НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“Київський політехнічний інститут“

ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
НДІ Телекомунікацій

Шоста міжнародна
науково-технічна конференція
та Четверта студентська
науково-технічна конференція

"ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ"

присвячені Дню науки і Всесвітньому дню телекомунікацій

24–27 квітня 2012 року

Матеріали конференції

м. Київ

Науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій": Матеріали конференції. К.: НТУУ "КПІ", 2012.

Даний збірник містить доповіді пленарних і секційних матеріалів студентів, аспірантів, спеціалістів і наукових співробітників, представлених на Шостій міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми телекомунікацій" (ПТ-12) та Четвертій студентській науково-технічній конференції (СК-12), які проводяться 24–27 квітня 2012 р. в м. Києві.

Робочими мовами конференції є українська, російська та англійська.

У збірник включені доповіді за такими напрямками:

- системи бездротових телекомунікацій;
- проводовий зв’язок, оптоволоконні системи та мережі;
- інформаційні ресурси та мережі;
- засоби телекомунікаційних систем;
- сенсорні телекомунікаційні мережі;
- супутникові та радіорелейні лінії;
- реалізація концепції NGN в сучасних и перспективних телекомунікаціях

Вчений секретар конференції
БУНІН С.Г., д.т.н., ІТС НТУУ "КПІ".
E-mail: sbunin@voliacable.com

Секретар оргкомітету конференції
Нехін А.В.
р.т. (044)454-98-04, тел/факс. (044)454-98-21, м.т. (050)807-87-48
E-mail: ivanova@its.kpi.ua

Співголови конференції:

БАРАНОВ А.А. – директор Департамента стратегії развитку зв'язку Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України.

ІЛЬЧЕНКО М.Е. – проректор по науковій роботі Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", директор інституту телекомунікаційних систем, член-корреспондент НАНУ, д.т.н., професор.

БАТУРА М.П. – ректор Закладу освіти «Білоруський державний університет інформатики та радіоелектроніки», академік Білоруської інженерної академії, д.т.н., професор.

Організатори конференції:

Міністерство освіти і науки України;
Державна адміністрація зв'язку Міністерства транспорту та зв'язку України;
Національний технічний університет України «КПІ», ІТС, НДІТ;
Міжнародний науково-технічний журнал «TELECOMMUNICATION SCIENCES».

Спонсори конференції:

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

Програмний комітет:

Сундучков К.С. – голова, д.т.н., проф., заст. директора НДІ ТК, Київ;
Шестак І.В. – заст. голови, начальник першого управління стратегії розвитку телекомунікацій в Україні, Київ;
Каток В.Б. – заст. голови, к.т.н., проф., Укртелеком, Київ;
Кураєв А.А. – заст. голови, д.ф-м.н., проф., зав. кафедрой АУ НВЧ Установи освіти "БДУІР", Мінськ;

Члени комітету:

1. **Беркман Л.Н.,** д.т.н., проф., ДУІКТ;
2. **Гайворонська Г.С.,** д.т.н., проф., ОДАХ;
3. **Гімпілевіч Ю.Б.,** д.т.н., проф., СевНТУ;
4. **Глоба Л.С.,** д.т.н., проф., ІТС НТУУ "КПІ";
5. **Дробік О.В.,** к.т.н., доц., проректор ДУІКТ;
6. **Єрмолов П.П.,** к.т.н., СевНТУ, КНТЦ ім.Попова;
7. **Захаренко С.Є.**, к.т.н., доц., ДУІКТ;
8 **Карушкін М.Ф**., к.т.н., НДІ «Оріон»;
9. **Климаш М.М.,** д.т.н., проф., зав. каф. НУ «Львівська політехніка»
10. **Колченко Г.Ф.,** к.т.н., доц., директор УНДІЗ;
11. **Кравчук С.О.,** д.т.н., доц. ІТС НТУУ «КПІ»;
12. **Лєбєдєв О.М.,** к.т.н., ІТС НТУУ «КПІ»;
13. **Лємєшко А.В.,** д.т.н., проф., ХНУРЕ;
14. **Ліпатов А.О.,** к.т.н., проф., ІТС НТУУ «КПІ»;
15. **Лукьянчук О.Г.,** к.т.н., проф., проректор СевНТУ;
16. **Лисенко О.І.,** д.т.н., проф., НТУУ «КПІ»;
17. **Марьєнко А.В.**, заст. гол. правління ВАТ «Меридіан»;
18. **Міхайлов С.А.**, д.т.н., проф.;
19. **Наритник Т.М.,** к.т.н., ІТС НТУУ «КПІ»;
20. **Пойгіна М.І.,** к.т.н., БЦКТ «Мікротек», Київ;
21. **Попов В.І.,** д.ф.-м.н., проф., Рижський ТУ;
22. **Поповський В.В.,** д.т.н., проф., ХНУРЕ;
23. **Прудіус І.М.**, д.т.н., проф., зав. каф. НУ «Львівська політехніка»
24. **Романов О.І.,** д.т.н., проф., НТУУ «КПІ»;
25. **Стрілковська І.В.,** д.т.н., проф. ОНАЗ;
26. **Торошанко Я.І.**, к.т.н., с.н.с., ДУІКТ;
27. **Трубін О.О.,** д.т.н., НДІ ТК НТУУ «КПІ»;
28. **Уривський Л.О.** д.т.н., проф. НТУУ «КПІ»;
29. **Чміль В.М.,** к.т.н., гол. прав. ВАТ "Сатурн";
30. **Шелковніков Б.М.,** к.т.н., доц., НТУУ «КПІ»;

Співголови Четвертої студентської науково-технічної конференції "СК-12":

ЯКОРНОВ Є.А. – заступник декана ІТС НТУУ "КПІ", к.т.н., професор;
РОЧНЯК Ю.А. – голова студентської ради ІТС НТУУ „КПІ”.

Програмний комітет Четвертої студентської НТК "СК-12":

1. Бунін С.Г., д.т.н., проф., ІТС;
2. Трубін О.О, д.т.н., проф., ІТС;
3. Алексєєв М.О., к.т.н., доц. ІТС;
4. Якорнов Є.А., к.т.н., проф., ІТС;
5. Цуман А.С., студ. ІТС;
6. Кравчук Н.Ю., студ. ІТС;
7. Волошин А.В., студ. ІТС;
8. Тетеря В.А., студ. ІТС.

