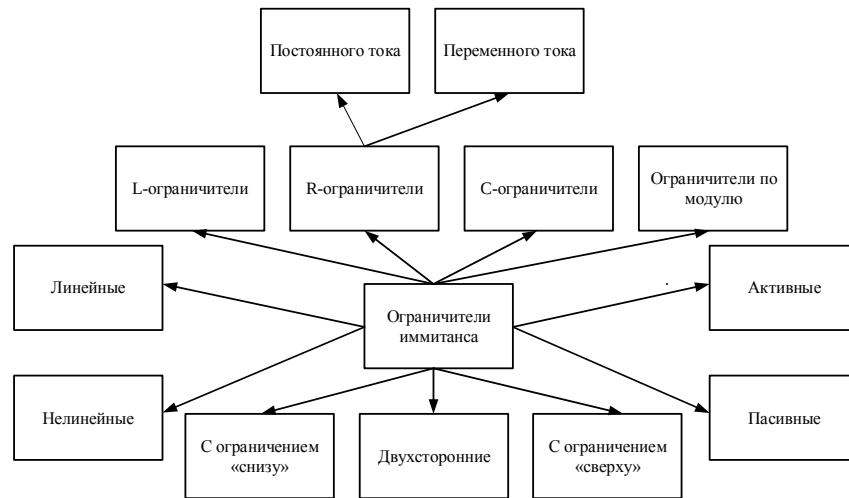


Рисунок 1. Классификация ограничителей

Кроме того R–ограничители могут быть поделены для постоянного и переменного тока. Иммитансные ограничители могут быть реализованы только на R-, L- или C-компонентах, без использования источника питания, назовем их пассивными, или на комбинации R-, L- или C-компонентов и полупроводниковых приборов с использованием источников питания. Такие ограничители назовем активными.

Вне диапазона ограничения зависимость $W_{ВЫХ} = T(W_{ВХ})$ может быть линейная, как показано на рис. 3а (линия 1), или нелинейная (линия 2). В первом случае ограничители иммитанса назовем «линейными», а во втором случае – «нелинейными».

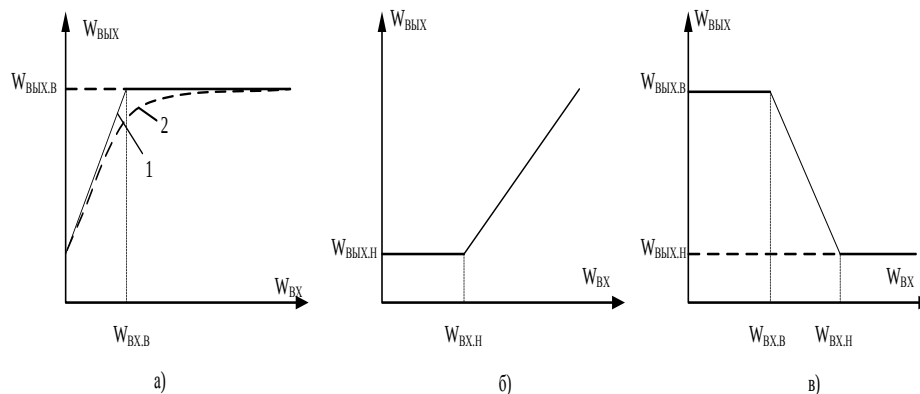


Рис. 2 Передаточные иммитансные характеристики ограничителей иммитанса с различными видами ограничения а – «сверху», б – «снизу», в – «двухсторонние»

Предлагаемая классификация ограничителей иммитанса по мере развития таких устройств может быть дополнена.

В ограничителях иммитанса можно выделить такие основные параметры: нижний и верхний уровни ограничителя выходного иммитанса $W_{ВЫХ.Н}$, $W_{ВЫХ.В}$; нижние и верхние значения входного иммитанса, соответствующие нижнему и верхнему уровням ограничения, соответственно $W_{ВХ.Н}$, $W_{ВХ.В}$; диапазон возможных значений выходного иммитанса $\Delta W_{ВЫХ} = |W_{ВЫХ.В} - W_{ВЫХ.Н}|$; крутизна ограничителя иммитанса $S = \Delta U_{ВЫХ} / W_{ВХ.В} - W_{ВХ.Н}$; время

срабатывания (или задержка) τ ; верхняя и нижняя граничные частоты f_H, f_B ; центральная рабочая частота $f_0 = f_B + f_H/2$; абсолютная полоса частот $\Delta f = f_B - f_H$; относительный диапазон рабочих частот $\xi = \Delta f / f_0$; коэффициент нелинейности:

$$K_{H.W} = \left[\frac{dW_{BIX.H}}{dW_{BX}} - \frac{dW_{BIX.B}}{dW_{BX}} \right] / \frac{dW_{BIX.H}}{dW_{BX}}.$$

Для случая использования ограничителя иммитанса в измерительной аппаратуре, важно знать с какой точностью устанавливается граничное значение выходного иммитанса. Для её оценки используем значение относительной погрешности установки уровня ограничения:

$$\delta_H = \frac{\Delta W_{BIX.H}}{W_{BIX.H}}; \delta_B = \frac{\Delta W_{BIX.B}}{W_{BIX.B}};$$

где $\Delta W_{BIX.H}, \Delta W_{BIX.B}$ – абсолютное отклонение значения выходного иммитанса от заданного уровня $W_{BIX.H}$ или $W_{BIX.B}$, при достижении входного иммитанса значений $W_{BX.H}, W_{BX.B}$, соответственно.

Для активных ограничителей иммитанса важнейшим показателем является величина потребляемой мощности P_0 , характеризующая его энергетическую эффективность. Для преобразователей иммитанса, работающих в малосигнальных схемах также важнейшим параметром является их коэффициент шума и максимальный уровень сигнала P_{MAX} , до которого схема работает в квазилинейном режиме.

Учитывая, что пассивные ограничители иммитанса не требуют использования источника постоянного напряжения, они более энергетически эффективны. В качестве примера в работе рассматриваются ограничители иммитанса в виде рассмотрим четырёхполосников образованных последовательным (рис 4.а) и параллельным (рис 4.б) включением компонентов с иммитансом W_1 и W_2 . Ко входу таких четырёхполосников подключается цепь с иммитансом W_{BX1} и W_{BX2} , соответственно; выходной иммитанс первого четырёхполосника равен: $W_{BIX1} = W_{BX1} + W_1$ для ограничителя «снизу», и

$$W_{BIX2} = \frac{W_{BX1}W_2}{W_{BX1} + W_2} \text{ для ограничителя «сверху»}.$$

Література

1. Агаханян Т.М. Электронные устройства в медицинских приборах. Учебное пособие. / Т.М. Агаханян, В.Г. Никитаев – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 512 с.
2. Черепанов В.П. Диоды и их зарубежные аналоги. Справочник. В 3 томах. Том 4. Дополнительный. \ В.П. Черепанов. – М.: РадиоСофт, 2009. – 632 с.
3. Астайкин А.И. Основы теории цепей. В 2 томах. Том 1. / А.И. Астайкин, А.П. Помазков. – М.: Академия, 2009. – 304 с.
4. Ліщинська Л. Б. Імітансна логіка [Текст] / Л. Б. Ліщинська, М. А. Філінюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. - 2010. - № 2(18). - С. 25-31.
5. Справочник по радиоизмерительным приборам: В 3-х т. Том 1.; Под ред. В. С. Насонова - М.: Сов. радио, 1979. – 229 с.

MODELING OF TERAHERTZ WIRELESS SYSTEM

Konovalchuk Y., Bespalova O., Shelkovnikov B.

NTUU "KPI", Institute of telecommunication systems

E-mail: bespalova.ksyusha@gmail.com, yuliakonovalchuk@gmail.com

Моделювання терагерцової бездротової системи

У статті представлена змодельована бездротова система на частоті 240 ГГц. Доцільність вибору робочої частоти полягає в тому, що цей діапазон має високу пропускну здатність і низьку втрату через наявність атмосферних вікон прозорості. У склад моделі входять наступні модулі: джерело цифрової послідовності 128QAM, гетеродин 120 ГГц, перетворювачі вверх та вниз по частоті, підсилювач потужності та смугопропускний фільтр. Результати моделювання системи 240 ГГц лежать в межах норми та їх можна побачити у вигляді графіків.

Use of frequencies from 200 to 300 GHz for wireless data can serve as an interesting alternative solution to the problem of insufficiency of bandwidth. This frequency band is well suited for communication and data applications available via high bandwidth and low loss because of atmospheric transparency windows. Communication systems in this mode can succeed data rate greater than 10 Gbit/s. But the problem is the increasing transmission distance without degradation BER and other quality characteristics [1].

To simulate the wireless system was chosen operating frequency of 240 GHz. The feasibility of using it is that the selected frequency of 240 GHz has the lowest value of attenuation in the atmosphere.

To achieve the required capacity and bandwidth data transfer can be improved by using more sophisticated methods of modulation, which comes with the huge amount of data baseband.

The prospective area for wireless systems in terahertz range is the development and implementation of new circuit solutions, the use of submicron and nanoelectronic components in the construction transceiver and antenna equipment, which will primarily reduce the cost of equipment and provide the necessary electrical and energy performance. Small weight and dimensions of terahertz range at high speed information transfer and communication reliability make them attractive for use in airborne equipment as in [2].

The aim is creation model of terahertz system using separated modules, investigation of changes in the basic characteristics of the system to the initial results, and tuning a model system with better performance and analysis of the results.

Modeling the system at a frequency of 240 GHz. To simulate the wireless system was chosen operating frequency of 240 GHz. The feasibility of using it is as follows. Fluctuations of molecular oxygen and water molecules cause high attenuation of waves around the resonance frequency of the molecules. The resonant frequency of water molecules in Earth's atmosphere are at 182 and 325

GHz. Frequency band wireless communications at 240 GHz with a bandwidth of 60 GHz is located in the atmospheric window between the two resonant frequencies and cutoff frequency attenuation values between 2.7 dB / km at 213 GHz and 4.54 dB / km at 280 GHz. Therefore, the selected frequency 240 GHz has the lowest value of attenuation in the atmosphere.

To create a system at a frequency of 240 GHz were used modules transmitter and receiver technology for MMIC. Each module can be manufactured on a single chip. The system structure includes the following components: a local oscillator, two mixers, amplifiers, passband filter and receiver (Figure 1). The input RF mixer to the transferor receives QAM signal with pseudorandom bit sequence. Signal simulated 128 QAM modulation. LO input signal is 120 GHz, then passed through doubler and oscillator phase noise. The presence of phase noise in the subcircuit is used to add phase noise at 28GHz tone.

Model of wireless system on 240 GHz

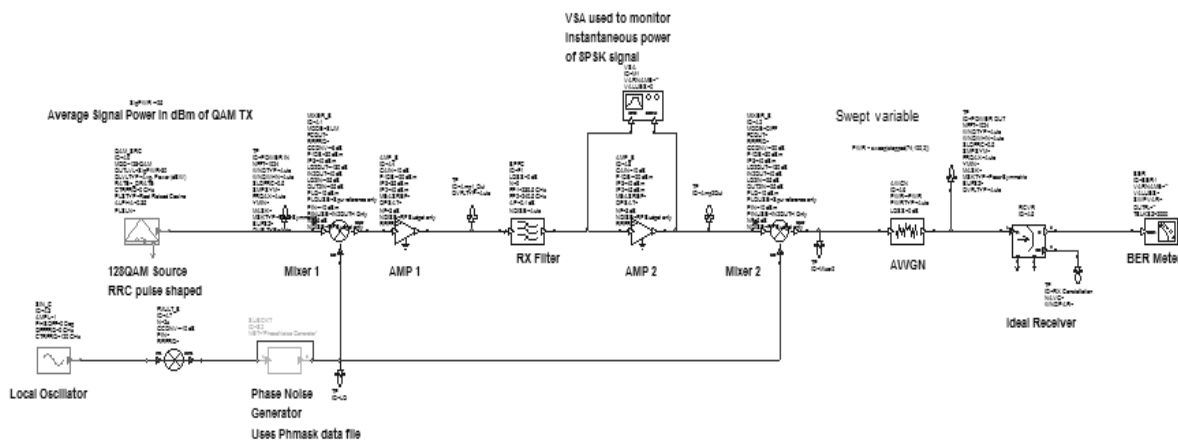


Fig. 1 The model wireless system

Mixer circuit implements a model nonlinear mixer. Intermodulation distortion automatically calculated using the basic equations. Harmonic distortion is clearly defined. Loss conversion is -6 dB. Third order of intermodulation point is at 40 dBm. The ratio of input to output noise is 6 dB. The noise is implemented as thermal noise at the output.

Further, the output signal is fed to a nonlinear amplifier with gain equal 10 dB after passing through the filter. The lower frequency is equal to 239.5 GHz and upper is 240.5 GHz.

Results of modeling. The spectrum of the signal shown in Figure 2. It can be seen at the operating frequency of 240 GHz signal has its maximum and after passing is -2.7 dBm power amplifier (pink curve), the output of the filter is -25.66 dBm (brown line) and after amplifier is - 4.86 dBm (blue curve).

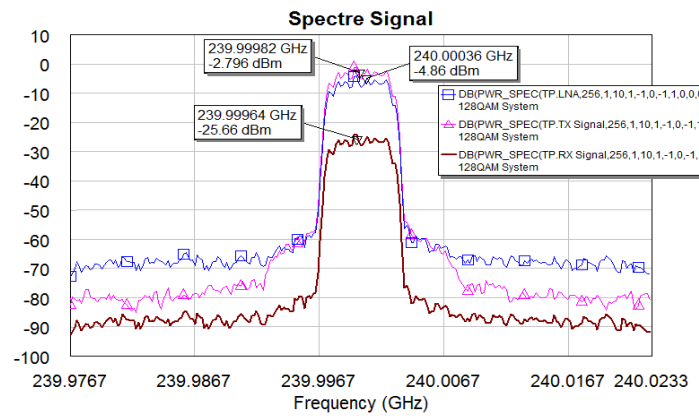


Fig. 2 Signal power in different parts of the system

The simulation results of bit error probability (BER) is calculated as a function of the signal at the receiver input based simulation Monte Carlo (Monte Carlo). The weakening of the signal at the input of the transmitter power amplifier is used to set a suitable level of spectral characteristics.

At the level of BER equal 10^{-4} , SNR is 27.2 (Figure 3).

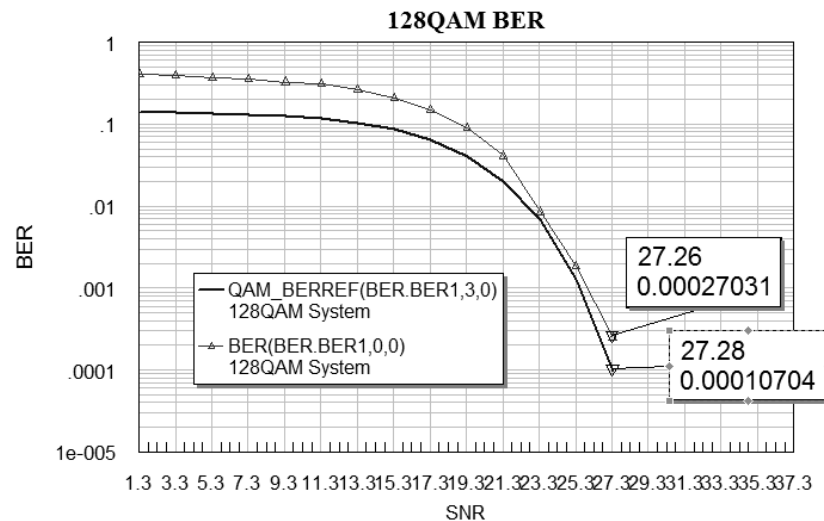


Fig. 3. Simulated BER characteristics when using a non-linear amplifier mode

Conclusions. There has been implemented a model wireless system at a frequency of 240 GHz and analysed of the results. The basic criteria was to obtain the best possible quality characteristics and BER - $1 * 10^{-4}$ result that, based on the analysis of other systems is in the normal range for the frequency of 240 GHz.

References

1. Kallfass, A. Tessmann, «Wireless DVB-C Transmission at 220 GHz Using Active Single-Chip Receive and Transmit MMICs», pp. 120-129
2. Kallfass, A. Tessmann, H. Massler, A. Leuther, M. Schlechtweg, O. Ambacher, "A 200 ghz active heterodyne receiver mmic with low subharmonic lo power requirements for imaging frontends," in *Proc. 4th European Microwave Integrated Circuit Conference, Rome*, pp. 45–48, September 2009

РОЗРОБКА ПІДСИЛЮВАЧА МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Беспалова О.Г., Коновальчук Ю.С., Шелковніков Б.М.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

Email: bespalova.ksyusha@gmail.com, yuliakonovalchuk@gmail.com

Design of amplifier mm-wave

In the paper solved task of construction of amplifier at a frequency 140 GHz. The results of simulation are shown.

Підвищення пропускної здатності зв'язку необхідно для задоволення вимог споживачів. Для вирішення питання, схеми інтерфейсних радіо повинні працювати на все більш високих частотах.

Робота при високих частотах і з високою швидкістю передачі дуже корисна, бо підвищує здатність зображення. Ось чому нові системи бездротової передачі даних зі швидкістю передачі більше ніж 10 Гбіт/с та на частоті 140 ГГц потребують ретельного дослідження [1]. У склад сучасних бездротових систем входить підсилювач, який отримав широке застосування як у вигляді окремих чіпів, так і у вигляді функціональних блоків у складі більш складних інтегральних схем. Підсилювач є універсальним блоком з характеристиками, що задовольняють вимогам системи, на основі якого можна побудувати безліч різних електронних вузлів.

Міліметрова хвиля VCOs, що працює на частоті вище 140 ГГц, була раніше реалізована в CMOS [1], SiGe [2] і технологіях InP [3]. Посилення та інтеграція на рівні одержувача або передавача були тільки досягнуті в кремнії в частотах нижче 80 ГГц. Розглянемо модель першого підсилювача на 140 ГГц, реалізованому в кремнії, продуктивність якого набагато вище у порівнянні до схем InP HEMT [4].

Підсилювач складається з двох або більше транзисторів. Неідеальна форма вихідного сигналу, що призводить спотворення усувається фільтрами. Вхідний і вихідний фільтри відфільтровує основну частоту, яка генерує вихідну потужність на опорі навантаження.

Коефіцієнт використання по потужності дорівнює 0,159 і є найвищим серед багатьох підсилювачів, і якщо частота роботи досить висока, ККД не зменшуватиметься.

Розглянемо структурну схему каскаду підсилювача D-діапазону (140 ГГц), що була розроблена в середовищі AWR.

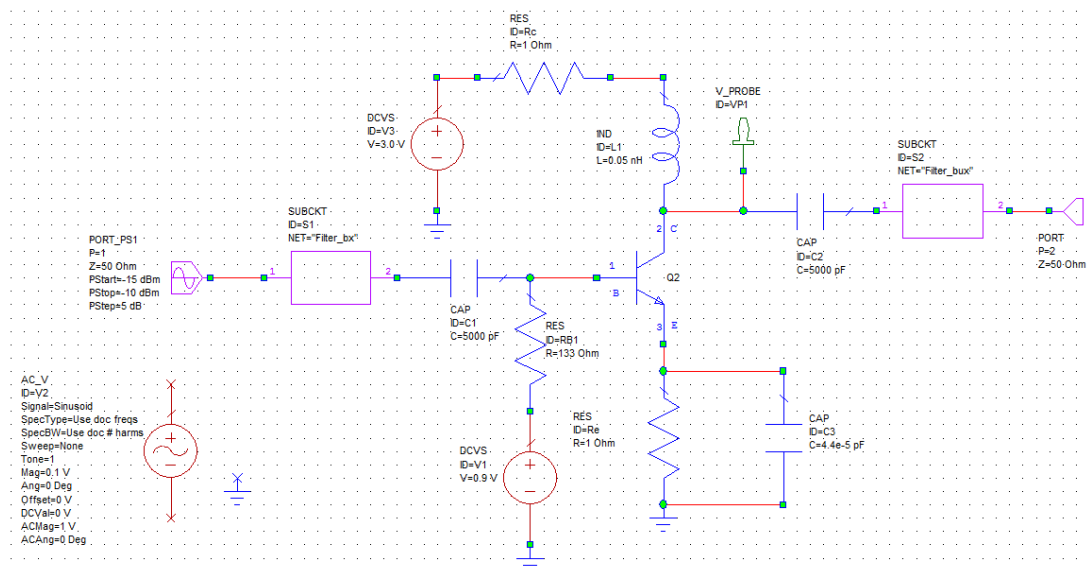


Рис. 1 Структурна схема каскаду підсилювача

Схема каскаду складається з катушок індуктивності, конденсаторів, транзисторів, вхідного та вихідного фільтрів. Моделі фільтрів були сконструйовані окремо. Їх схеми приведені на рисунку 2.

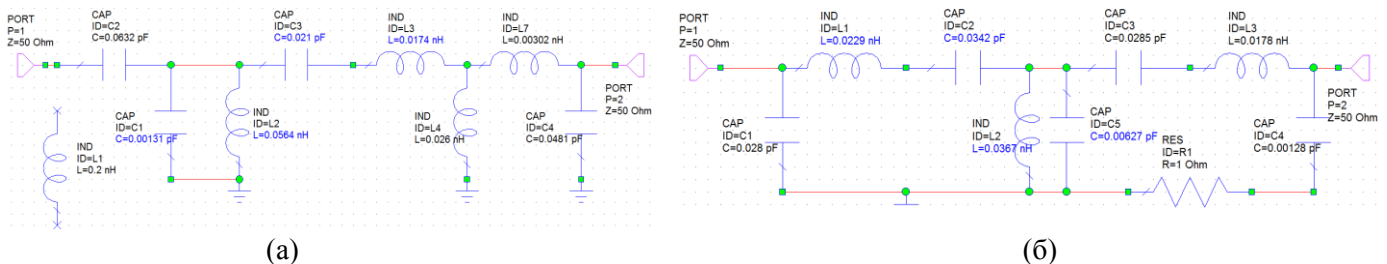


Рис. 2 (а) Фільтр вихідної частоти (б) Фільтр вхідної частоти

На рисунку 3 приведено графік вольт-амперної та динамічної характеристики транзистора. Відповідно до графіку можна визначити динамічний діапазон, який складає 0,11 В.

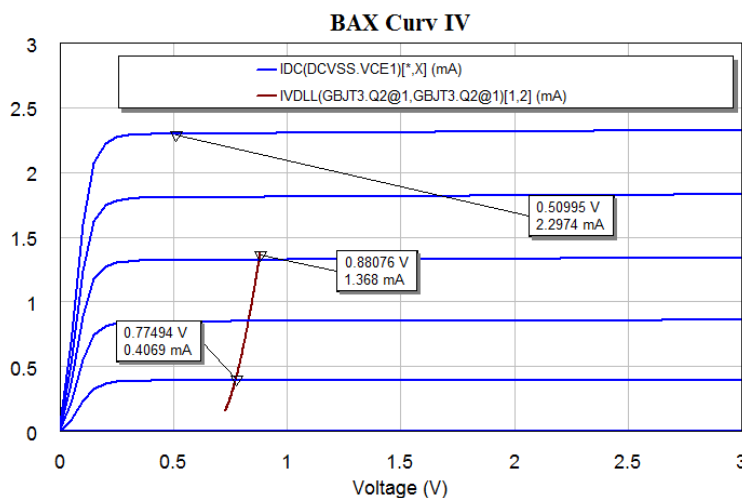


Рис. 3 Вольт-амперна і динамічна характеристики каскаду

Амплітудна характеристика (лінійна ділянка), що показує залежність

величини вихідної напруги підсилювача від величини вхідної напруги при постійній частоті сигналу та показники току і напруг приведені на Рис. 4

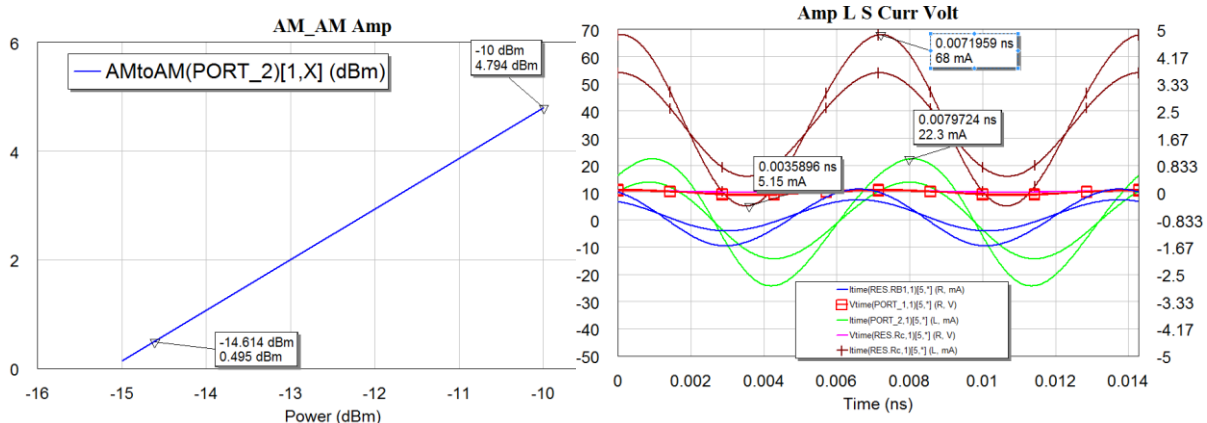


Рис. 4 Амплітудна характеристика і показники току і напруг каскаду

Вхідна кругова діаграма, що демонструє узгоджений режим на вході каскаду, показана на рисунку 5. Теж саме виконано і на виході.

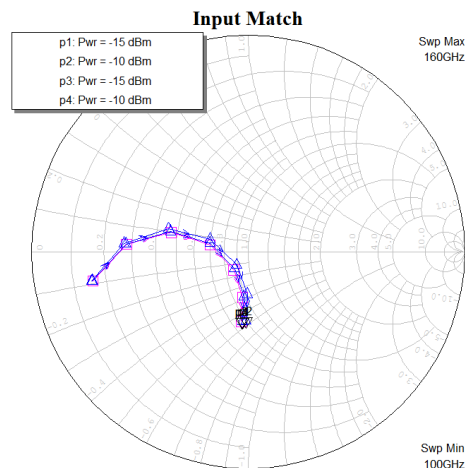


Рис. 5 Вхідна кругова діаграма

Результати моделювання показують, що каскад підсилювача задовольняє поставленим вимогам по підсиленню в полосі пропускання та спотворення. І на основі такого каскаду можна побудувати багатокаскадний підсилювач.

Література

1. E. Laskin 165-GHz Transceiver in SiGe Technology
2. D. M. Pozar, Microwave Engineering, 3rd ed. New York: Wiley, 2005.
3. T. Kosugi, M. Tokumitsu, K. Murata, T. Enoki, H. Takahashi, A. Hirata, and T. Nagatsuma, "120-GHz TX/RX waveguide modules for 10-Gbit/s wireless link system," in 2006 IEEE Compound Semicond. Integrated Circuit Symp., San Antonio, TX, Nov. 2006, pp. 25–28.
4. K. K. O, C. Cao, E.-Y. Seok, and S. Sankaran, "CMOS millimeterwave signal sources and detectors," in IEEE Int. Symp. Circuits Syst., New Orleans, LA, May 2007, pp. 2614–2617

РАЗРАБОТКА УМНОЖИТЕЛЕЙ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Волков В.С., Шелковников Б.Н.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: wolf6101@gmail.com; bshelk@gmail.com

Development of a broadband 60-to-120 GHz multiplier with HEMT technology use

In this paper the 60 GHz to 120 GHz frequency multiplier based on HEMT technology, using a packet of AWR, and results of researches are provided.

Интерес к системам, работающих на частотах выше 100 ГГц непрерывно растет. Применение варьируются от атмосферной радиометрии до автомобильных и телекоммуникационных систем.

Основной задачей для систем, работающих в данном диапазоне частот, является оптимальный выбор источников сигнала с низким энергопотреблением, широкой полосой и возможностью интеграции с остальной системой. Наиболее распространенным способом является использование высокопроизводительного источника сигнала, работающего на низких частотах вместе с умножителями с надлежащим усилением, что позволяет получить сигнал желаемой частоты. Поэтому разработка умножителей для систем, работающих на частотах выше 100 ГГц является актуальной.

Эта статья представляет ММІС удвоитель частоты 60 ГГц - 120 ГГц с встроенным выходным усилителем мощности. Сочетание является оптимальным в том смысле, что выходной фильтр удвоителя также предоставляет требуемое входное сопротивление подходящее для усилителя. Схема выполнена по технологии GaAs mHEMT 0,1 мкм с типичными параметрами $(G_m)_{\max} = 1400 \text{ mS/mm}$, $(I_D)_{\max} = 900 \text{ mA/mm}$ и f_t и $F_{\max}$ 200 ГГц и 300 ГГц соответственно [1].

Умножение частоты достигается за счет нелинейностей элементов. В умножителях, на основе полевых транзисторов, транзистор смещен таким образом, что РЧ-сигнал от тока стока содержит гармоники частоты входного сигнала. Желаемая частотная составляющая фильтруется на выходе, а нежелательные составляющие подавляются. В большинстве случаев, необходимая частотная составляющая имеет недостаточный уровень мощности, поэтому в последствии она должно быть усилена.

Удвоитель частоты использует полевой транзистор, работающий условиях класса АВ в состоянии покоя, т.е. напряжение на затворе находится близко к пороговому значению, так что гармоническая составляющая второго порядка присутствует в выходном сигнале тока транзистора. Напряжение стока установлено в рабочую точку в $V_D = 1 \text{ В}$. Вход транзистора согласован с основным входным сигналом f_{in} с помощью трехэлементной согласующей цепи, включающей линию ответвления, линию ответвления с заглушкой и последовательных емкостей. Смещение на затворе

обеспечивается через РЧ замкнутую цепь. На выходе транзистора, основной сигнал сокращается за счет открыто-законченной заглушки, которая выступает в качестве $\lambda / 4$ открыто – закороченного контура передачи для основного сигнала, с $\lambda = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot f_{in}}$.

Задача остальных элементов в выходной цепи согласования – гарантировать соответствие сопротивления для целевой гармоники второго порядка и обеспечить напряжение смещения стока. Рис. 1 содержит схему удвоителя частоты, использующего транзистор с шириной затвора $2 \times 2 \mu\text{m}$.

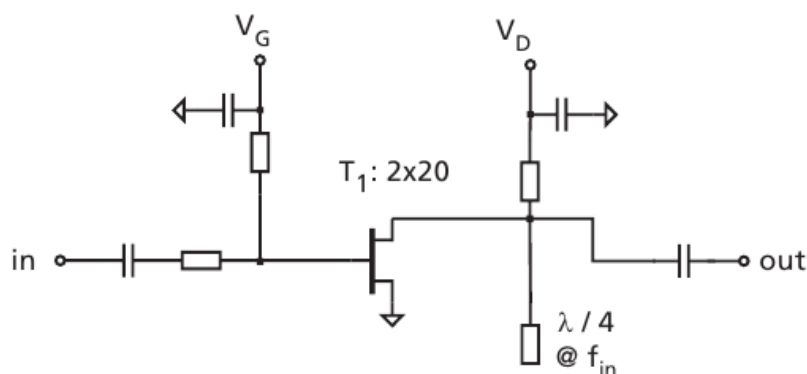


Рис. 1 Принципиальная схема 300 ГГц удвоителя частоты MMIC.
Полевой транзистор работает в условиях класса АВ

MMIC реализуется по технологии HEMT с длиной затвора 50 нм. Эта высокоскоростная транзисторная технология имеет средние максимальные примесные частоты среза $f_T = 400\text{GHz}$ и $f_{\text{max}} = 420\text{GHz}$, измеренная в транзисторе $2 \times 30 \mu\text{m}$ с общим истоком в компланарной среде и сдвинутым под $V_D = 1\text{В}$. Его составной HEMT канал образован из $\text{In}_{0.80}\text{Ga}_{0.20}\text{As}/\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ слоев. Для подавления паразитных составляющих в GaAs подложке, а также для полной совместимости с микрополосковой средой, пластины утончены до толщины 50 мкм.