ЗМІСТ

Пленарні доповіді

Шестак И.В., Скибун А.Ж., Башняк П.В.
Современное состояние отрасли связи в Украине и основные приоритеты развития в сфере телекоммуникаций Украины 17

Уласенко Е.Н., Чернявская И.Ю.
Результати всесвітньої конференції радіозв'язку 2012 року 20

Ильченко М.Е., Воробиенко П.П., Кривуца В.Г., Урывский Л.А.
Информационно-телекоммуникационная отрасль требует новой отрасли знаний для подготовки специалистов 24

Ильченко М.Е., Кравчук С.А.
Новая специализация подготовки кадров в сфере телекоммуникаций: программное обеспечение телекоммуникационных систем 28

Глоба Л.С., Кот Т.Н.
Проникнення інформаційних технологій в галузь телекомунікацій 31

Кривуца В.Г., Беркман Л.Н., Яцук П.П.
Методы оптимизации параметров сетей будущего FN (future networks). 34

Сундучков К.С.
Проблемы развития мобильной связи при высокой скорости движения абонентов..... 37

Нарытник Т.Н., Ильченко М.Е., Войтенко О.Г.
Етапи еволюційного розвитку системи MITPIC та концепція побудови мікрохвильової інтегрованої телерадіоінформаційної системи мультисервісного радіо доступу UMDS..... 40

Лисенко О.І., Валуйський С.В., Нечипоренко І.О.
Підвищення ефективності функціонування сенсорних телекомунікаційних мереж із мобільними компонентами 43

Климаш М.М.,Бешлей М.І.
Модель пріоритезації послуг для ефективного використання ресурсів мультисервісної мережі..... 47

Гайворонская Г.С., Рябцов А.В.
Анализ возможности использования феноменологической модели оптической системы коммутации при построении полностью оптических сетей..... 51

Трубин А.А.
Рассеяние электромагнитных импульсов на решетках диэлектрических резонаторов..... 53

Секція 1. Системи безпроводових телекомунікацій

Співголови:
д.т.н., проф. Бунін С.Г., д.т.н., доц. Кравчук С.О., д.т.н., проф. Поповський В.В.

Доповідачі:

Кравчук С.О., Міночкін Д.А. Метод підвищення ефективності системи MIMO при впливі міжстільникових завад ……. 56

Авдєєнко Г.Л., Якорнов Є.А., Матяш О.Ю. Застосування субсмугової фільтрації сигналів у безпроводових телекомунікаційних мережах з розподіленими антенними системами ...…….. 59

Бибик М.Ю., Кравчук С.А. Методы детерминированной оценки зоны распространения радиоволн систем широкополосного доступа 62

Богатирьова М.В., Ладик О.І. Performance analysis of noise immunity in free space optical systems…….. 65

Борщова Л.М. Модели радиоканала для систем широкополосного мобильного доступа…….. …… 68

Дідковський Р.М. Багатоканальна система зв'язку з частотним розділенням фазоманіпульованих шумових сигналів……... 71

Бунин С.Г., Плотник К.А. Импульсные сверхширокополосные сигналы в радиосетях……. 74

Кузнецов М.С., Афонин И.Л. Вопросы телекоммуникаций в судовождении и экологический мониторинг судна ……..…… 77

Каток В.Б., Руденко І.Е., Тарасенко І.В. Системні підходи до модернізації мереж широкосмугового доступу……. 80

Скляр М. О., Кравчук С.О. Динамічне управління радіоресурсом у гетерогенних мережах з точки зору виконання вимог QoS…….. 82

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

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

Доповідачі:

Маньковский В.Б. Метод оценки пропускной способности сети MPLS …. 85

Климаш М.М, Беляєв І.С. Аналіз та дослідження найпоширеніших загроз безпеки інформаційного корпоративного середовища…….. 89

Агеев Д.В., Переверзев А.А. Решение задачи распределения длин волн в сети DWDM с помощью мэта-эврестического алгоритма BCO–RWA…… 92

Романов О.І., Пасько С.П., Пелих Ю. О. Дослідження ефективності організації тунелів в транспортних мережах IP/MPLS…….. 94

Климаш М.М., Лаврів О.А., Бугиль Б.А. Метод вирішення задачі динамічної пріоритезації класів трафіку в мультисервісній телекомунікаційній мережі……... 96

Климаш М.М., Горбатий І.В. Моделювання та дослідження телекомунікаційних систем і мереж передавання даних з амплітудною модуляцією багатьох складових…….. 100

Нестеренко М.М., Манкіський В.Б., Хазрон І.О., Куриленко Д.М. Порівняльна характеристика операційних витрат при обслуговуванні пакетів на магістралях IP і MPLS…… 103

Дундяк Ю. Р., Бірюков М. Л. Деградація сигналу еталонної частоти при передачі по ВОЛЗ…….. 105

Гайворонская Г.С., Домаскин О.М. Использование логистической функции для описания процесса изменения емкости телекоммуникационных сетей……. 107

Сахарова С.В., Бондаренко А.А. Корекція місця розташування вузлів доступу при наявності перешкод……. 109

Соломицький М.Ю. Можливий підхід до розробки узагальненої моделі взаємодії конвергентної телекомунікаційної мережі зі зовнішнім середовищем…….. 112

Альфалуджи С. Метод организации защищенного канала для управления телекоммуникационными сетями…… 114

Котова А. И., Конышев Е.Б. Анализ особенностей технологий, использование которых целесообразно на сетях доступа……. 116

Крыжановская А. А. Обеспечение качества обслуживания на сетях доступа…… 119

Бірюков М.Л., Тріска Н.Р. Звірення шкал часу за допомогою посиленого алгоритму двохстороннього обміну повідомленнями точного часу…… 121

Секція 3. Інформаційні ресурси і мережі

Співголови:
д.т.н., проф. Глоба Л.С., к.т.н., доц. Алексєєв М.О.