Результаты моделирования. На Рис. 2 показаны результаты измерений выходной мощности удвоителя частоты MMIC в диапазоне приложенной входной мощности на $f_{in} = 150\text{GHz}$. На 1 дБм входной мощности, измеренная выходная мощность -6,4 дБм, что соответствует эффективности преобразования в 18%. Такая входная мощность недостаточна, чтобы ввести удвоитель в режим насыщения. При более высоких входных мощностях можем ожидать более высокую выходную мощность, например от среднего усилителя мощности.

Рис. 3 показывает диапазон входной частоты при постоянном уровне входного сигнала в 0 дБм. В диапазоне выходной частоты от 250 до 310 ГГц, что соответствует пропускной способности в 3 дБ, удвоитель обеспечивает среднюю выходную мощность в -10 дБм. Его средний показатель эффективности преобразования составляет 10%. Наблюдается пульсация в частотной характеристики, что скорее всего, из-за небольших дефектов сопротивлений.

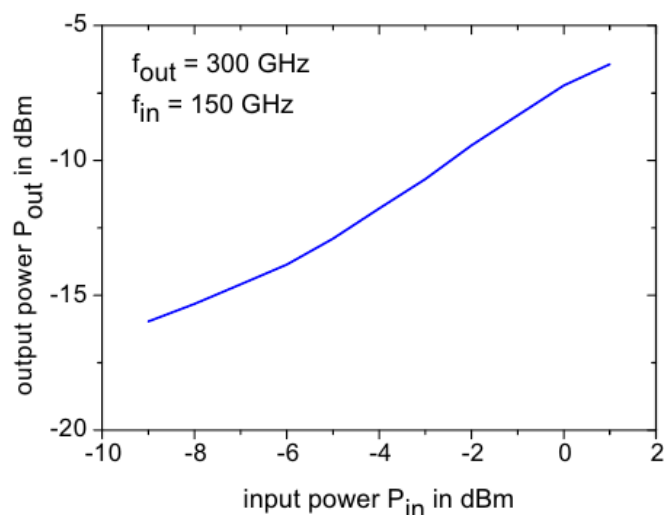


Рис. 2 График зависимости выходной мощности удвоителя частоты ММІС от входной мощности. Достигается ненасыщенная выходная мощность в -6,4 дБм

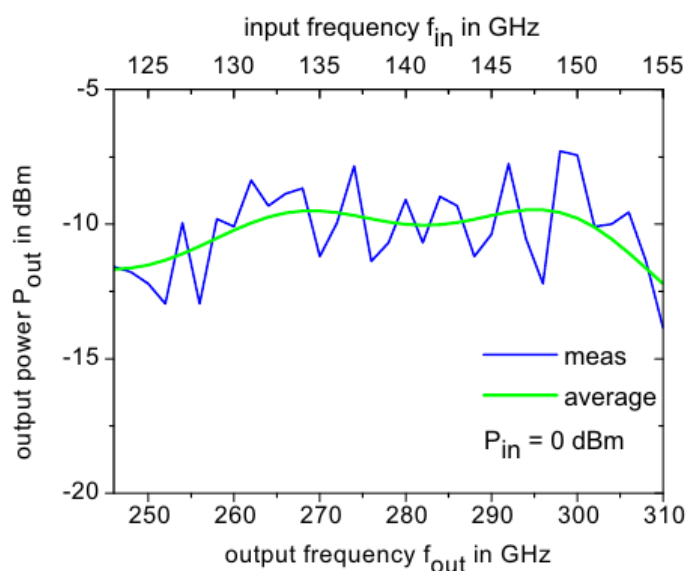


Рис. 3 Измерение выходной мощности по сравнению с выходной частотой удвоителя частоты, при постоянном уровне входной мощности $P_{in} = 0$ дБм

Выводы. Представленный удвоитель частоты успешно продемонстрировал широкополосность частотного преобразования на основе элементов работающих на частотах выше 300 GHz. Вместе с усилителем они полностью покрывают весь частотный спектр миллиметровых волн, и открывают путь для использования компактных и высокопроизводительных решений.

Литература

1. "http://www.iaf.fraunhofer.de."
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.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ БЮДЖЕТУ ВТРАТ ОПТИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ

Герлянд А. М., Созонник Г.Д.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: amgerlyand@gmail.com

Method of the budget loss calculation of optical network access

FTTH is a most promising technology for the development of subscriber access networks using fiber optic cable. One of the major tasks while designing an optical network is to calculate the fiber optic loss budget which constitutes the subject of this paper. The fiber optic loss budget is defined as the difference between the optical transmitter power and the receiver sensitivity.

Оптичні мережі доступу набули широкого поширення та мають велику кількість абонентів. Останнє десятиліття найбільш популярна FTTH(Fiber-to-the-Home), завдяки її перевагам. На сьогоднішній день саме ця технологія є найбільш стандартизованою та перспективною для розвитку мереж абонентського доступу з використанням волоконно-оптичного кабеля.

Для реалізації FTTH можливе два рішення, а саме: на базі технології пасивної оптичної мережі (PON) та з використанням технології Ethernet(ETTH). Пасивна оптична мережа дає можливість обслуговувати велику кількість абонентів, що обумовлює її економічність. Архітектура пасивної оптичної мережі (PON) зображена на Рис.1.

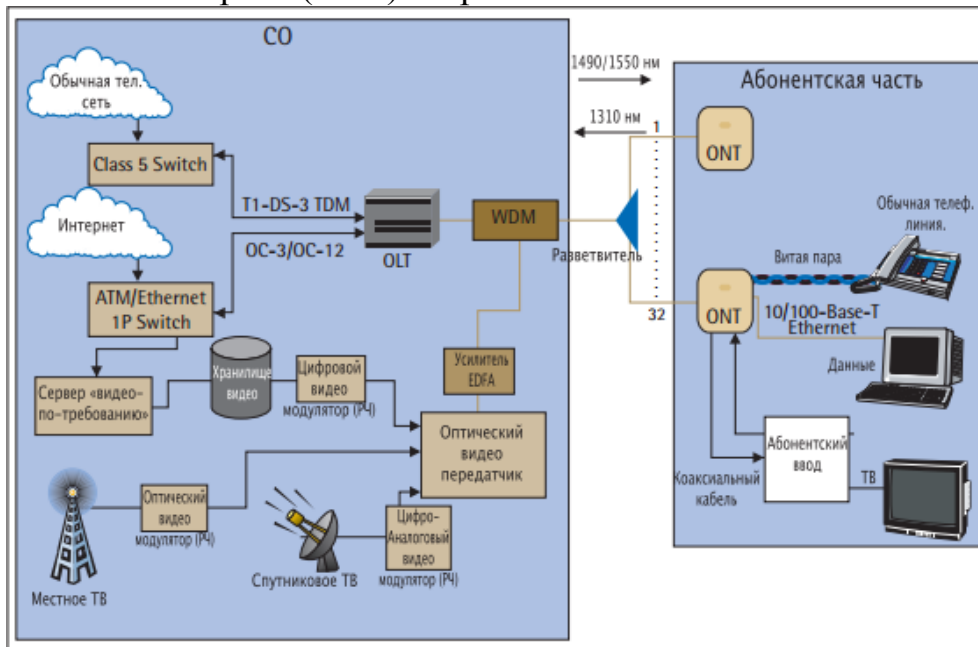


Рис.1 Архитектура пассивної оптичної мережі (PON)

Через оптичний лінійний термінал (OLT) розташованому на центральному вузлі (CO), з допомогою оптичних розгалужувачів мережі підключається телефона мережа та Інтернет. Для передачі даних та голосу такі довжини хвиль: 1490 нм для прямого потоку та 1310 нм для зворотного. Послуги відео перетворюються в оптичний формат з допомогою оптичного

радіопередатчика, працюючого на довжині хвилі 1550 нм. Різні довжини хвиль поєднуються за допомогою WDM мультиплексора.

Одним із головних завдань проектування оптичної мережі є розрахунок бюджету втрат («оптичного бюджету») та визначення оптимальних коефіцієнтів поділу всіх розгалужувачів.

«Оптичний бюджет» визначається, як різниця між оптичною потужністю передавача і чутливістю приймача, виражена в дБ. Це паспортна інформація, яку виробник повинен прикладати до всіх прийомо-передаючих пристроїв.

Для PON мереж «оптичним бюджетом» прийнято вважати максимальне значення загасання в оптичному волокні від OLT комутатора до максимально віддаленого ONU.

Алгоритм розрахунку виглядає наступним чином:

- розрахунок сумарних втрат для кожної гілки без урахування втрат в розгалужувачах;
- почергове визначення коефіцієнтів розподілу кожного розветвителя, починаючи з найбільш віддалених;
- розрахунок бюджету втрат для кожного абонентського терміналу з урахуванням втрат у всіх елементах ланцюга, порівняння його з динамічним діапазоном системи.

Зважаючи на те, що абоненти перебувають на різній відстані від головної станції, то, при рівномірному розподілі потужності в кожному розгалужувачі, потужність на вході кожного ONU буде різна. Підбір параметрів розгалужувачів пов'язаний з необхідністю отримання на вході кожного абонентського терміналу мережі приблизно однакового рівня оптичної потужності, тобто побудувати так звану збалансовану мережу.

При необхідності визначення внесених втрат розгалужувачів з великою кількістю вихідних портів або використання при інших коефіцієнтах розподілу, можна скористатися оціночної формулою:

$$A_i = 10 \lg\left(\frac{100\%}{D\%}\right) + \log_2(N-1) \cdot 0.4 + 0.2 + 1.5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{D\%}\right), [\text{дБ}] \quad (1)$$

де **D%** - відсоток потужності, виведеної в даний порт,%;

N - кількість вихідних портів;

i - номер вихідного порту.

Використання довідкової таблиці і розрахунок за наведеною вище формулою дозволяє оцінити значення внесеного загасання тільки приблизно (похибка знаходиться в межах 0,1 ... 0,4 дБ). Конкретні значення внесених втрат для кожного розветвителя даються виробником, однак і розрахункові значення цілком придатні для проектування.

Тепер можна переходити до вибору коефіцієнтів ділення розгалужувачів для конкретного проекту і розрахунку бюджету втрат.

Втрати між OLT і ONT для кожної оптичної лінії представимо всі втрати в лінії у вигляді суми затухань всіх компонентів:

$$A_{\Sigma} = (l_1 + \dots + l_i) \cdot \alpha + N_p \cdot A_p + N_c \cdot A_c + (A_{PAZ_1} + A_{PAZ_m}), [\text{дБ}] \quad (2)$$

де A_{Σ} - сумарні втрати в лінії (між OLT і ONU), дБ;

l_i - довжина і-ділянки, км;

n - кількість ділянок;

α - коефіцієнт загасання оптичного кабелю, дБ / км;

N_p - кількість рознімних з'єднань;

A_p - середні втрати в роз'ємному з'єднанні, дБ;

N_c - кількість зварних з'єднань;

A_c - середні втрати в зварному з'єднанні, дБ;

A_{PAZ_i} - втрати в і-оптичному розгалужувачі, дБ;

Перший доданок відноситься до сумарних втрат в оптичному кабелі, друге - до втрат в роз'ємах, третє - до втрат на зварюваннях, і четверте - втрати в розгалужувачах.

Після цього проводиться розрахунок загасання для кожного ланцюга (від OLT до ONU) за першими трьома доданком і вибір коефіцієнт розподілу розгалужувачів так, щоб згасання в кожному ланцюзі було приблизно однаковим.

Розрахунок бюджету втрат повинен довести, що для кожного ланцюга загальна величина втрат (включаючи запас) не перевищує динамічний діапазон системи, тобто:

$$P = P_{BIX \min} - P_{BX} \geq A_{\Sigma} + P_{ЗАП}, \quad (3)$$

де P - динамічний діапазон PON, дБ;

$P_{BIX \min}$ - мінімальна вихідна потужність передавача OLT, дБм;

P_{BX} - допустима потужність на вході приймача ONU, дБм;

A_{Σ} - сумарні втрати в лінії (між OLT і ONU), дБ;

$P_{ЗАП}$ - експлуатаційний запас PON, дБ.

В даній роботі було представлено загальну архітектуру FTTH на базі PON та показана методика розрахунку оптичного бюджету, який є важливим показником ефективності системи.

Література

1. Cisco FTTH architecture // Cisco Systems Inc., - 2009, - 12с.
2. Коммерческое руководство по сетям FTTH // Fibre to the Home Council Europe - 2012, - 76 с.
3. Особенности построения FTTH на базе PON [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <http://ic-line.ua/wiki/po-p-glava2>.
4. Глущенко, Д.В. Расчет оптического бюджета PON с равномерными/неравномерными разветвителями / Д.В. Глущенко, В.Н. Урядов // Современные средства связи: материалы XV Междунар. науч.-техн. конф., 28– 30 сент. 2010 г., Минск, Респ. Беларусь. – Минск: ВГКС, 2010. – 28 с.
5. Путеводитель FTTH PON: Тестирование Пассивных Оптических Сетей [Электронный ресурс] // EXFO Electro-Optical Engineering Inc.. –2010. – 64 с.

УДК 519.711.3

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПОРТАЛ ДЛЯ
ШКОЛЬНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**

Костолны Йозеф

Жилинский Университет, Словакия

E-mail: jozef.kostolny@fri.uniza.sk

Schools Educational Portal with Data Mining Support

In this paper are presented methodological aspects of processing of Educational Portal for pupils of primary school with Data Mining support. This structure of portal consists of four layers that ensure the Portal, support of learning process, individual adaptation for teachers and pupils and intelligent analysis of education result based on methods of Data Mining such as Fuzzy Decision Trees.

As result of present internet and computers time, pupils of the first classes of the primary schools have access to the computer and internet and skills usage of them. This fact should be used in teaching. One of the principal specifics of children character is the acquisition of the most lasting knowledge while playing. Therefore the computer games should be directed to the teaching. Unfortunately, pupils play with computer games without educational tool mostly. Such computer games become obstacle of education, because pupils spend time needed for education by playing games [1]. Analysis of current publications in the area of pedagogy confirms importance of the problem of children addiction to computer games [2]. The acceptable decision in this situation is replacement of such computer games ("detrimental") by the computer games with educational content.

Solution of the mentioned problem has to consider two input factors. First factor is the necessity of computer access by children in the era of information boom. Second factor is the fact, that the most suitable form of the first contact with computer is the form of game. Authors of papers [3] showed that methods of Artificial Intelligence and in particular methods of Data Mining are useful in education process. These methods allow analyzing and estimating of data in education system, visualizing new correlation in data, decide problem with incomplete and ambiguous data etc.

After consultations with the teachers of primary school are developed new portal of computer games for pupils of the first level. It contains games that are focused on the teaching of pupils. Pupils have to revise objects and tasks of specified subject in unobtrusive playing form.

The principal service of elaboration Portal is intellectual analysis of learning process. Pupils' knowledge is estimate based on the intellectual methods. This analysis is based on methods of Data Mining. This Important part of education process is analysis and improving of educational program. Regular educational program does not allow analyzing pupils' answers to discover interesting relations.

These relations can be useful not only in the area of pedagogy but also in the education process itself.

Intelligent methods of data mining are the basis for wide class of tasks. The term intelligent means the choice of solution based on the analysis of the set of existing data, reflecting the retrospective of object or process behavior. Principle of the choice means that as the best solution is chosen the solution which is the most probable in particular situation. Recently, decision trees and decision rules are used as a classification tools. These facts explain the reason, why decision trees and decision rules has become important tool for realization of expert systems and decision making systems.

The Attractive Virtual Educational Portal with the realization of mechanism to support intelligent learning process is developed for the pupils of primary schools at Faculty of Management Science and Informatics of University of Zilina in collaboration with the primary school Zilina-Závodie. Some prototypes of the Portal modules are at <http://fra207d.fri.uniza.sk/>. The Portal development is realized in cooperation with teachers of the primary school and specialist in pedagogics [4].

The Portal is realized as a software solution that consists of 4 basic layers (see Fig. 1). The first layer is Gaming Layer and it's expected creating of the interactive means ensuring communication between pupils in a playful form. The second layer, education layer contains the learning modules and is realized in the form of a set of games. Base of the information layer is the creation of databases. Last layer - Analytical Layer contains a methodologies of intelligent data analysis derived from the learning of pupils.

Proposed structure of the Portal allows achieving principal goal that is pupil involving in learning process by game with intelligent support of this process.

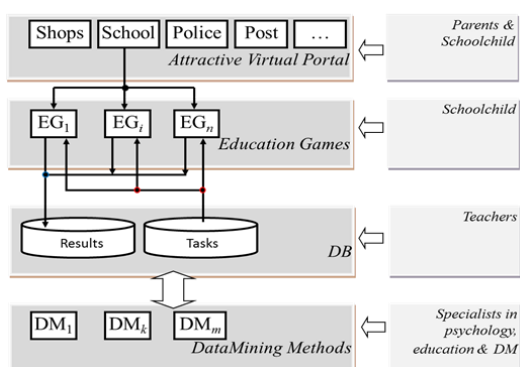


Fig. 1 The structure of Portal



Fig. 2 The input of Portal

The Portal will be including a variety of objects, corresponding to the outside world, e.g. school, shops, railway station, cinema, police, etc. (Fig. 2). Each object has its functional use. For example, building of school opens educational games (math, language, logic, etc.). Correct answers to the tasks in the game will be rewarded by credits. These credits can be exchanged for anything in other objects, such as shop, cinema, etc. in order to change your profile (for example, buying clothes, bicycles and other objects, the organization of trips, etc.).

Analytic layer consists of the original method of data mining developed by the authors of the Portal. These methods make it possible to identify a set of interesting dependencies, useful for education of pupils. Discovery of these dependencies need to clarify the example of experienced and inexperienced teachers. The first has a lot of experience with education of children and use in their work

The analysis at the fourth layer is implementing as Decision Making Support System. We use conception of the comparison of a new case with previous cases and selection most similar among previous cases as decision [5]. The decision making procedure corresponds to the recognition (classification) of the new case and it is the process of moving from concrete examples to general models, where the goal is to learn how to classify objects by analyzing a set of instances (already solved cases) whose classes are known

Existing attractive solutions of portals are oriented to develop logical thinking, but do not support the school education program. In most cases the educational programs are oriented to testing, and if there is some educational part, then it is realized in the form of individual events with minimum game components and simplified graphics. Result of above mentioned facts is that from early age children take a computer as a game tool and not a tool for learning. Consequently it is very difficult to attract such children to use the computer for educational purposes. The methodology of the developed Portal decides this problem and proposed for pupil tools for attractive learning in gaming form.

References

1. M. Gregussová and D. Kováčiková, "Sú naše deti vo virtuálnom prostredí v bezpečí?" Bratislava: Výskumný ústav detskej psychológie a patopsychológie, 2008.
2. I. Emmerová, "Nelátkové závislosti u žiakov základných a stredných škôl," Časopis pro technickou a informační výchovu, vol. 1, pp. 51–55, 2009.
3. J. Bayer, H. Bydzovska, J. Geryk, T. Obsivac and L. Popelinsky, "Predicting drop-out from social behaviour of students," in Proc. 5th Int. Conf. on Educational Data Mining (EDM 2012), Chania, Greece, 2012, pp. 103–109.
4. V. Levashenko, E. Zaitseva and S. Kovalik, "Elaboration of attractive virtual educational portal for pupils of primary school with data mining support," in Proc. 7th Int. Workshop on Digital Technologies, Zilina, Slovakia, 2010.
5. T. Mitchell, Machine Learning. Boston, MA: WCB/McGraw-Hill, 1997.

This paper is the outcome of the following projects "Innovation and internationalisation of the education - the tool for quality improvement at the University of Zilina as a part of the European educational space", ITMS code 2611 0230079 and "Quality education by supporting innovative forms, quality research and international cooperation - a successful graduate for practice", ITMS code 26110230090.



INTERACTION BETWEEN THE MS AND BS BY USING NEW ARCHITECTURE OF MULTI-STANDARD BASE STATIONS

Globa L.S., Chirchenkova M.A., Kurdecha V.V.

Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"

Email: lgloba@its.kpi.ua, chirchenkova.mariya@gmail.com, vt14m@yandex.ua

ВЗАЄМОДІЯ МІЖ МС І БС З ВИКОРИСТАННЯМ НОВОЇ АРХІТЕКТУРИ МУЛЬТИСТАНДАРТНИХ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ

У статті наводиться модифікований механізм взаємодії між мобільною і базовою станцією за допомогою нової архітектури базової станції, яка допоможе ефективно використовувати спільні ресурси при збереженні встановлених вимог до якості.

The alternative architecture for the multi-access network (as shown in Figure 1) is different from the existing, it has a cooperation sub-layer. Each operator has one physical network infrastructure and provides full control / management over it. The physical infrastructure of each radio operator is fully virtualized and the cognitive layer implements algorithms of self-optimization of using radio resources.

The cooperation sub-layer provides resource sharing among operators (Figure 1). The protocol objects belonging to this level located in the network of each operator and communicate with them via the Internet. The main purpose of this is to spread the requests for additional radio resources that may be issued by one operator to others when its network saturated.

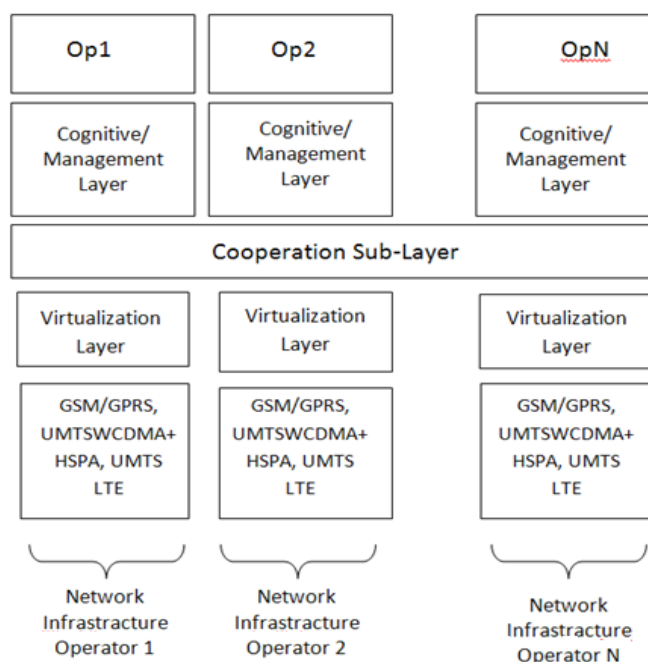


Figure1. The proposed network architecture for multi-access network

In order to facilitate BS management, a virtualization layer was entered to abstract existing wireless technologies to cognitive mechanism (control mechanism). This allows simplifying the "Description" spectrum available resources in terms of QoS (error rate, delay and jitter) and data rate. This abstraction of the physical layer simplifies the description of cognitive algorithms and controls algorithms, ranging from destruction detailed descriptions of each physical layers. The cognitive layer sends a request to the virtual layer to assign channels with specific characteristics, expressed in terms of QoS, achieved speeds and frequency errors, etc. The Protocol inside the virtual layer controls access to the radio resources taking into account the needs of users, QoS requirements and the possible information describing position of the consumer in cells, channel quality, the power required for transmission, interference situation and status of the clustering in cell.

In the latter case, implicitly assumes that the protocol procedures of multi-standard terminals to communication with BS were modified to include information about the used technology.

The former solution based on disconnecting the signaling channel could be used to provide communication between old terminals through multi-standard BS. For example: if multi-standard BS receives a service request via GSM signaling channel and its conditions are very favorable, it may reject the request paging channel GSM, turn off the alarm carrier GSM and UMTS enable transmission. Thus, BS implicitly makes the terminal look for another technology.

Recently, there is a tendency to move to more cost-effective and cheaper options for implementation of network interfaces, so many vendors that produce base station controllers and SGSN, provide an opportunity to realize Gb interface based on IP transport - Gb over IP. This interface helps to connect base stations controllers directly to SGSN.

In "clear" form Gb interface is implemented only for 2G architecture, so, to implement the interface between the controller and SGSN base stations - BSC, and for 3G (UMTS), and to implement the interface between SGSN and RNC (en) the controller needs Iu-PS interface, with its inside is a division plane signaling (control) - Control Plane and plane data subscribers - User Plane. To support multiple technologies SGSN must be combined, that is SGSN architecture must support both 2G (for Gb interface) and 3G (for Iu-PS). In this case, you can simultaneously connect both controllers BSC and RNC controllers, but it will be another RNC protocol stack and some other procedures, but these controllers can be fully customized to frequency 2G.

The virtualization and cooperation layers provide support for these technologies without replacing equipment. On interaction between mobile terminal and service node, then how to update data of mobile terminal allocation and establishing a logical connection is shown in Figure 2

It includes 6 steps:

Step 1. Mobile terminal UE after inclusion through controller RNC sends the command ATTACH REQUEST (connection request) to the service node SGSN.

Step 2. The service node SGSN requests subscriber's authentication identified by IMSI, in the home register HLR. Authentication request is transmitted by protocol MAP.

Step 3. Home register HLR via AUC represents subscriber's authentication parameters to the service node SGSN.

Step 4. In case of successful execution of the procedure of authentication service node SGSN asks the home register HLR subscriber profile and says home register HLR ID value cell Cell_ID, in which the user terminal UE located to update HLR's record on the subscriber's location.

Step 5. Home register HLR in response to the request node SGSN sends service subscriber profile parameters (list of connected services and enabled access point APN, data quality, static IP address allocation subject to network operator).

Step 6. The service node SGSN sends the mobile terminal UE message ATTACH ACCEPT, reporting on progress accomplished in the UMTS network connection procedure message ATTACH COMPLETE (connection completed).

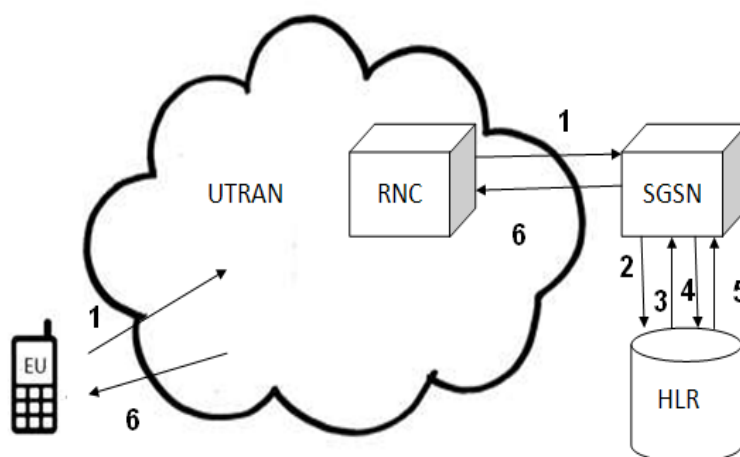


Figure 2. The procedure for updating location information of mobile terminal and establishing a logical connection between the mobile terminal and service node

Conclusion. In the paper the original network architecture characterized by additional abstract level named Cooperation Sub-Layer allowing us to operate easily with different standards is suggested. The architecture of multi-standard BS has been improved and the changes of interaction between the MS and BS by using a new architecture and procedure of updating data of mobile terminal location that allows resource sharing among operators have been proposed.

References

1. Silin A. Technology Software Defined Radio. Theory, principles and examples of hardware platforms / A. Silin // Wireless – 2007. – No. 2. – P. 22–27.
2. Bard J. Software defined radio: the software communications architecture / J. Bard, J. Vincent Jr // – England. John Wiley & Sons, Ltd. – 2007. – 373 p.
3. Ulversoy T. Software Defined Radio: Challenges and Opportunities / T. Ulversoy // IEEE Communications Surveys & Tutorials. — 2010, October. — Vol. 12, No. 4. — P. 532–550.

PROSPECTS FOR THE USAGE OF ATM TECHNOLOGY IN MODERN COMMUNICATION NETWORKS

Hanna Gakhova

The Institute of Telecommunication Systems, NTUU "KPI", Kyiv, Ukraine

E-mail: anna.gakhova@gmail.com

Перспективы использования технологии АТМ в современных сетях связи

В данной статье приводится краткий обзор технологии АТМ. Статья охватывает основные принципы АТМ, сопутствующую терминологию и вводит ключевые понятия, применяемые параметры трафика и QoS характеристики с точки зрения использования в современных сетях.

What is ATM? Asynchronous Transfer Mode (ATM) is a technology designed for the high-speed transfer of voice, video, and data through public and private networks using cell relay technology. ATM is an International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) standard. Ongoing work on ATM standards is being done primarily by the ATM Forum, which was jointly founded by Cisco Systems, NET/ADAPTIVE, Northern Telecom, and Sprint in 1991. A cell switching and multiplexing technology, ATM combines the benefits of circuit switching (constant transmission delay, guaranteed capacity) with those of packet switching (flexibility, efficiency for intermittent traffic). To achieve these benefits, ATM uses the following features:

- Fixed-size cells, permitting more efficient switching in hardware than is possible with variable-length packets;
- Connection-oriented service, permitting routing of cells through the ATM network over virtual connections, sometimes called virtual circuits, using simple connection identifiers;
- Asynchronous multiplexing, permitting efficient use of bandwidth and interleaving of data of varying priority and size;

The combination of these features allows ATM to provide different categories of service for different data requirements and establish a service contract at the time a connection is set up. This means that a virtual connection of a given service category can be guaranteed a certain bandwidth, as well as other traffic parameters, for the life of the connection.

Traffic Contracts and Service Categories. ATM connections are further characterized by a traffic contract, which specifies a service category along with traffic and quality of service (QoS) parameters. Five service categories are currently defined, each with a purpose and its own interpretation of applicable parameters. The following sections describe the components of the traffic contract, the characteristics of the service categories, and the service-dependent AAL that supports each of the service categories.

The Traffic Contract. At the time a connection is set up, a traffic contract

is entered, guaranteeing that the requested service requirements will be met. These requirements are traffic parameters and QoS parameters:

Traffic parameters—generally pertain to bandwidth requirements and include the following:

- Peak cell rate (PCR);
- Sustainable cell rate (SCR);
- Burst tolerance, conveyed through the maximum burst size (MBS);
- Cell delay variation tolerance (CDVT);
- Minimum cell rate (MCR).

QoS parameters—generally pertain to cell delay and loss requirements and include the following:

- Maximum cell transfer delay (MCTD);
- Cell loss ratio (CLR);
- Peak-to-peak cell delay variation (ppCDV).

The Service Categories. One of the main benefits of ATM is to provide distinct classes of service for the varying bandwidth, loss, and latency requirements of different applications. Some applications require constant bandwidth, while others can adapt to the available bandwidth, perhaps with some loss of quality. Still others can make use of whatever bandwidth is available and use dramatically different amounts from one instant to the next. ATM provides five standard service categories that meet these requirements by defining individual performance characteristics, ranging from best effort (Unspecified Bit Rate [UBR]) to highly controlled, full-time bandwidth (Constant Bit Rate [CBR]). Table 1. lists each service category defined by the ATM Forum along with its applicable traffic parameters and QoS characteristics.