Доповідачі:

Глоба Л.С., Донченко О.Ю., Донченко Ю.П. Система моніторінгу стану каналів супутникового зв’язку на основі програмного забезпечення MRTG.. 124

Алексеенко К.А., Глоба Л.С., Курдеча В.В. Функциональная архитектура SDR с поддержкой динамически реконфигурируемых терминалов..... 127

Богомолов С.А., Алєксєєв М.О. Анализ распределенных файловых систем для организации самоорганизующихся сетей хранения данных..... 130

Бугиль Б. А., Лаврів О. А. Метод оцінювання топологій телекомунікаційних мереж з динамічною маршрутизацією за критерієм ефективності вибраних шляхів..... 133

Зайченко Ю.П., Васильев В.И., Вишталь Д.М. Структурно-параметрический анализ надежности коммуникационных сетей..... 136

Севастьянов А.К. Анализ стандартов для систем менеджмента в телекоммуникациях..... 138

Глоба Л.С., Скулиш М.А. Система комплексного керування інформаційними потоками в комутаційному центрі..... 141

Донець Г.Ю., Ладик О.І. Моделювання роботи мережі на базі технології UMTS..... 144

Лаврушкин С.В., Алексеев Н.А. повышение уровня эффективности предоставления IT-услуг с помощью информационно-телекомуникационных технологий..... 147

Майборода О.В., Алєксєєв М.О. Використання аутентифікації 802.1x для побудови високопродуктивного обчислювального середовища з некластеризованими ресурсами..... 150

Начаров Д.В. Методика оценки эффективности контрастной коррекции цифровых телевизионных зображений..... 153

Онисько А.О., Алєксєєв М.О. Моделювання багатопотокових програм з використанням UML..... 156

Globa L.S., Kurdecha V.V., Sulima S.V. Software defined radio system architecture supporting download process..... 159

Тіхонов В.І. Лінійна тензорна модель інформаційних потоків в мережі доступу підприємства..... 162

Nekhin A.V. Use LTE system for railway mobile communication..... 165

Ткач А.Ф., Терновой М. Ю. Подход к построению информационной системы в области телекоммуникаций с использованием семантических WIKI технологий..... 168

Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л. Подход к интеграции сервисов в пространства информационных порталов..... 170

Савченко А.С. Метод оптимального управления вычислительной сетью ... 173

Секція 4. Засоби телекомунікаційних систем

Співголови:
д.т.н. Трубін О.О., к.т.н. Лебедєв О.М.
Доповідачі:

Трубаров І. В. Вплив довжини шлейфу на параметри діелектричної резонаторної антени на мікросмужковій лінії…… 176

Савочкин А.А. , Слободенюк А.А. Устройство для измерения параметров гармонических сигналов на базе среды программирования LABVIEW…… 179

Буділовський О.В., Якорнов Є.А. Алгоритм афінних проекцій з лінійними обмеженнями на основі критерія сталості модуля огинаючої сигналу для адаптивних антенних решіток з використанням фазового радіопеленгатора в системах радіозв'язку…… 182

Головин В.В., Тыщук Ю.Н. Широкополосная антенная решетка печатных излучателей с управляемой поляризацией поля излучения..... 185

Гимпилевич Ю.Б., Зебек С.Е. Цифровой алгоритм определения комплексного коэффициента отражения и уровня мощности в микроволновом тракте…… 188

Isnyuk T.V., Ryzhaiev V.N., Shelkovnikov B.N. Downconverter based on metamaterials and multilayer technologies…….. 191

Карнаух В.Я., Захаров А.В., Пинчук Л.С. Особенности перестраиваемых микроволновых фильтров при применении сегнетоэлектрических конденсаторов…… 194

Лашкова Л.А., Гринчук Г.С., Трушкин А.Н. Анализ свойств кольцевого тракта на основе симметричного двенадцатиполюсника…… 197

Собко Д., Боклан И., Шелковников Б.Н. Моделирование фильтров устройств WPAN на многослойных технологиях LTCC и LCP…… 201

Моховиков О.С., Трубін О.О. Оптимізація діаграми направленості антени на діелектричних резонаторах…… 204

Максимюк Т.А., Думич С.С., Брич М.В. Підвищення спектральної ефективності радіосистем з ортогональним частотним розділенням…… 207

Секція 5. Сенсорні телекомунікаційні мережі

Співголови:
д.т.н., проф. Лисенко О.І., д.т.н., проф. Жук С.Я.
Доповідачі:

Попов М.О., Станкевич С.А., Ковальчук С.П., Пікулик В.І. Загальна архітектура, принципи функціонування і реалізації автоматизованого банка даних спектрально-часових характеристик об’єктів українських та білоруських полігонів ДЗЗ…… 210

Нечипоренко О.М. Сенсорні телекомунікаційні системи як складні технічні системи: ітеративний метод аналізу надійності…… 213

Алєксєєва І.В., Федорова Л.Б. Застосування сенсорних мереж для моніторингу радіаційного забруднення повітря…….. 215

Лисенко О.І., Афанасьєва Л.О. Модельний приклад оптимальної фільтрації зашумлених вимірів в телекомуникаційних сенсорних системах із оптичними лініями з'вязку(ОЛЗ)…….. 218

Мариношенко О.П., Митрошин В.О., Прохорчук О.В. Алгоритм визначення орієнтації телекомунікаційної платформи на базі безпілотного літального апарату за допомогою одноантенного приймача супутникової навігаційної системи……... 220

Нечипоренко І.О., Лисенко О.І. Моделювання режимів роботи безпроводових сенсорних мереж…….. 223

Казак В.М., Новачук Л.В. Принципи комплексування інформаційно-аналітичного забезпечення живлення мережі аеродромного світлосигнального комплексу з врахуванням особливостей первинної сенсорної інформації ..…… 226

Станкевич С.А., Васько А.В., Герда М.І. Оцінка багатошарового поля геопросторових даних від розподіленої мережі дистанційних датчиків……... 229

Валуйський С.В. Удосконалена математична модель оцінки зв'язності вузлів епізодичних радіомереж…….. 232

Лысенко А.И., Новиков В.И. Метод маршрутизации для беспроводных сенсорных сетей на основе аппарата нечеткой логики…… 235

Хижняк В.В., Чумаченко С.М. Особливості застосування нечіткого методу аналізу ієрархій для оцінювання сенсорних мереж при проведенні авіаційних робіт з пошуку і рятування в умовах гірської місцевості…… 237

Чумаченко С.М., Сорокін А.В. Побудова сенсорної мережі екологічного моніторингу військово-морських сил збройних сил України……. 240

Гурник А.В. Роль комп'ютерних телекомунікаційних мереж і автоматизації в системі забезпечення ефективності проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування в Україні…… 243

Казак В.М., Шевчук Д.О., Васильєв М.А. Функціональна схема інформаційно-сенсорної системи підтримки прийняття рішень при збійних ситуаціях у аеропорті…….. 245