Table 1. Service Categories and Characteristics

Service Category	Traffic Parameters	QoS Characteristics	
		Cell Loss	Cell Delay
CBR—constant bit rate	PCR	low	low
VBR-RT—variable bit rate real-time	PCR, SCR, MBS	low	low
VBR-NRT—variable bit rate non-real time	PCR, SCR, MBS	low	unspecified
ABR—available bit rate	PCR, MCR	unspecified	unspecified
UBR—unspecified bit rate	(no guarantees)	unspecified	unspecified

The characteristics and uses of each service category are summarized as follows:

- CBR service provides constant bandwidth with a fixed timing relationship, which requires clocking synchronization. Because CBR traffic reserves a fixed amount of bandwidth, some trunk bandwidth might go unused. CBR is typically used for circuit emulation services to carry real-time voice and video.

- VBR-RT service provides only a partial bandwidth guarantee. Like CBR, however, some bandwidth might still go unused. Typical applications include packetized voice and video, and interactive multimedia.

- VBR-NRT service provides a partial bandwidth guarantee, but with a higher cell delay than VBR-RT. This service category is suitable for bursty applications, such as file transfers.

- ABR provides a best effort service, in which feedback flow control within the network is used to increase bandwidth when no congestion is present, maximizing the use of the network.

- UBR service provides no bandwidth guarantee, but attempts to fill bandwidth gaps with bursty data. UBR is well suited for LAN protocols, such as LAN emulation. An additional category, UBR+, is a Cisco extension to UBR that provides for a nonzero MCR in the traffic contract.

Conclusion. The great interest in ATM technology due to its unique benefits:

- High Speed,
- Integrated transport different kinds of information (data, voice, video, etc.),
- Optimal use of available bandwidth,
- Support of private and public networks,
- Technical basis for LANs and WANs,
- Simulation of packet switching and circuit switching,
- Support of services to different types of traffic,
- Support for multiple classes of service quality,
- Support of traffic with priorities,

Guaranteed QoS:

ATM networks can provide connections with guaranteed QoS. This may facilitate the operation, especially in higher level protocols multimedia network multimedia applications and streaming bit (CBR-Constant Bit Rate), which requires stringent controls on noise and delay network.

Integrated services:

Guaranteed quality service on site, along with functions based on the cell, allowing the development of an independent, multi-service network in which all types of traffic – data, audio and video – can be transmitted even reducing more cost and complexity of current networks multiple levels. Due to this ATM has a huge potential in the future development of the modern networks.

References

1. Guide to ATM Technology for the Catalyst 8540 MSR, Catalyst 8510 MSR, and LightStream 1010 ATM Switch Routers, 1999-2000, Cisco Systems, Inc.
2. Oliver Chukwudi Ibe, " Essentials of ATM Networks and Services," Addison-Wesley, January 1997, 224 pages.
3. Harry G. Perros, "An Introduction to ATM Networks", Wiley, January 2001, 304 pages.
4. Natalie Giroux, Sudhakar Ganti, "Quality of Service for ATM Networks," Prentice Hall, January 1999, 252 pages.

QUALITY SERVER IN THE ARCHITECTURE OF WI-FI OFFLOAD TECHNOLOGY

Larisa S. Globa, Daria Ananina, Vasyl Kurdecha

Institute of Telecommunication Systems, NTUU "KPI", Kyiv, Ukraine

E-mail: dananyina@mail.ru; vt14m@yandex.ua

Сервер качества в архитектуре технологии WI-FI OFFLOAD

В докладе рассматривается один из вариантов усовершенствования архитектуры Wi-Fi offload, которая позволит упростить реализацию передачи обслуживания между сетями.

Introduction. Wi-Fi offload technology enables unloading cellular networks by means of Wi-Fi networks. In this case there is the problem of the service transfer from one network to another. Therefore it is necessary to improve the network architecture for error-free handover implementation.

Main Part. It is proposed to use the server that will collect and process information about the handover realization. Specialized software has to make changes in the handover procedure based on these data.

Fig. 1 shows the improved scheme of handover using QS. Let us describe the parameters with which QS will be operated. There are three key handover performance indicators:

1. The frequency of unsuccessful handover (handover failure ratio, HQ1) is defined as the ratio of unsuccessful handover (NHO) to the number of attempts. Number of retries is the sum of the number of successful handover (SHO) and failed attempts and the number of failed HO (NHO):

$$HQ1 = \frac{NHO}{NHO + SHO}$$

2. The frequency of check handover (HQ2) is equal to the number of return (PP), divided into the total number of handovers:

$$HQ2 = \frac{PP}{PP + SHO}$$

If the connection that was transferred to another network and returned back in time, less critical Tcrit, then this handover is seen as the opposite (ping-pong).

3. The frequency of break lines (HQ3) is equal to the number of line breaks LF to the total spent connections SHO:

$$HQ3 = \frac{LF}{LF + SHO}$$

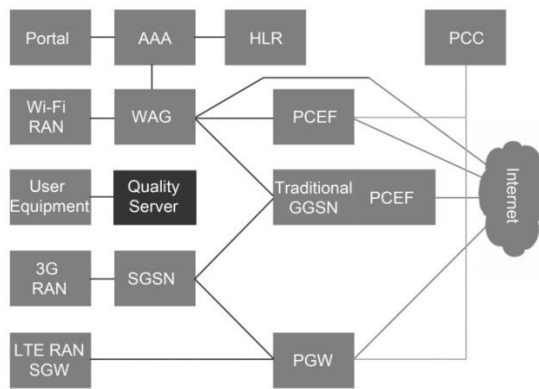


Fig. 1 Wi-Fi offload architecture scheme

The objective function consists of three indicators and takes into account their importance:

$$HQ = w_1 * HQ1 + w_2 * HQ2 + w_3 * HQ3$$

where w_1, w_2, w_3 - weighting coefficients. Their value is derived from the negative impact of errors on handover performance.

Assume that the server sends information to the user equipment after every n feasible handovers. SM on user equipment operates in a way that reduces the number of failed, ping-pong handover and cliffs on the radio on z_1 , z_2 , and z_3 presents respectively. Since the change in value does not depend directly on the passage of time, but on the number of handover, we take a uniform frequency handover execution time for greater clarity.

Let us create the error function of handover with using quality server:

1. The frequency of unsuccessful handover is defined as the difference between the number of unsuccessful handover without quality server and this amount multiplied by the correction coefficient per unit time divided on the total number of attempts to perform handover.

2. The frequency of check handover is determined as the number of check handover without quality server and this amount multiplied by the correction coefficient per unit time divided on the total number of attempts to perform handover.

3. Frequency of line breaks is defined as the difference between the number of line breaks without quality server and this amount multiplied by the correction coefficient per unit time divided on the total number of attempts to perform handover.

The value of the correction coefficients, depends primarily on the quality of the Software Module - software that is directly responsible for changes in the decision making process of handover. Since SM algorithm in this paper is not considered, value adjustment coefficients is taken within 5 - 10%. The choice of weighting coefficients provided retain mobile operators and determine experimentally for each network.

Schematically, the server process is illustrated in Figure 2.

where $i1, i2, i3$ - signals of the unsuccessful handover, ping-pong handover and break of radio line and $f(i1), f(i2)$ and $f(i3)$ - functions statistically processed by the server.

Let us look in more details at the QS structure. To get Wi-Fi performance under control, we advocate the deployment of an enhanced Wi-Fi management architecture (Fig. 3). The key components are the management block, Wi-Fi

network, destination UEs, data source, and cellular network. The red and black lines denote the control signal paths and user data paths. The Wi-Fi network and Wi-Fi traffic should be managed to maximize Wi-Fi system capacity and avoid Wi-Fi access failures. Wi-Fi network and traffic management are conducted by three functions in the management block. The monitoring database collects feedback from the APs and UEs via control signal paths. The Wi-Fi performance estimator uses the information in the monitoring database. The radio resource manager maintains the Wi-Fi network and controls the traffic using the control signal paths. The entities of the Wi-Fi network are APs, UE-MRs (mobile routers, MRs, or UEs using a tethering function). It is expected that some of the APs are controlled by the management block and have the function of monitoring the Wi-Fi radio environment. The management block monitors the Wi-Fi radio environment, estimates Wi-Fi performance, and conducts radio resource management. Then the effectiveness of the radio resource management is evaluated by monitoring. Cycling through these three management blocks keeps improving the user experience even in the face of drastic radio environment change.

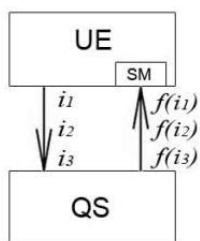


Fig.2
Interconnection
between UE and QS

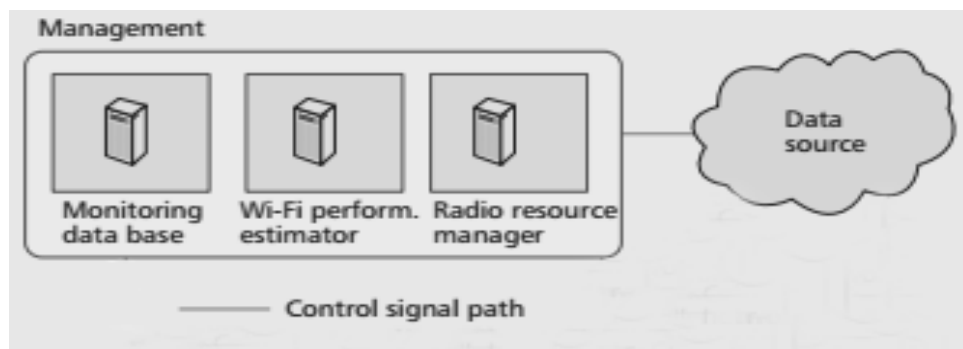


Fig.3 Scheme of the Quality Server structure.

Conclusions. In the paper the usage of additional quality server is suggested for improving the handover procedure based on statistical data. This helps to organize handover process with less number of errors. Schematically the structure of the Quality Server is shown. The future research will provide implementation of the suggested procedure for Wi-Fi offload.

References

1. Cisco Systems Inc. "Architecture for Mobile Data Offload over Wi-Fi Access Networks", 2010.
2. Roman Dundyak. Redistribution of mobile network traffic by integration of Wi-Fi offload and Femtocell technologies / Roman Dundyak // CADSM 2014
3. A. D. Hrishaeva. The choice of parameters and the development of criteria for optimization of vertical handover procedure / A. D. Hrishaeva - "Donetsk National Technical University", Donetsk, Ukraine.

MAXIMAL PRODUCTIVITY OF WIRELESS SYSTEM WITH MULTIPosition KEYING AND LDPC CODING

Osypchuk S.

(ORCID: 0000-0002-6174-2986)

Institute of Telecommunication Systems, NTUU "KPI", Kyiv, Ukraine

E-mail: serg.osypchuk@gmail.com

Максимальная производительность беспроводной системы передачи с многопозиционной манипуляцией и LDPC-кодированием

Алгоритм выбора оптимального сочетания многопозиционной модуляции и LDPC кода предлагается в данной статье. Критерием для выбора оптимального сочетания многопозиционной модуляции и LDPC кода является максимальная производительность в зоне покрытия базовой станции мобильной связи.

Every telecommunication system (TS) utilizes physical resources of communication channel for information transmission from sender to receiver independently from propagation medium type: wired, wireless or optical. Particularly, the most widespread TSs today are systems that use wireless communication channel (WTS, – wireless telecommunication system). For WTSs quite important is the question of using the limited communication channel physical resources in allowed bounds, videlicet frequency and power resources. It is possible to use these channel resources in different ways if taking into account the communication methods and technologies; that is expressed in the final analysis in resources efficiency usage on frequency and power efficiency criteria [1, 2]. In result, achievement of maximal efficiency leads to maximal information efficiency when using frequency and power resources [1, 2], that could be considered as a key efficiency criterion for WTS along with such important parameters as bit error rate (BER) and data rate transmission.

Different methods are used for WTS efficiency improvement and redistribution of frequency and power channel resources [1]: multiposition keying (MPK), antinoise coding [2], orthogonal multiplexing, group signal amplification etc. In modern WTS, varied MPK types are used like PSK, QPSK, QAM etc.; the goal of this is a maximal efficiency [1] of frequency resource usage and data rate increasing. At the same time, increasing the MPK index results in noise immunity decreasing on the receiver side [3]. This circumstance is a key factor when the decision is made for switching from one MPK type to other MPK type, as far as one of the most important requirements to WTS is ensuring a necessary BER level alongside with a significance of data rate transmission.

Combining the MPK types and antinoise coding types for channel resources redistribution with goal to guarantee a required BER and achieve maximal transmission data rate leads to important and urgent task of WTS productivity maximization with consideration of space model. Results of this research are presented in current paper for MPK types QPSK, QAM-16 and QAM-64, and for antinoise coding type: low density parity check codes (LDPC) [4]. LDPC is one of the most efficient antinoise coding at present.

Let us consider the scenario of WTS functioning and its parameters. Let base station (BS) beam a signal with power P_{TR} ; used frequency band is Δf ; communication channel model is with additive white Gaussian noise (AWGN) and the AWGN power spectrum density is N_0 . Required value of BER is p_b . The point of space exists for selected MPK type in the distance from the BS L_i ($i = 1, 2, 3$), km, where $i=1$ for QAM-64, $i=2$ for QAM-16, $i=3$ for QPSK, where required BER p_b is satisfied [2]. Taking into consideration the distance from BS, BER is better (lower) than required value, but in the longer distance L_i BER is worse (higher) than required one (fig. 1).

It is displayed on the fig.2,a that together with growing distance between base station and subscriber terminal, and decreasing the antinoise code rate accordingly, the extremum of productivity exists. This is a point of space where further code rate decreasing and larger area coverage brings to decreasing the total productivity Y . So, outside of this point using current MPK type and further code rate decreasing is not efficient and it is needed to switch to other MPK with lower MPK index $k=\log_2 M$.

The coverage area productivity is shown on the fig. 2 for optimal combination of MPK type (QPSK, QAM-16, QAM-64) and antinoise code (LDPC, $n=1000$ bits, $r_k>0,25$) to satisfy the criterion of maximal productivity Y for covered area (Table 1).

In accordance with mentioned parameters, the points of decision making about switching the MPK type and coding rate are the points of distance between base station and subscriber terminal with the following SNR (Table 1).

Table 1: Points of decision making to switch MPK type and antinoise code rate

<i>Point</i>	<i>SNR, dB</i>	<i>L, km</i>	<i>MPK</i>	<i>r_k</i>
A	16.2	2,5	QAM-64	0,55
B	10.7	5,0	QAM-16	0,42
C	4.3	9,1	QPSK	0,50

Conclusion. The algorithm for selecting the optimal combination of multiposition keying type and antinoise code is proposed in this paper for the purpose of reaching maximal productivity in the coverage area.

It is shown that utilization of antinoise codes gives a possibility to extend the coverage area with satisfaction of the required BER along with code rate and information data rate decreasing. A compromise between multiposition keying type and antinoise code rate is characterized by productivity extremum, after which further decreasing of code rate is unreasonable. Such trend is observed for all the investigated multiposition keying types (QPSK, QAM-16, and QAM-64). As a result of this, it is possible to talk about some optimal (maximal) productivity and switching between different multiposition keying types and antinoise codes in taken combinations set in the found points of decision making to switch over.

The proposed technique and algorithm are universal for any wireless telecommunication system parameters values. The results given in the research could be used for transmission systems development with adaptive selection of MPK types and antinoise codes with goal to reach maximal cumulative productivity for telecommunication system in the base station coverage area.

References

1. L. O. Uryvsky, A. V. Moshynska, K. A. Prokopenko, "Modified technique for estimation the information system transmission efficiency," Scientific transactions of NTUU "KPI", pp. 24–29, 2010.
2. A. G. Ziuko, Noise immunity and efficiency of communication systems. Moscow: Radio and Sviaz', 1972. – 360 p.
3. L. O. Uryvsky, K. A. 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. R. Gallager, Low-Density Parity-Check Codes. Cambridge: MIT Press, 1963. – 90 p.
5. L. O. Uryvsky, K. A. Prokopenko, O.V. Brechko, "Estimation of WiMAX system productivity in city area," Scientific transactions of UNDIIZ, vol. 1 (13), pp. 41–47, 2010.

THREE-SECTION DUAL-BAND FILTER ON RECTANGULAR DIELECTRIC RESONATORS

Pidhurska T. V., Trubin A. A.

Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"

E-mail: lileya15@gmail.com

Трех-звенный двухполосный фильтр на прямоугольных диэлектрических резонаторах

В работе показана возможность построения трех-звенного двух-полосного фильтра на прямоугольных диэлектрических резонаторах, возбуждаемых на магнитных типах колебаний: $TE_{01\delta}$, $TE_{02\delta}$. Предлагаемая структура проста в изготовлении и не использует дополнительных элементов настройки. Исследованы частотные зависимости матрицы рассеяния фильтра в обоих полосах пропускания.

Introduction.

In the past decade, the dual-band filters have been studied and designed widely for satellite applications rather than combining two individual filters into one common circuit resulting in more volume, mass, and, eventually, higher insertion losses since more elements are involved in the RF front-end [1]. Dual-band filters based on dielectric resonators (DR) are usually narrow-band with low in-band losses and good isolation between two bands [2].

In [3], a dual-band filter design based on two rectangular dielectric resonators has been studied. Apparently, the simultaneous tuning of two pass-bands has been achieved on the condition of equal alteration of coupling coefficients, provided by corresponding choice of the device design, DRs' size as well as operating modes, namely magnetic $TE_{01\delta}$, $TE_{02\delta}$. In this paper, the possibility of dual-band filter synthesis consisting of three DR has been under research. The applied methods include the analytical one as well as Finite Element Method (FEM).

Main part.

The construction of dual-band band-pass filter consists of metal cavity with three rectangular DR of $4.26 \times 4.26 \times 9.33$ mm size manufactured from material with $\varepsilon_r = 80$, $tg \delta = 5 \cdot 10^{-4}$ as well as two oppositely directed metal pins, bound with coaxial lines (fig.1). The filter tuning, depicted in fig.1, has been conducted by providing numerical solution of boundary problem, namely by applying FEM realized in HFSS software. The amplitude-frequency response of the filter in each pass-band has been illustrated in fig.1,2.

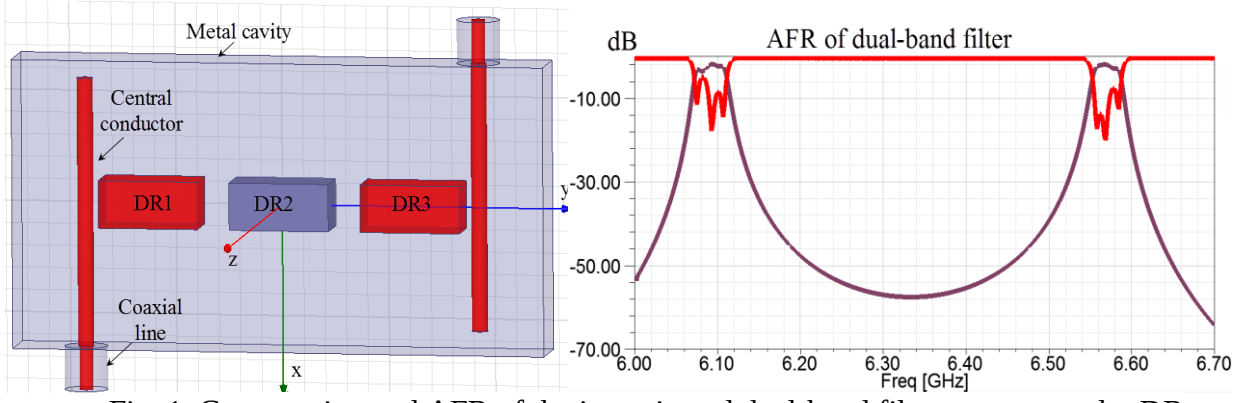


Fig. 1. Construction and AFR of the investigated dual-band filter on rectangular DR

Eventually, by addressing the scattering problem of electro-magnetic waves from a system of three coupled DR [4] the following analytical relations have been derived for transmission coefficient as well as reflection coefficient for the three-resonator dual-band band-pass filter:

$$\begin{aligned}
 T(f) = & \sum_{j=1}^2 \frac{-2 * Q_D}{4k_{12-j} * \lambda_{1-j} - 4k_{12-j} * \lambda_{3-j}} \left(\frac{2\tilde{k}_{11-j} * k_{12-j} * \lambda_{1-j}}{Q_{1-j}(f)} + \right. \\
 & \left. + \frac{2\tilde{k}_{11-j} * k_{12-j} * \lambda_{3-j} - 2\tilde{k}_{11-j} * k_{12-j} * \lambda_{1-j}}{Q_{2-j}(f)} - \frac{2\tilde{k}_{11-j} * k_{12-j} * \lambda_{3-j}}{Q_{3-j}(f)} \right), \\
 R(f) = & 1 - \sum_{j=1}^2 \frac{-2 * Q_D}{4k_{12-j} * \lambda_{1-j} - 4k_{12-j} * \lambda_{3-j}} \left(\frac{2k_{11-j} * k_{12-j} * \lambda_{1-j}}{Q_{1-j}(f)} + \right. \\
 & \left. + \frac{2k_{11-j} * k_{12-j} * \lambda_{1-j} - 2k_{11-j} * k_{12-j} * \lambda_{3-j}}{Q_{2-j}(f)} - \frac{2k_{11-j} * k_{12-j} * \lambda_{3-j}}{Q_{3-j}(f)} \right),
 \end{aligned} \tag{1}$$

where Q_D - Q-factor of dielectric ,

$\tilde{k}_{11-j}$ - coupling coefficient between the transmission line and DR in j-th operating mode,

k_{12-j}, k_{13-j} - are the cross-coupling coefficients between the first and second DR as well as first and third DR correspondingly in j-th operating mode.

f_{0-j} - the resonance frequency of j-th operating mode;

$\lambda_{1,3-j} = 0.5 * (i * \tilde{k}_{11-j} + k_{13-j}) \pm 0.5 * \sqrt{d}$, $\lambda_{2-j} = i * \tilde{k}_{11-j} - k_{13-j}$, - j-th eigenvalue of the coupling operator, $d = (i * \tilde{k}_{11-j} + k_{13-j})^2 + 8k_{12-j}^2$,

i - imaginary unit;

$$Q_{1,2,3-j}(f) = \frac{f}{f_{0-j}} + 2iQ_D \left(\frac{f}{f_{0-j}} - 1 - \frac{\lambda_{1,2,3-j}}{2} \right).$$

The coupling coefficients have been calculated for each band, namely:

$$\begin{aligned}
 \tilde{k}_{11-1} &= 2.67 * 10^{-3}, \tilde{k}_{11-2} = 2.75 * 10^{-3}, k_{12-1} = 4.41 * 10^{-3}, k_{12-2} = 3.25 * 10^{-3}, k_{13-1} = 0.037 * 10^{-3}, \\
 k_{13-2} &= 5 * 10^{-7}.
 \end{aligned}$$

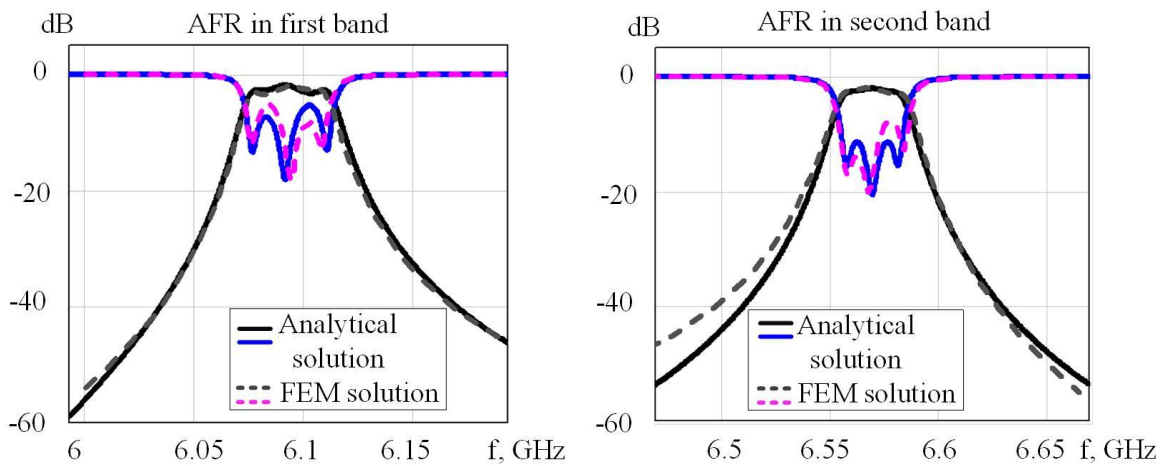


Fig.2 AFR in each band calculated according to analytical and FEM approaches

According to fig.2, the computed numerical and analytical dependencies have modest disarrangement in each band of the filter.

From fig. 2 the -3dB level fractional bandwidth of the first passband (TE_{016} mode) is 0.68% at the center frequency of 6.09 GHz with the insertion loss of 1.8 dB in the first band, while the -3dB level fractional band-width of the second passband (TE_{026} mode) is 0.5% at the center frequency of 6.57 GHz with the insertion loss of 2dB in the band. Out-of-band rejection between passbands is about 60 dB. The spurious product is located at 7.41GHz.

Conclusions. The novel dual-band filter based on three elongated rectangular DRs has been developed, operating in two modes, namely TE_{016} and TE_{026} . The derived analytic model of dual-band filter is well-consistent with FEM simulation results. The proposed dual-band filter has the advantage of absence of additional coupling elements and can be used in front-ends of multiband applications in wireless networks after retuning to the suitable frequency range.

References

1. J. Lee, M. S. Uhm, I.Yom. A Dual-Passband Filter of Canonical Structure for Satellite Applications IEEE Microwave And Wireless Components Letters, 2004, vol. 14, No. 6, pp. 271-273.
2. R. J. Cameron, R. Mansour, and C. Kudsia, Microwave Filters for Communication Systems Fundamentals, Design and Applications. New York: Wiley, 2007.
3. T. V. Pidgurska and O. Trubin, "Novel dual-band rectangular dielectric resonator filter," in Proc. IEEE 2014 X International Symposium on Telecommunications (BIHTEL), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2014, pp. 1–5.
4. A. Trubin, "Scattering of infrared optical pulses on the band-stop filters on ring dielectric micro-resonators," Electronics and Communications, vol. 1, no. 6, pp. 26– 32, 2013.

FTTX AS A SOLUTION FOR SUBSCRIBER'S ACCESS NETWORKS**Voronin Roman***Institute of Telecommunication Systems (ITS)**National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"**E-mail: roma.voronin88@gmail.com***FTTX як рішення для абонентських мереж доступу**

В даній роботі наведено короткий аналіз технології FTTx. Дана волоконно-оптична технологія використовується в мережах абонентського доступу і дозволяє при низьких експлуатаційних витратах здійснювати прийом та передачу інформації абонентами на швидкостях до 40 Гбіт/с.

This article shows a brief analysis of FTTx technology. This fiber optic technology is used in subscriber's access networks and allows performing reception and transmission of information for subscribers with speeds up to 40 Gbit/s with low operating costs.

As the demand for data rates and channel capacity is growing steadily, service providers using cable lines recognize that traditional copper cables can no longer meet the expectations of users. Optical fiber transmission, already presents on many long haul routes, is to be used. However, given typical costs of some \$2,000 per subscriber to deliver fiber to the home, the high cost and long payback period make this commercially unviable [1].

Would not it be great if we could find a way to provide the benefits of fiber to the majority of customers without incurring such high costs?

FTTx is a family of solutions that solves this dilemma and balances the high cost of fiber deployment with the market price of the service delivered. FTTx is a general term describing where some part of the local copper access wiring is replaced by fiber. This includes FTTC (Fiber to the Cabinet), FTTB (Fiber to the Building) and FTTH (Fiber to the Home). Typically, a short run of wire remains for each customer – a few tens or hundreds of meters – consolidated in a street side or basement cabinet where the fiber terminates. The shortened length of wire, far less than the kilometers common in many DSL deployments, means that rates of 40Mbit/s to 10Gbit/s (FTTH) are easily achievable with low contention from other users [2].

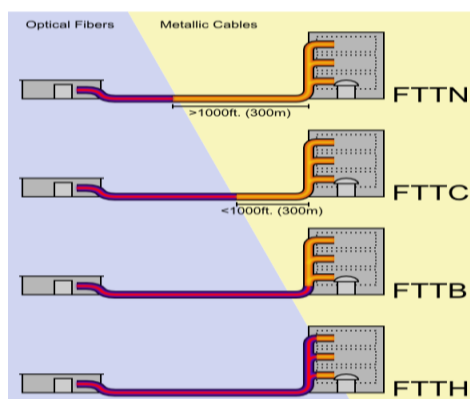


Figure 1. Overview of FTTx solutions

Some countries are making substantial investments in a common nationwide FTTx infrastructure. In many other countries, you can find individual service providers rolling out their own upgrades. It is clear that this architecture is both popular and commercially viable, with growing worldwide adoption [3].

Architecture. There is one obstacle that prevents the fiber-optic services being directly implemented in the residential sector and to small businesses - a high cost of connecting each subscriber to the central node. Such a huge number of connections such as "point to point" would require a large number of active components, fiber optic cables and thus would have prohibitive cost of construction and operation.

FTTx architecture offers an attractive solution to these problems. With FTTx passive optical network (PON) allows multiple subscribers to share a single connection without using active components (i.e., components that create or convert radiation using opto-electro-optical conversions) [3].

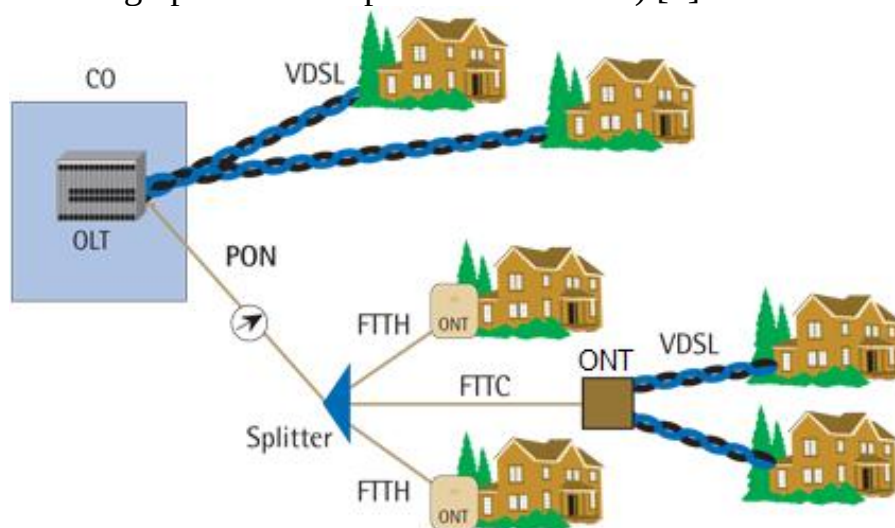


Figure 2. FTTx architecture in common with DSL (VDSL)

Main fiber optic line is placed between the optical line terminal, located at the central node and fiber hub switchgear located near a group of people (see Fig.2). At this point, passive splitter is used to connect up to 32 subscribers to one main fiber. Then each subscriber is provided with optical network terminals (ONT), which are connected to the branches of the splitter. This architecture ("point - a lot of points") significantly reduces the cost of construction, management and operation [4].

Services. FTTx technology allows subscribers to use such modern facilities and high-speed services: Internet, corporate users data, private line, Frame Relay, connection to the ATM, interactive games, security systems and monitoring, telephone (one or more lines), analog and digital TV, high definition television image (HDTV) and others [4].

Planning the build-out of FTTx. The transition to FTTx offers the wire line service provider an ideal opportunity to introduce modern and efficient OSS planning and design tools. Each duct, new fiber and termination point can be planned, designed and validated during the build process.