Петрова В.Н., Степанюк О.А. Дослідження протоколів маршрутизації в сенсорних мережах…… 248

Петрова В.Н., Юхимчук Р.А. Анализ методов локализации в сенсорных сетях…… 250

Яценко В.О., Станкевич С.А., Семенів О.В. Дистанційне детектування біохімічних агентів на основі використання мережі датчиків…… 252

Секція 6. Супутникові та радіорелейні лінії

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

Доповідачі:

Капштык С.В., Пизюк Д.Л Особливості створення національної системи супутникового зв'язку України…… 255

Волков В.В., Нарытник Т.Н. О реализации концепции «интеллектуального» города с использованием технологии МИТРИС…… 259

Липатов А,А,, Могильченко Н.А. Использование стандартов DVB-S2 и DVB-RCS2 в СТС…… 262

Кашуба С.В. Варіант реалізації механізму dama для зворотного каналу супутникового зв'язку…… 265

Авдеенко Г.Л., Якорнов Е.А., Коломыцев М.А. Применение кривизны фазового фронта электро-магнитной волны для переиспользования частотного ресурса радиорелейных линий святи…… 268

Шарко В.П., Якорнов Е.А., Авдеенко Г. Л. Измерение координат объекта по фазовому фронту принимаемого сигнала в глобальных навигационных системах…… 271

Наритник Т.М., Вембер В.В., Ковальчук В.М. Вплив електромагнітного випромінювання крайнє високої частоти на ростові процеси міксоміцетів….. 274

Секція 7. Реалізація концепції NGN в сучасних та перспективних телекомунікація

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

Доповідачі:

Гаттуров В.К. Преподавание информационно-телекоммуникационных дисциплин по подготовке специалистов сетей следующего поколения…… 276

Ганзюк В.М., Новиков В.И. Организация практической подготовки студентов для реализации концепций сетей NGN…….. 279

Носков В.И. Реализация концепции NGN в лабораторной базе кафедры телекоммуникационных систем…… 282

Максимов В.В. Огородник А.О. Моделирование комбинированного алгоритма деления ad hoc сети на кластеры при изменении числа скачков…. 285

Урывский Л.А., Пешкин А.М. Оптимальные блочные помехоустойчивые коды по критерию максимального приближения к границе Шеннона…….. 287

Прокопенко Е.А., Наталенко А.И. Определения показателей помехоустойчивости многопозиционных сигналов на основе векторно-фазового метода…….. 290

Старостина Л. И. Реализация концепции NGN в современных и перспективных системах коммутации…….. 293

Мошинская А.В., Труцько Ф.В. Методика определения производительности волоконно-оптического канала связи системы с технологией DWDM…… 296

Максимов В.В., Барабаш К.С. Исследование модели двускачкового MPR в протоколе OLSR для ad hoc сети…….. 299

Гаврищук О. С., Максимов В. В., Наталенко О.І. Використання IP-АТС ASTERISK для організації мультимедійного зв'язку на кафедрі телекомунікаційних систем…… 301

Максимов В. В., Полісніченко В.В., Потьомкіна Л.І. Зниження службової інформації в протоколі OLSR…… 303

Максимов В.В., Чуприна Р.С. Обратный композитный код Баркера…….. 305

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

Секція 1. Системи безпроводових телекомунікацій

Співголови:
д.т.н., проф. Бунін С.Г., студ. ІТС Кравчук Н.Ю.

Доповідачі:

Згурский А.С., Кравчук С.А. Метод снижения вычислительной сложности оценки канала в системе с MIMO-OFDM…… 309

Охріменко Я.Ю., Авдєєнко Г.Л., Якорнов Є.А. Визначення координат джерела радіовипромінення за допомогою широкосмугового радіопеленгатора…… 312

Василенко-Шереметьєв Г.М. Застосування еліптичної моделі для аналізу багатопроменевого розповсюдження радіохвильв системах стільникового радіозв`язку…… 315

Подобанская А.И. Модель многокритериального выбора технологии доступа…… 318

Деменчук В.В. Исследование пропускной способности канала при мягком хэндовере…… 320

Чечуга Е.М. Алгоритм решения мультисервисного вертикального хэндовера…… 323

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

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

Співголови:
к.т.н., проф. Якорнов Є.А., д.т.н., проф. Романов О.І., студ. ІТС Тетеря В.А.

Доповідачі:

Смирнова А.С. Построение модели пользователя конвергентной сети с помощью метода пирамидальных сетей…….. 325

Гриньков Ю.М. Деякі аспекти моделювання оптичних мереж……... 328

Омельченко С. В., Качалка Є. О. Використання протоколів OSPF і STP в мережі SYNCE…… 330

Ковалёва Е.Ю., Богдан П.А. Алгоритмы работы систем мониторинга сетей с коммутацией пакетов…… 333

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

Секція 3. Інформаційні ресурси і мережі

Співголови:
д.т.н., проф. Глоба Л.С., к.т.н., доц. Алексєєв М.О., студ. ІТС Цуман А.С.

Доповідачі:

Гаевой В.В., Терновой М.Ю. Сравнительный анализ вычислительных архитектур для организации распределенных вичислений……... 336

Глоба Л.С., Вольвач Е.А. Использование Cloud Computing в сфере высшего образования…… 338

Глоба Л.С., Кучинская О.Н., Скулиш М.А. Анализ методов реализации поиска на научном информационном портале…… 341

Болотина О.В. Универсальный метод выбора построения компьютерной сети…… 344

Кривенко А.С., Терновой М.Ю., Федорова К.П., Штогрина Е.С. Использование HTML5 и микроформатов для создания сайта…….. 347

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

Секція 4. Засоби телекомунікаційних систем

Співголови:
д.т.н. Трубін О.О., студ. ІТС Волошин А.В.

Доповідачі:

Власенко А.О. Методика визначення внутрішньої структури оптичного фільтру на мікрорезонаторах…… 350

Бутович Д.Р., Щекатурин А.А. Влияние железобетонных конструкций на характеристики излучения антенн…… 353

Нудьга А.А. Определение диаграммы направленности плоскостной антенной структуры…… 356

Широков И.Б., Сердюк И.В., Дурманов М.А., Коваль Н.В. Гомодинный измеритель флуктуаций амплитуды и набега фазы микроволнового сигнала.. 359

Безгин А.А., Новоселов Е.А., Савочкин А.А. Исследование слабонаправленной антенны для телекоммуникационной системы……. 362

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

Секція 5. Сенсорні телекомунікаційні мережі

Співголови:
д.т.н., проф. Лисенко О.І., студ. ІТС Цуман А.С.