The scale of the task should not be underestimated. Some very large investments are required to upgrade access to millions of customers, enabling a wide range of new services. Planning tools which combine knowledge of the physical ducting, cabling and equipment with the customer premises served are essential to ensure efficient and effective deployment. Although such systems can be retro-fitted, there are obvious benefits by using such tools from the outset [5].

FTTx benefits. Promotion of new modern services is the only way to be a leader in a very competitive telecommunication market.

One of the most common reasons for the reluctance of investors to invest in the development of FTTx is a "lack of demand". But it is natural that consumers are unable to demonstrate demand for the services they do not know. However, the research has shown that FTTx subscribers use 3-5 times more bandwidth (upload and aggregate distribution) than users ADSL.

An additional benefit to providers is that FTTx networks have lower operating costs (OPEX) than existing copper or coaxial cable networks.

- FTTH Networks consume less power, by some estimates, 20 times than VDSL;
- Full automation and control software simplifies maintenance of the network, so you need less staff;
- Reduced maintenance costs, as there is no active equipment, and optical network elements are extremely robust;
- Optical fibers are not susceptible to electromagnetic interference, which is causing disruptions in the copper networks;
- Lifetime of fiber optic cable is up to 30 years;
- The fiber has almost unlimited bandwidth [6].

Traditional operators are generally sluggish, aware of the inevitable transition to optical networks and FTTH deployment plan in the coming years. Operators and providers of cable television will have to switch completely to optics. FTTH Networks generate significant social, environmental and economic improvement. Many countries have moved to this technology over the last decade. For the government, local authorities and government organizations, these benefits can be a serious argument for the development of optical networks [7].

References

1. Fiber To The Home Council Europe - www.ftthcouncil.eu
2. Barskov A. FTTx: where are you, Mr. «X»? – YKS, №2-3 2009. – 99p.
3. Roblec E. “FTTC, FTTH, FTTB Access” Handbook – 2011. – 38 p.
4. Bull E.K.. “Reference Guide of FTTH networks” 5th edition – Connolly Communication AB, 2012. – 119 c.
5. Sokolov N.A. “Seven aspects of network access develop”. – magazine «Technologies and means of communication », №3, 2005.
6. “Optical fibres, cables and systems. ITU–T” Handbook. Geneva, 2009. -299 p.
7. World FTTx markets. – IDATE, 2010.



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

**ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
НДІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

**Сьома Міжнародна науково-технічна конференція
студентів та аспірантів «ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ»**

**Присвячено дню науки та 150-річниці створення
Міжнародного Союзу Електрозв'язку**

21–24 квітня 2015 року

Тези конференції

м. Київ

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ ПРІТС-2015

(в скобках вказані номери напрямків, що формуються членами наглядового комітету)

Співголови конференції:

- ІЛЬЧЕНКО М.Ю. – проректор з наукової роботи Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", академік НАНУ, д.т.н., професор;
- ЯКОРНОВ Є.А. – заступник директора інституту телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», к.т.н., професор;
- ТИМЧЕНКО С.А. – голова студентської ради інституту телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ».

Члени наглядового комітету:

- УРИВСЬКИЙ Л.О. - д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, (1, 9), e-mail: leonid_uic@ukr.net;
- МАКСИМОВ В.В. - к.т.н., доц. НТУУ «КПІ», Київ, (1), e-mail: maksimov46@ukr.net;
- МОШИНСЬКА А.В. - к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», Київ, (1), e-mail: moshinskaya@mail.ru;
- ПРОКОПЕНКО Є.А. - к.т.н., ст. викладач, НТУУ «КПІ», Київ, (1), prokopenko@its.kpi.ua;
- ТРУБІН О.О. - д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, (2), e-mail: atrubin@ukrpost.ne;
- ШЕЛКОВНИКОВ Б.М. - к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», Київ, (2), e-mail: bshelk@gmail.com;
- ТРУБАРОВ І.В. - к.т.н., ст. викладач, НТУУ «КПІ», Київ, (2), trubarov_igor@mail.ru;
- РОМАНОВ О.І. - д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, (3), e-mail: a_i_romanov@mail.ru;
- КАТОК В.Б. - к.т.н., проф., ПАТ «Укртелеком», (3), Київ, vkatok@ukrtelecom.net;
- НАРИТНИК Т.М. - к.т.н., проф., НТУУ «КПІ», (4), Київ, e-mail: director@mitris.com;
- КРАВЧУК С.О. - д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, (4), e-mail: sakravchuk@ukr.net
- МИНОЧКИН Д.А. - к.т.н., ст. викладач, НТУУ «КПІ», Київ, (4), dminochkin@mail.ru
- ГЛОБА Л.С. - д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, (5), e-mail: lgloba@hotmail.com;
- ТЕРНОВОЙ М.Ю. - к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», Київ, (5), e-mail: maximter@mail.ru;
- СКУЛИШ М.А. - к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», Київ, (5), e-mail: mskulysh@gmail.com;
- ПРАВИЛО В.В. - к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», Київ, (5), e-mail: valeriy_pravilo@ukr.net;
- ЛИСЕНКО О.І. - д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, (6), a_i_lysenco@voliacable.com;
- МАЗУРЕНКО О.В. - к.т.н., ст. викладач, НТУУ «КПІ», Київ, (7), e-mail: maverix@bk.ru;
- КОЛОМИЦЕВ М.О. - к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», Київ, (8), e-mail: max_abab@ukr.net;
- ЯВІСЯ В.С. - к.т.н., доц., НТУУ «КПІ», Київ, (8), e-mail: yavisya@bigmirinet;
- ЛПАТОВ А.О. - к.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, (8), e-mail: anlip27@ukr.net;
- БУНІН С.Г. - д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, (9), e-mail: sgbinin@ukr.net.

Члени програмного комітету:

1. Бунін С.Г., д.т.н., проф., ІТС	8. Валуйський С.В., к.т.н., ст. викладач, ІТС
2. Уривський Л.О., д.т.н., проф., ІТС	9. Мазуренко О.В., к.т.н., ст. викладач, ІТС
3. Мошинська А.В., к.т.н., доц., ІТС	10. Ліпатов А.О., к.т.н., проф., ІТС
4. Трубаров І.В., к.т.н., ст. викладач, ІТС	11. Синепольський Ю.В., аспірант ІТС
5. Романов О.І., д.т.н., проф., ІТС	12. Кулік О.В., студ. ІТС
6. Миночкин Д.А., к.т.н., ст. викладач, ІТС	13. Верес Л.А., студ. ІТС
7. Скулиш М.А., к.т.н., доц., ІТС	14. Жогов Р.Ю., студ. ІТС.

Засідання 1.

ОБРОБКА ВИКЛИКІВ ТА ДЕТАЛЬНІ ЗВІТИ В ПРОГРАМНОМУ КОМУТАТОРІ FREESWITCH

Мажаренко Е.В.

Научный руководитель: **Максимов В.В.**

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: kyiv12@bigmir.net

Досліджено особливості механізму обробки даних програмним комутатором FreeSwitch. Проаналізовано найбільш поширений метод генерації детальних записів про виклик (Call Detail Records - CDR) – CSV, оснований на створенні відкритого тексту.

PROCESSING CALL AND DETAIL RECORDS IN THE SOFT SWITCH FREESWITCH

Mazharenko E.V.

Scientific adviser: **Maksimov V.V.**

Institute of Telecommunication Systems NTU "KPI", Ukraine

E-mail: kyiv12@bigmir.net

Investigated the features of the mechanism of data processing software switch FreeSwitch. Analyzed the most common method of generating detailed records of call (Call Detail Records - CDR) - CSV, based on the creation of the plaintext.

СИСТЕМА ЗАХИСТУ СЕРВЕРУ IP-АТС ASTERISK

Побута О.В.

Науковий керівник: **Максимов В.В.**

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина

E-mail: oleg.pobuta@gmail.com

Побудовано мережу зв'язку на основі IP-АТС Asterisk. Сервер налаштовано на роботу як зі звичайними телефонними дзвінками/телеконференціями, так і відеоз'язок/відео конференції. Продумано і реалізовано захисти серверу від несанкціонованого проникнення.

PROTECTION SYSTEMS OF IP-PBX ASTERISK SERVER

Pobuta O.V.

Scientific advisor: **Maksimov V.V.**

Institute of Telecommunication Systems NTU "KPI", Ukraine

E-mail: oleg.pobuta@gmail.com

Constructed communication network based on IP-PBX Asterisk. The server is configured to work with ordinary phone calls / teleconferences and video calls / video conferences. Designed and implemented server protection from unauthorized access.

ПОРІВНЯННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ЗГОРТКОВИХ КОДІВ З М'ЯКИМ ТА ЖОРСТКИМ РІШЕННЯМ

Георгін Д.А.

Науковий керівник: к.т.н. Прокопенко К.А.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна
E-mail: d-georgin@yandex.ua

У статті розглянуто доцільність використання різних типів декодування згорткових кодів. Показані аналітичні вирази для обчислення ймовірності помилки на біт. Наведено графіки залежності ймовірності помилки на біт від енергетичного параметру каналу. Порівняно завадостійкість для алгоритмів з м'яким та жорстким рішенням. Алгоритм декодування Вітербі з м'яким рішенням дає кращі результати.

COMPARISON OF NOISE IMMUNITY OF CONVOLUTIONAL CODES WITH SOFT AND HARD DECISION

Heorhin D.A.

Scientific adviser: Ph.D. Prokopenko K.A.
Institute of Telecommunication Systems NTU "KPI", Ukraine
E-mail: d-georgin@yandex.ua

This article is about rationality of using different types of decoding of convolutional codes. The analytical expressions for calculation of bit error rate are shown. The graphics of bit error rate dependence of channel energetic parameter are shown. Noise immunity of algorithms with soft and hard decisions is compared. Viterby decoding algorithm with soft decision makes better results.

ГРАФ КОГНИТИВНОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ СЕТИ

Клименко В.А.

Научный руководитель: Курдеча В.В.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
E-mail: klymenko_vlad@mail.ru

Когнитивные гетерогенные сети играют важную роль в эволюции распространения информации. Беспроводные гетерогенные сети будут интегрировать различные технологии, такие как IEEE 802.15 WPAN, IEEE 802.11 WLAN, IEEE 802.16 WMAN, UMTS и т.д. Когнитивная гетерогенная сеть может быть представлена в виде N-уровневого графа, где N - число различных технологий, со связями как внутри уровня, так и между уровнями, которые представляют соединения между терминалами. Этот граф можно описать с помощью матрицы смежности, которая состоит из связей между различными вершинами. С таким математическим представлением когнитивной гетерогенной сети, появляется возможность улучшить качество обслуживания, создать новую сеть или увеличить надежность новых сетей.

GRAPH OF THE COGNITIVE HETEROGENEOUS NETWORK

Klymenko Vladislav

Scientific adviser: Kurdecha V.V.

Institute of Telecommunication Systems NTU "KPI", Ukraine

E-mail: klymenko_vlad@mail.ru

Cognitive heterogeneous networks play important role in the evolution of information dissemination. The heterogeneous wireless networks will integrate different access networks, such as IEEE 802.15 WPAN, IEEE 802.11 WLAN, IEEE 802.16 WMAN, UMTS etc. Cognitive heterogeneous network can be represented like N-layer graph, where N - number of different technologies, with interlayer and intralayer edges that representing connections between terminals. This graph described using adjacency matrix which consist of relations between different vertices. With such mathematical representation of cognitive heterogeneous networks it is possible to improve the quality of service, to create a new network or to increase the reliability of new networks.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ХЕНДОВЕР В ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА 802.21

Кукуяшный Я.А.

Научный руководитель – Курдеча В.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: ust8@ya.ru

Основным преимуществом мобильных устройств с поддержкой нескольких технологий является способность переключаться между беспроводными сетями, что активно исследуется в 4G связи. Одним из подходов оптимизации процесса хендвера является стандарт 802.21 Media Independent Handover который обеспечивает управление информацией о сетевом окружении на нескольких уровнях доступа. Целью работы является разработка эффективного алгоритма для обеспечения вертикального хендвера на основе стандарта 802.21 с учетом обеспечения и управления информацией о сетевом окружении на нескольких уровнях доступа. В результате моделирования показано, что с учетом скорости мобильных устройств вероятность неудавшегося хендвера и подключения к некорректной сети сводится к минимуму.

A VERTICAL HANDOVER FOR HETEROGENEOUS NETWORKS BASED ON 802.21 STANDARDS

Kukuyashni Yaroslav

Scientific adviser: Kurdecha V.V.

Institute of Telecommunication Systems NTU "KPI", Ukraine

E-mail: ust8@ya.ru

Appealing excellence of multimode ability of mobile terminal to easily switch its connection between different wireless access networks. This question is topical in 4G. One of methods optimization handover process is through a novel IEEE 802.21 Media Independent Handover standard provides technology to obtain cross layer control information about networks. The purpose of this syllabus is to provide an effective VHD algorithm based on IEEE 802.21 standards for good service quality. After simulation was showed that the unwanted handover and chance of handover halting for this method are minimized by seeing the velocities of mobile terminals.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ПЕРЕДАЧИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Кушниренко И.А.

Научный руководитель: к.т.н. Минович Д. А.

Институт телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: kushnirenkoivan@gmail.com

Существует большое количество технологий стандарта 4G, использующих близкие диапазоны частот и тесно конкурирующих между собой. В таких условиях вопрос выбора цели при вертикальной передаче обслуживания становится особенно актуальным. В докладе представлен алгоритм выбора сети при осуществлении хендвера, предоставляющий возможность выбрать оптимальную сеть основываясь на индивидуальных предпочтениях пользователя и параметрах рассматриваемой сети. Алгоритм состоит из двух частей: назначения весовых коэффициентов параметрам сети-кандидата и вычисления «функции издержек». Исходными данными для назначения весовых коэффициентов служат уровень заряда батареи терминала и индивидуальные предпочтения пользователя. Учитываются такие параметры: достижимая пропускная способность, защищённость, денежная стоимость и расход энергии для работы в сети. Перед вычислениями проводится нормализация параметров с разными единицами измерения в различных сетях. По назначенным коэффициентам рассчитывается «функция издержек» для всех сетей-кандидатов. В результате выполнения алгоритма выбирается сеть с минимальным значением функции. Применение такого алгоритма позволит индивидуализировать подход к передаче обслуживания и, как следствие, повысить эффективность работы пользователя в мобильной сети.

ANALYSIS OF THE USING PERSONALIZED HANDOVER ALGORITHM

Kushnirenko I. A.

Scientific adviser: Ph.D. Minochkin D. A.

Institute of Telecommunication Systems NTU "KPI", Ukraine

E-mail: kushnirenkoivan@gmail.com

In 4G environment there are multiple candidate networks which use similar frequency ranges and closely compete with each other. Under such conditions a handover decision becomes especially important. The report presents an algorithm for selecting the network in the exercise of handover that provides an ability to select the optimal network based on its parameters and individual user preferences. This method is based on two parts: weights distribution and cost factor calculation. The weights distribution algorithm takes user preferences and the power level of the battery charging as inputs. The following parameters are also considered: available bandwidth, monetary cost, security and power consumption for a network usage. Before calculations a normalization of parameters with different units in various networks is performed. The cost factor determines appointed coefficients for all candidate networks. As a result of executing the algorithm the network with the lowest cost factor is selected as the handover target. The use of this method allows to individualize the approach for handover target and, consequently, improve the work efficiency of the user in a mobile network.

АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КОДОВ РИДА-СОЛОМОНА В ТЕХНОЛОГИИ WIMAX

Макарук Б.М.

Научный руководитель: к.т.н. Прокопенко Е.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

E-mail: makarbm@rambler.ru

Для поддержки требуемой достоверности приёма сообщений в стандарте IEEE 802.16 были выбраны несколько вариантов каскадного кодирования. Рассмотрена схема взаимодействия декодирующих устройств в платформе каскадного кодирования. Анализ показал, что наибольшей помехоустойчивостью обладает код Рида-Соломона с параметрами (64,48,8), так как именно он, из всех рассмотренных, позволяет обеспечить заданную вероятность ошибочного декодирования не двоичного символа декодером Рида-Соломона при наибольших значениях вероятности ошибочного приёма не двоичного символа с выхода свёрточного декодера. Длина пакета двоичных ошибок, исправляемых кодом (64, 48, 8) составляет $t_{II} = T_U \times \log_2 256 = 64$ символа.

ANALYSIS OF IMMUNITY REED-SOLOMON CODES IN WIMAX TECHNOLOGY

Makaruk B.M.

Scientific adviser: Ph.D. Prokopenko E. A.

Institute of Telecommunication Systems NTU "KPI", Ukraine

E-mail: makarbm@rambler.ru

In order to support the required reliability of message reception in the IEEE 802.16 standard have been chosen several options concatenated coding. The scheme of interaction decoders platform concatenated coding was considered. The analysis showed that the highest noise immunity has a Reed-Solomon code with parameters (64,48,8), since it was he, of all the above, allows you to achieve a desired probability of erroneous decoding non-binary symbol Reed-Solomon decoder with the highest values of the probability of erroneous reception of non-binary symbols from the output of a convolutional decoder. Packet length binary error correctable code (64, 48, 8) is $t_{II} = T_U \times \log_2 256 = 64$ characters.

АЛГОРИМИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ХЕНДОВЕРА

Ніколаєнко Є. В.

Науковий керівник: к.т.н. Міночкін Д. А.

Інститут телекомунікаційних систем

Національного технічного університету України «КПІ»

E-mail: niko.eug@gmail.com

Описаний новий метод для оцінки необхідності хендвера. Цей метод розроблений для мінімізації збоїв при хендвері і непотрібних передач обслуговування. Він базується на двох частинах: оцінці часу руху і розрахунку часового порогу. Запропонований метод може зменшити число відмов у передачі обслуговування і непотрібних передач обслуговування до 80% і 70% у порівнянні із звичайними методами на основі порогового рівня прийнятого сигналу і на основі гістерезису. Теоретичні аспекти супроводжуються симуляцією в пакеті програм MATLAB.

VERTICAL HANDOVER ALGORITHMS

Nikolayenko Ye. V.

Scientific adviser: Ph.D. Minochkin D. A.

Institute of Telecommunication Systems

National Technical University of Ukraine "KPI"

E-mail: niko.eug@gmail.com

A new method for handover necessity estimation is presented. This method is devised for minimizing handover failures and unnecessary handovers. It is based on two parts: traveling time prediction and time threshold calculation. The proposed method is able to reduce the number of handover failures and unnecessary handovers up to 80% and 70%, comparing with the conventional RSS threshold based and hysteresis based methods. Theoretical aspects are accompanied by simulation in MATLAB software packages.

АЛГОРИТМ ХЕНДОВЕРА В LTE

Тимченко С.А.

Науковий керівник: к.т.н. Міночкін Д.А.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: seryu1994@mail.ru

В доповіді розглядаються основні критерії вибору обслуговуючого стільника та схеми хендверу для стільникових мереж, а також проводимо аналіз відомих алгоритмів передачі обслуговування. Параметри передачі обраного алгоритму хендверу та алгоритми LTE отримані шляхом застосування методів оптимізації. Необхідно визначити оптимальні параметри для передачі обслуговування для забезпечення ефективності і надійності алгоритму хендверу. Продуктивність обраного алгоритму передачі оцінюється і порівнюється з використанням оптимізованих параметрів. Дослідження спрямоване на виявлення плюсів і мінусів кожного обраного алгоритму передачі з оптимізованими параметрами затримки.

HANDOVER ALGORITHMS IN LTE

Timchenko S.A.

Scientific adviser: Ph.D. Minochkin D.A.
Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"
E-mail: seryu1994@mail.ru

An algorithm is an effective method for solving a problem expressed as a finite sequence of instructions. It is usually a high-level description of a procedure which manipulates well-defined input data to produce other data. An algorithm can be used to solve a given problem, implement a solution, and communicate about your problem/solution to people.

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ДЕКАРТОВОГО ДОБУТКУ В SPARQL ЗАПИТАХ

Домарацький А.С.

Науковий керівник: к.т.н. Терновой М.Ю.
Інститут телекомунікаційних системи НТУУ «КПІ»
E-mail: domaratskyias@outlook.com

При незв'язності основного графового шаблону SPARQL запиту виникає проблема декартового добутку результатів окремих зв'язних частин. В роботі пропонується метод формування SPARQL запиту, який вирішує вказану проблему і містить наступні кроки: виділення компонент зв'язності з графового шаблону, знаходження шляхів між компонентами за допомогою хвильового алгоритму та генерації результируючих зв'язних графових шаблонів із виділених компонент та знайдених шляхів за допомогою комбінаторних алгоритмів.

SOLVING OF CARTESIAN PRODUCT PROBLEM IN SPARQL QUERIES

Domaratskyi A.S.

Scientific adviser: Ph.D. Ternovoy M.Y.

Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"

E-mail: domaratskiyas@outlook.com

In case of incoherence of SPARQL query basic graph pattern the problem of Cartesian product of individual connectivity components arises. This work describes the method of SPARQL query composition, which solves specified problem. Proposed method consists of selection of connectivity components from graph pattern, finding of the routes between components using wave algorithm and generation of the resulting connectivity graph patterns from selected connectivity parts and found routes using combinatorial algorithms.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ

Великий О.О., Кутельова О.С.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail: a.a.velikiy@gmail.com , olga.kuteleva@mail.ru

До основних показників якості БСМ можна віднести її вартість і надійність. Як правило, прагнення знизити вартість будь-якої технічної системи призводить до зменшення її надійності, що може виявитися неприпустимим за умовами її експлуатації, що, зрештою, призведе до збільшення її вартості за рахунок заміни поламаних компонентів. Тому в даному випадку при проектуванні оптимальної топології мережі пропонується задатися необхідним рівнем надійності БСМ і сформулювати структуру мережі, що володіє мінімальною вартістю при даному обмеженні. Під надійністю БСМ будемо розуміти ймовірність доставки інформаційних повідомлень від кожного КП до шлюзу. З урахуванням зроблених обмежень на що враховуються фактори визначимо надійність доставки як ймовірність безпомилкової передачі інформаційного повідомлення за обраним маршрутом з урахуванням ймовірності виходу з ладу вузлів, що беруть участь в ланцюжку ретрансляцій, і ймовірності безпомилкової передачі повідомлення між кожною парою вузлів на маршруті.

POSSIBILITIES OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR MONITORING OIL SPILL

Velikiy O.O., Kuteleva O.S.

Scientific adviser: Ph.D. Lysenko O.I.

Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"

E-mail: a.a.velikiy@gmail.com , olga.kuteleva@mail.ru

Currently, the construction of a wireless sensor network repeater location choice is usually made based on the results of model simulations related to the conduct numerous experiments, measurements of electromagnetic field, which significantly increases the complexity and cost of WSN deployment process. The presence of the following problems determines the relevance of WSN topology optimization problem.

СЕНСОРНА МЕРЕЖА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В МЕГАПОЛІСАХ

Лукашук В.В.

Науковий керівник: к.т.н. Валуйський С. В.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: vas77794@gmail.com

Представлена ідея створення мобільної бездротової сенсорної мережі для контролю за електромагнітним випромінюванням, яка дозволяє постійно патрулювати вулиці міста розмістивши сенсори на громадському транспорті. Ви визначили типову конфігурацію і режими роботи для вимірювання електромагнітного випромінювання в реальному часі.

SENSOR NETWORK FOR MONITORING MICROWAVE RADIATION IN METROPOLIS

Lukashuk V. V.

Scientific adviser: Ph.D. Valuysky S. V.
Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"
E-mail: vas77794@gmail.com

In this paper is considered the idea of creating a mobile wireless sensor network for microwave radiation control that allows constantly "patrolling" the streets of the city by placing sensors on public transport. We consider the typical configuration and operation mode of the device for measuring microwave radiation in real time.

АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗБОРУ ДАНИХ В БСМ НА ОСНОВІ РОЗРОБЛЕНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Осипчук Т.М.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисенко О.І.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

Запропоновано математичну модель збору даних в бездротовій сенсорній мережі, заснована на ідеї збору даних за розкладом і, на відміну від існуючих, враховує такий чинник як наявність у радіопередавачів вузлів мережі декількох дискретних рівнів потужності і що пропонує формулу розрахунку витрати енергії для кожного вузла мережі. Запропоновано алгоритм оптимізації збору даних в бездротовій сенсорній мережі, заснований на розробленій моделі, що використовує модифікований алгоритм Форда-Фалкерсона для пошуку максимального потоку мінімальної вартості в транспортній мережі.

ALGORITHM OF OPTIMIZING DATA COLLECTION IN WSN BASED DEVELOPED MATHEMATICAL MODEL

Osypchuk T.M.

Scientific adviser: Ph.D. Lysenko O.I.
Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

A mathematical model of data collection in wireless sensor networks based on the idea of collecting data on schedule and, unlike existing, taking into account such factors as the presence of multiple radios nodes discrete power levels and offers a formula for calculating the energy consumption for each network node. The algorithm optimization of data collection in wireless sensor networks based on the developed model using a modified Ford-Fulkerson algorithm for finding maximum flow of minimum cost in the transport network.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДЛЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Полиник С.А.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисенко О.І.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

В даній доповіді буде запропоновано чотири критерії оптимальності протоколів маршрутизації, а також розроблені математичні моделі бездротових сенсорних мереж і джерел корисних даних, реалізована імітаційна модель бездротової сенсорної мережі. Крім того, розроблена методика оцінки, яка при відповідному використанні допоможе вибрати оптимальний протокол маршрутизації для мережі, спеціалізованої для вирішення конкретного завдання.

ALGORITHM OF OPTIMIZING DATA COLLECTION IN WSN BASED DEVELOPED MATHEMATICAL MODEL

Polinik S.A.

Scientific adviser: Ph.D. Lysenko O.I.
Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

In this paper we propose four criteria of optimality of routing protocols and mathematical models of wireless sensor networks and sources of useful data, implemented a simulation model of wireless sensor network. In addition, the technique estimates that with proper use will help choose the best routing protocol for network specialized for a particular task.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ БЕЗПРОВІДНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Тарасюк В.О.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисенко О.І.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

В цій статті розглянуто математичні моделі та принципи функціонування безпроводних сенсорних мереж (БСМ). Також охарактеризовано оцінку надійності мережі з використанням апарату теорії марковських процесів. Розглянуті моделі можуть бути використані також для вирішення інших завдань, пов'язаних з проектуванням і аналізом роботи БСМ.

MATHEMATICAL MODELS FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

Tarasiuk V.O.

Scientific adviser: Ph.D. Lysenco O.I.
Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

The mathematical models and principles of wireless sensor networks (WSN) were considered in this article. Also was described the evaluation of the reliability of the network with using the theory of Markov processes. The models can also be used for other tasks related to the design and analysis of WSN.

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ МОБІЛЬНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Ярмолюк С.І.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисенко О.І.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

В даній статті досліджується забезпечення захисту мобільної сенсорної мережі, топологія якої динамічно змінюється за рахунок постійного переміщення вузлів мережі. Для такої мережі необхідно розробляти власні методи і протоколи захисту, які забезпечили б безпечну, ефективну і максимально продовжуючи роботу мережі. Використання системи управління довірою вузлів дозволяє вибудовувати довірені з'єднання між вузлами мережі і запобігати небажаним діям злоумисника. Дана система забезпечує захист від внутрішнього злоумисника, при впровадженні атакуючого під видом законного користувача в мережу, а також при перехваті вузла мережі.

WAY TO IMPROVE THE SECURITY LEVEL OF MOBILE SENCOR NETWORKS

Yarmoliuk S.I.

Scientific adviser: Ph.D. Lysenko O.I.
Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

This paper examines protect mobile sensor network topology which changes dynamically due to the constant movement of nodes. For such a network should develop their own methods and protocols protection that would ensure safe, efficient and most continued operation of the network. Using a system of trust units allows to build trusted connections between network nodes and prevent unwanted actions of the attacker. This system provides protection against internal attacker when implementing attack under the guise of a legitimate user to the network, as well as the interception node network.

АЛГОРИТМ ВИЯВЛЕННЯ АКТИВНОСТІ ГОЛОСУ ДЛЯ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ МОВИ

Кулик О. В.

Науковий керівник: к.т.н. Мазуренко О. В.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: kullyk@ukr.net

Описаний новий алгоритм виявлення активності голосу, який використовує функцію щільності імовірності фоновому шуму. У першій частині алгоритму на основі статистичних властивостей фоновому шуму відлікам сигналу присвоюється мітка. У другій частині з урахуванням фізіологічних аспектів процесу мовоутворення відбувається згладжування маркування. Запропонований метод показує на 10-13% вищу точність виявлення, ніж класичні методи на основі функцій короточасної енергії сигналу та числа переходів через нуль. Усі теоретичні аспекти супроводжуються результатами симуляції в пакеті програм MATLAB.

A VOICE ACTIVITY DETECTION ALGORITHM FOR SPEECH RECOGNITION SYSTEMS

Kulyk O. V.

Scientific adviser: Ph.D. Mazurenko O. V.
Institute of Telecommunication Systems NTUU "KPI"
E-mail: kullyk@ukr.net

A new voice activity detection algorithm, which uses probability density function of the background noise, is presented. First part of the algorithm assigns label to the samples of a signal by using statistical properties of background noise. The second part smoothens the labeling by the physiological aspects from the speech production process. The proposed method demonstrates 10-13% higher detection accuracy than classic methods based on zero crossing rate and short time energy function methods. All theoretical aspects are accompanied by simulation results in MATLAB software packages.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІГАБІТНОГО МОДЕМУ ДЛЯ РАДІОРЕЛЕЙНИХ ЛІНІЙ В ТЕРАГЕРЦОВОМУ ДІАПАЗОНІ

Лутчак О.В., Ляшенко О.В.

Науковий керівник: Наритник Т.М.

НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ»

E-mail:director@mitris.com

Наведені результати проведених досліджень і розробки на цій основі нового технічного рішення щодо створення приймально-передавального формувача-модема (далі модем) для цифрової радіорелейної системи у терагерцовому діапазоні, тестування і оптимізації налаштувань двох лабораторних зразків модему на максимальну пропускну здатність, а також оптимізації швидкісних параметрів за допомогою створених допоміжних програмних інструментів.

RESEARCH GIGABIT MODEM FOR RADIO-RELAY LINES IN THE TERAHERTZ RANGE

Lutchak A.V., Lyashenko A.V.

Scientific adviser: Narytnik T.N.

SRI of telecommunications NTUU “KPI”

E-mail: director@mitris.com

The results of the conducted research and development on this basis of new technical solutions for the creation transceiver driver-modem (the modem) for digital radio-relay systems in the terahertz range, testing and optimization of the settings of two laboratory samples modem for maximum throughput and optimization of high-speed options via created supporting software tools.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА ПРИ ПОСТРОЕНИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ С ГИГАБИТНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Набока Б.Ю.

Научный руководитель: Нарытник Т.Н.
НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ»
E-mail: *b_naboka@rocketmail.com*

Приведены результаты анализа основных особенностей характеристик терагерцового диапазона и возможностей его использования для построения сверхвысокоскоростных (более 1 Гбит/с) распределительных транспортных сетей мобильной связи «Mobile backhaul» нового поколения.

PECULIARITIES OF USING TERAHERTZ RANGE WHEN BUILDING DISTRIBUTION TRANSPORT NETWORKS FOR MOBILE COMMUNICATIONS WITH GIGABIT THROUGHPUT

Naboka B.Yu.

Scientific adviser: Narytnik T.N.
SRI of telecommunications NTUU "KPI"
E-mail: *b_naboka@rocketmail.com*

The current article presents the analysis findings regarding the main features of the terahertz range and possibilities of its application for the construction of new generation ultrahigh-speed (more than 1 Gb / s) distribution mobile backhaul networks.