Доповідачі:

Прищепа Т.А., Василенко Е.Ю. Анализ нейронных сетей маршрутизации в телекоммуникациях…… 365

Ковшик А.Г. Применение беспроводных сенсорных сетей для мониторинга и контроля транспортных сетей на основе технологии SDH…….. 367

Лемеш С.Б. Анализ связанности сенсорной сети с коллективной передачей информации…… 370

Борисенко Д.В., Лысенко А.И. Анализ систем охраны периметров с волоконно-оптическими сенсорами…… 373

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

Секція 6. Супутникові та радіорелейні лінії

Співголови:
к.т.н., проф. Ліпатов А.А., студ. ІТС Волошин А.В.

Доповідачі:

Шутов А.Ю., Липатов А.А. Рассмотрение подсистем спутниковой связи и широкополосного беспроводного доступа для выполнения задач мобильного узла святи…… 376

Подгородецкий А.А., Лемеш С.Б. Международный информационный циркуляр по частотам ИФИК БР (космические службы)…… 378

Коломицев М.О., Тарарай А.М. Порівняння методів TABU та GENET при призначенні частот в радіорелейних мережах…….. 381

Мовчан О.Б., Коломицев М.О. Досліження впливу рез широкосмугових технологій на рез UMTS…… 384

Манюгина Д.В., Авдеенко Г.Л., Якорнов Е.А. Пространственно-временная обработка сигналов в системах диспетчеризации транспортных средств…….. 387

Ковальчук Д.А. Методика расчета активной широкополосной логопериодической антенны…….. 389

Нарытник Т.Н., Деревянко Д.В. Особливості проектування трас радіорелейних ліній в частотному діапазоні 30-300 ГГц…… 392

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

Секція 7. Реалізація концепції NGN в сучасних та перспективних телекомунікація

Співголови:
к.т.н. Гаттуров В.К., студ. ІТС Цуман А.С.

Доповідачі:

Самойлюк А. О. Аналіз службової інформації протоколу маршрутизації OSPF…… 394

Борис Т.В., Привар О.А. Модель телетрафика на основе самоподобного случайного процесса…….. 397

Бурчинский А.С. Алгоритмы управления перегрузкой протокола TCP…….. 399

Уривський Л.О., Трач Б.В. Дослідження показників продуктивності системи обслуговування з самоподібним трафіком……. 401

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ СВЯЗИ В УКРАИНЕ И ОСНОВНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ В СФЕРЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ УКРАИНЫ

Шестак И.В., Скибун А.Ж., Башняк П.В.
Государственная служба специальной связи и защиты информации E-mail shestak@i.ua, o.skybun@stc.gov.ua, p.bashnyak@stc.gov.ua

В рамках выполнения административной реформы, которая проводилась в 2010-2011 годах в Украине, функции Администрации связи Украины возложено на Администрацию Государственной службы специальной связи и защиты информации, которая формирует и реализует государственную политику по вопросам телекоммуникаций, использования радиочастотного ресурса и почтовой святи, а также организация специальной связи и защиты информации.

Информационно-телекоммуникационная сфера Украины демонстрирует высокие темпы роста, которые значительно превышают темпы роста реального ВВП страны, оставаясь одной из системообразующих отраслей экономики. Рост удельного веса отрасли связи в ВВП страны на протяжении предыдущих лет был обусловлен значительным потенциалом долгосрочного стремительного развития в первую очередь подвижной (мобильной) связи. Именно этот сегмент рынка связи был главным источником роста доходов от платежей в бюджет и инвестиций в основной капитал.

На сегодня в отрасли связи работает свыше 4 тыс. субъектов хозяйственной деятельности разных форм собственности, объем доходов которых составил 41,6 млрд. грн. за 10 месяцев 2011 года. Непосредственно в сфере телекоммуникаций зарегистрировано и работает около 2000 операторов и провайдеров телекоммуникаций.

Рост доходов наблюдается почти по всем видам услуг. Наибольший прирост доходов наблюдается на рынке услуг подвижной (мобильной) связи - на 1,6 млрд. грн. (в целом свыше 26 млрд. грн.), а также за счет предоставления услуг передачи данных и обеспечения доступа к Интернету - почти на 0,5 млрд. грн.

На магистральных телекоммуникационных сетях всех операторов телекоммуникаций используются исключительно оптические кабели связи с применением технологии DWDM, с помощью которой осуществляются соединения между областными центрами страны со скоростью от 2 до 10 Гбит/с. Завершены работы по цифровизации зоновой первичной телекоммуникационной сети. С прошлого года цифровые потоки доступны во всех районных центрах страны. Общая протяженность волоконно-оптических линий связи в Украине приближается к 100 тыс. км.

В рамках подготовки к Евро-2012 удвоена суммарная пропускная способность международных соединений сети передачи данных с сопредельными государствами и на сегодня она составляет 220 Гбит/с. Пропускная способность паритетных соединений между операторами телекоммуникаций в Украине составляет 60 Гбит/с.

Наряду с техническим перевооружением телекоммуникационной отрасли осуществлялся переход Украины на новую перспективную систему нумерации, гармонизированную с международными нормативными документами. К завершенным этапам перехода относятся изменения в номерах телефонов экстренных служб, справочно-информационных служб, переход от использования междугороднего префикса «8» к префиксу «0», переход от использования национальных идентификационных кодов сетей мобильной связи в формате 0XX к формату XX и другие.

Последующие этапы Плана перехода направлены на внедрение новых форматов вызовов местных, национальных и глобальных услуг, а также внедрение новых телекоммуникационных услуг, среди которых предоставление права альтернативного выбора абонентом телекоммуникационной сети, услуг переносимости номера, предоставления персональных номеров, национального роуминга.

Практически вся территория Украины имеет покрытие подвижной (мобильной) связи, причем нескольких операторов. Рынок услуг подвижной (мобильной) связи окончательно достиг своего насыщения и в течение четырех последних лет остается практически на одном уровне около 53 - 55 млн. абонентов, что составляет 120 % населения страны. Рост доходов, несмотря на стабильность численности абонентов и снижение тарифов на услуги мобильной связи, обеспечился за счет расширения спектра и качества предоставляемых услуг.

Следует отметить, что в телекоммуникационных сетях Украины внедряются исключительно современные цифровые технологии, и постепенно выводятся из эксплуатации устаревшие аналоговые коммутационные системы на сегменте фиксированной телефонной сети. В прошлом году, на развитие отрасли операторами всех форм собственности направлено около 2,8 млрд. грн., из них 98,5% - собственные средства.

На базе развернутой IP/MPLS – сети, проводных - xDSL, оптических - FTTx и беспроводных - Wi-Fi технологий предоставляется возможность широкополосного подключения к сети Интернет. Количество абонентов широкополосного доступа составляет около 5,3 млн. (из которых 4,6 млн. – домашние пользователи) при общей численности Интернет-аудитории около 23 млн. пользователей.

Внедрение современных перспективных технологий в сфере телекоммуникаций имеет ключевое значение для стремительного инновационного развития экономики и информационного общества, улучшения условий жизни людей, обеспечения им высших социальных гарантий.

Коммуникационная отрасль в 2011 году демонстрировала рост в основных сегментах. Реализация услуг связи достигла 50,3 млрд. грн .. Это на 6,0% больше, чем в прошлом году. Объемы доходов от предоставления услуг связи населению составили почти 37% от общего объема услуг связи, или 18,4 млрд. грн., Что на 434 млн. грн. больше, чем в 2010 году. Эти показатели свидетельствуют о том, что развитие отрасли связи является необходимым условием постоянного социально-экономического развития страны. Возрастание роли и значения отрасли связи в хозяйственном комплексе Украины требует усовершенствования всего комплекса экономических взаимоотношений и условий, определяющих эффективность отрасли.

В связи с этим хотим выделить ряд приоритетов.

Первый приоритет. Стимулирование развития информационного общества.

Реализация данного приоритета направлена на внедрение положений Закона Украины «Об основных принципах развития информационного общества в Украине в 2007 – 2015 годах» в разрезе телекоммуникационной отрасли.

Второй приоритет. Обеспечение отрасли связи необходимыми законодательными и нормативными актами.

Быстрое и динамичное развитие отрасли связи не возможно без четких и своевременных «правил игры». Под этим понятием подразумевается необходимая нормативно-правовая база, которая состоит из законодательных актов, отраслевых нормативных актов.

Третий приоритет. Развитие инфраструктуры отрасли будет направлено на реализацию проектов по обеспечению проведения мероприятий финальной части чемпионата по футболу ЕВРО - 2012.

Четвертый приоритет. Обеспечение дальнейшего развития телекоммуникационных сетей общего использования.

Современная телекоммуникационная (сеть) система общего использования в Украине должна обеспечить:

- необходимую плотность телефонов сети фиксированной телефонной связи;
- внедрение NGN;
- завершение цифровизации сети фиксированной телефонной связи, а также проводного и эфирного телерадиовещания;
- внедрение новых технологий;
- повсеместный доступ к широкополосному Интернет;
- проработка направления «одна точка подключения» все виды телекоммуникационных услуг.

Пятый приоритет. Обеспечение эффективного использования радиочастотного ресурса.

Радиочастотный ресурс – ограниченный ресурс, поэтому возникает острая проблема его недостачи в следствии использования морально устаревшего радиооборудования в не гармонизированных полосах радиочастот.

Необходимо:

- определить приоритеты, сроки и условия внедрения в Украине новейших радиотехнологий;
- определить приоритеты, сроки, условия и стоимость проведения конверсии радиочастотного спектра;
- внедрить современные подходы к управлению радиочастотным спектром на основе экономических критериев.

Шестой приоритет. Обеспечение инфраструктурных условий для:

1. Внедрения электронного документооборота и цифровой подписи во все сферы жизнедеятельности;
2. Обеспечения предоставления органами государственной власти административных услуг с использованием интернет-технологий;
3. Создания и внедрения единой компьютерной системы "Социальная карточка“;

и ряда других общегосударственных информационно-коммуникационных проектов.

Седьмой приоритет. Внедрение цифрового телевидения

В Украине принято решение строить сеть цифрового телевидения в стандарте DVB - T2. Планируется запустить 4 мультиплекса, что позволит осуществлять трансляцию свыше 40 телевизионных каналов.

Завершено частотное планирование, на каждый мультиплекс выделено по 199 частотных присвоений, то есть провайдер имеет возможность построить передающие станции в 199 населенных пунктах, что позволит обеспечить 95% населения приемом телевизионного сигнала высокого качества.

С сентября прошлого года уже ведется тестовое вещание, а с 1 декабря 2012 государственные телерадиокомпании начнут вещание в цифровом стандарте DVB - T2.

В связи с этим для обеспечения малоимущих слоев населения цифровыми приставками для цифрового телевидения в государственном бюджете на этот год предусмотрено 350,12 млн. грн.

РЕЗУЛЬТАТИ ВСЕСВІТНЬОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ 2012 РОКУ

Уласенко Е.Н., Чернявская И.Ю.
Національна комісія регулювання зв'язку

Всесвітні конференції радіозв'язку запроваджені Міжнародним союзом електрозв'язку – установою Організації об'єднаних націй в області зв'язку – для розгляду та перегляду Регламенту радіозв'язку – міжнародного договору, що регулює використання радіочастотного спектру та супутникових орбіт. Також Конференції розглядають будь-які питання всесвітнього характеру в області зв'язку, дають доручення структурним підрозділам МСЕ, аналізують їх діяльність та пропонують питання для винесення на порядок денний наступних Конференцій.

Всесвітні конференції радіозв'язку зазвичай проходять у Женеві, в штаб-квартирі МСЕ. У Конференціях беруть участь за можливістю всі держави - члени МСЕ. На сьогодні МСЕ налічує 193 держави-члени.

Цьогорічна Всесвітня конференція проходила протягом 4-х тижнів – з 23 січня по 17 лютого цього року. У ній брали участь понад 3000 учасників, що представляли 165 з 193 держав-членів МСЕ. Також були присутні близько 100 наглядачів від представників приватного сектору та інших міжнародних організацій.

Перед ВКР-12 стояли дуже складні питання, пов'язані з регулюванням спектру та після 4-х тижнів часом дуже складних переговорів учасникам вдалося досягнути консенсусу з питань, які будуть визначати – яким чином підтримуватиметься зв'язок у майбутньому.

Всесвітні конференції радіозв'язку є своєрідними «Олімпійськими іграми» галузі зв'язку, які відбуваються 1 раз на 3-4 роки. Цьогорічна конференція мала пройти у 2011 році, але у зв'язку з наслідками фінансово-економічної кризи була перенесена Радою МСЕ на 2012 рік. А наступна Конференція відбудеться за запланованим графіком – у 2015 році, тобто вже через 3 роки і часу на підготовку до неї залишається не так багато.

Так само, як і проведенню Олімпійських ігор, проведенню ВКР передує багаторічна напружена підготовка.

На основі внесків від Адміністрацій зв'язку країн-членів МСЕ, а також внесків членів Сектору радіозв'язку МСЕ (до яких належать регіональні та інші міжнародні організації, наукові та промислові організації) Спеціальний комітет, Дослідні комісії та інші робочі органи МСЕ, що займаються регуляторними, технічними, експлуатаційними і процедурними питаннями, які будуть розглядатися Всесвітньою конференцією, а також спеціально створена робоча група – Підготовчі збори до Всесвітніх конференцій мають підготувати консолідований Звіт по всім питанням порядку денного ВКР.

Для підготовки до ВКР-12 Адміністрацією державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, яка виконує функції Адміністрації зв'язку України в МСЕ, спільно з Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації було створено Робочу групу з питань підготовки до ВКР-12. До неї увійшли представники всіх зацікавлених державних органів та підприємств, чиїх галузевих інтересів стосувались питання порядку денного ВКР-12.

Завдяки консолідованій праці та всебічному розгляду питань, робочою групою була вироблена позиція України по кожному з пунктів порядку денного Конференції, а також було узгоджено стратегію відстоювання цієї позиції під час Конференції.

Для всебічного захисту радіочастотних інтересів України делегацію України на ВКР-12 було сформовано з представників більшості залучених до роботи організацій (представлених на слайді). Це є дуже важливим для успішної роботи делегації, оскільки до розгляду різних питань протягом ВКР мають оперативно залучатись відповідні фахівці.

Перегляд Регламенту радіозв'язку здійснюється Конференцією на основі порядку денного, який визначається Радою МСЕ з врахуванням пропозицій попередніх Всесвітніх конференцій. ВКР розглядають результати досліджень, присвячених варіантам

удосконалення міжнародних основ регулювання використання спектру на основі ефективності, актуальності та дієвості Регламенту радіозв'язку щодо розвитку існуючих та майбутніх застосувань, систем і технологій. ВКР приймають рішення стосовно найбільш вигідних та ефективних шляхів використання обмежених ресурсів радіочастотного спектру та управління використанням супутникових орбіт, що має дуже важливе значення для розвитку глобальної економіки.

Цьогорічна Конференція розглянула близько 30 пунктів порядку денного, що стосуються розподілу і спільного використання радіочастот з метою ефективного використання ресурсів спектру та орбіти для забезпечення високої якості послуг радіозв'язку для рухомого і супутникового зв'язку, повітряного та морського транспорту, а також для наукових цілей.

Для організації роботи Конференції було створено 7 комітетів – кожен із відповідними повноваженнями. Чотири з семи комітетів виконували спеціальні організаційні функції – керівництво роботою Конференції, перевірка повноважень делегацій, питання фінансування Конференції, редагування текстів. Три основні комітети (4, 5 і 6) здійснювали розгляд питань порядку денного ВКР-12. Комітети було поділено на робочі групи з відповідних питань порядку денного, які в свою чергу розділялись на проектні та цільові групи.

Розклад роботи Всесвітніх конференцій радіозв'язку надзвичайно напружений. Кожного дня конференції проходило від 10 до 60 засідань груп різних рівнів. Майже всі групи працювали паралельно. Весь термін роботи ВКР-12 засідання проходили з 7.45 до 22.00 без вихідних, в останній тиждень конференції пленарні засідання тривали майже цілодобово.

За весь час роботи конференції було проведено понад 600 засідань різного рівня.

Останні 10 років Україна займає активну позицію в МСЕ, бере участь у роботі Дослідних комісій та робочих груп МСЕ, активно розробляє та представляє внески з питань, що стосуються радіозв'язку. Декілька попередніх років Україна була членом Ради МСЕ. Приємно відзначити, що з думкою українських фахівців галузі рахуються у світі.

Представника делегації України – начальника відділу телебачення Українського науково-дослідного інституту радіо і телебачення, доктора технічних наук, професора Гофайзена Олега Вікторовича було обрано віце-Головою 6-ї Дослідної комісії МСЕ "Радіомовні служби". Протягом Конференції та під час підготовки до неї він також був координатором з пункту порядку денного 1.5 (гармонізація спектру для засобів електронного збору новин) від Регіональної співдружності в галузі зв'язку – регіональної організації, що об'єднує Адміністрації зв'язку країн СНД.

Розглянемо найцікавіші результати ВКР-12.

Одним із ключових та найгостріших питань, розглянутих під час ВКР-12, був пункт 1.17 порядку денного, що стосувався питань роботи рухомої служби у смузі частот 790-862 МГц. На сьогодні рухомий зв'язок розвивається швидкими темпами. Найбільшим попитом користуються технології Міжнародного рухомого зв'язку (IMT), впровадження яких потребує виділення спектру.

У рамках цього пункту було досліджено можливість та умови роботи рухомої служби разом з іншими первинними службами, що працюють у цій смузі частот, такими як радіомовна, повітряна радіонавігаційна та фіксована.

Що стосується сумісної роботи радіомовної служби (станцій цифрового та аналогового телебачення) і рухомої служби, то у 2006 році Регіональною конференцією МСЕ було ухвалено Міжнародну угоду «Женева-2006», в якій прописані відповідні положення, які визнані на сьогодні дієвими і достатніми для забезпечення беззавадової роботи РЕЗ обох служб. Щодо сумісного використання смуги рухомою та повітряною радіонавігаційною службою, то для врегулювання цього питання ключове значення приділено дво- та багатостороннім угодам між сусідніми країнами. Україна вже мала такі угоди майже з усіма країнами. Єдиною країною, з якою протягом декількох років всі намагання Української сторони укласти таку угоду не мали успіху, була Румунія. Отже, можна вважати особистим досягненням делегації України укладення під час ВКР-12 двосторонньої угоди Україна -

Румунія про координацію радіочастотних присвоєнь засобам цифрового телебачення та повітряної радіонавігації, що працюють або плануються в смузі 790-862 МГц, а також підписання принципів координації рухомої служби Румунії з первинними службами України, що працюють в даній смузі частот.

Додаткового спектру для рухомої служби цьогорічна конференція не виділила, після проведення численних переговорів, це питання було внесено до порядку денного наступної Всесвітньої конференції 2015 року.

Значну увагу Конференції було зосереджено на питаннях підвищення ефективності використання ресурсу спектра /орбіти.

Крім уточнення поняття введення в дію частотних присвоєнь супутникової мережі (супутники розгорнуті і постійно знаходяться в заявленій орбітальній позиції протягом 90 днів), ВКР-12 також доручила Бюро радіозв'язку звернутись до адміністрацій з проханням надавати інформацію про переміщення супутників. Також було узгоджено оптимізовану інформацію щодо адміністративної процедури, у тому числі більш детальну інформацію щодо ідентифікатора космічного апарату, що використовується для експлуатації частотних присвоєнь, з метою стимулювання доступу до смуги 21,4 – 22 ГГц в Районах 1 і 3 для радіомовної супутникової служби та її освоєння цією службою на довгострокову перспективу.

ВКР-12 покращила координацію супутникових мереж шляхом зменшення координаційної дуги в окремих частинах більш перевантаженого спектра і закликала до вивчення можливості її подальшого зменшення.

МСЕ постійно досліджуються аспекти раннього попередження, пом'якшення наслідків лиха і операції по наданню допомоги в умовах лих.

Стосовно електрозв'язку в надзвичайних ситуаціях ВКР-12 розглянула застосування таких нових технологій, як ІМТ та інтелектуальні транспортні системи (ІТС) для надання підтримки або доповнення вдосконалених систем, що слугують для забезпечення суспільної безпеки та надання допомоги при лихах.

ВКР-12 закликала Адміністрації зв'язку подумати над використанням деяких смуг частот для здійснення свого національного планування з метою отримання узгоджених на регіональному рівні смуг чи діапазонів для удосконалення систем, що призначені для забезпечення суспільної безпеки та надання допомоги при лихах.

Багато пунктів порядку денного ВКР-12 було присвячено повітряним службам.

ВКР-12 вирішила, що має бути виділено достатньо спектру для підтримки впровадження застосувань та принципів в управлінні повітряним рухом, які могли б підтримувати лінії передавання даних, що мають вирішальне значення для безпеки інформації повітряного зв'язку. Ці системи покращать можливості повітряного зв'язку, що разом з точними навігаційними можливостями дозволять обирати оптимальний маршрут польоту, що дозволить зменшити затримки, скоротити середній час польоту, зменшити витрати на паливо та викиди CO_2.

ВКР-12 зроблено уточнюючі коригування ряду Резолюцій МСЕ, що стосуються роботи повітряної рухомої служби (на трасі) в смугах 108 – 117,975 МГц, 960 – 1164 МГц, 5091 – 5150 МГц. МСЕ продовжить вивчати будь-які питання сумісності радіомовної служби та повітряної рухомої служби (на трасі) в смузі 108 – 117,975 МГц, які можуть виникнути в результаті впровадження систем цифрового звукового радіомовлення.

ВКР-12 надала підтримку розвитку та використанню безпілотних авіаційних систем (БАС). Для БАС здійснено додатковий розподіл спектру в смузі 5030– 5150 МГц.

ВКР-12 розглянула вимоги для морського зв'язку для підтримки систем безпеки у відношенні суден та портів.

Конференція включила до Регламенту радіозв'язку нові положення, для того, щоб покращити виявлення повідомлень автоматичних систем інформування, які передаються з супутників з використанням ДВЧ каналів.

Наразі швидкими темпами відбувається цифровізація технологій зв'язку. Так само гостро це питання стоїть для систем зв'язку морської служби.

В рамках розгляду питання використання нових цифрових технологій в морській службі Конференція переглянула "Таблицю частот передавання станцій морської рухомої служби в ДВЧ діапазоні", в якій визначається нумерація каналів для морського ДВЧ зв'язку, в основу якої покладено рознесення каналів 25 кГц, де може бути розгорнуто цифрові технології.

Конференцією визнано соціально-економічну значущість спостереження Землі.

ВКР-12 звернула особливу увагу на «важливість застосування радіозв'язку для спостереження Землі» під час збору даних спостереження Землі та обміну, що необхідно для збереження та підвищення точності прогнозів погоди, що сприяють охороні життя та власності в усьому світі. Конференція вкотре підтвердила, що спостереження Землі має суттєве соціально-економічне значення і настійно закликала адміністрації забезпечити захист систем спостереження Землі і відповідних смуг частот. Також ВКР-12 розподілила додатковий спектр метеорологічній супутниковій службі в напрямку космос - Земля. Розподіл 7750 – 7850 МГц в Регламенті радіозв'язку розширено до 7750 – 7900 МГц. ВКР-12 окреслила ряд питань, що мають найбільше значення та їх вирішення є невідкладним. Було представлено пропозиції щодо порядків денних майбутніх конференцій – 2015 та 2018 років.

До найбільш пріоритетних питань, що увійдуть до порядку денного Всесвітньої конференції радіозв'язку 2015 року належать:

- додаткові розподіли спектру рухомій службі на первинній основі та визначення додаткових смуг частот для IMT, а також відповідні регламентарні положення з метою сприяння розвитку застосувань наземного рухомого широкосмугового зв'язку;
- результати досліджень МСЕ, що стосуються використання смуги частот 694 – 790 МГц рухомою, за виключенням повітряної рухомої, службою в Районі 1;
- використання смуги частот 5091 – 5150 МГц фіксованою супутниковою службою (Земля-космос);
- можливість отримання безперервної еталонної шкали часу або шляхом зміни всесвітнього координованого часу (UTC), або будь-яким іншим методом та вжиття відповідних заходів;
- потреби в спектрі для станцій внутрішньосуднового зв'язку морської рухомої служби, а також впровадження можливих нових застосувань технології автоматичних систем розпізнавання (AIS) для удосконалення морського радіозв'язку;
- потреби в спектрі та регламентарні заходи, включно з відповідними розподілами повітряній службі, для забезпечення роботи систем безпроводового бортового внутрішнього зв'язку (WAIC).

Також запропоновано розглянути можливість додаткових розподілів для ряду супутникових служб, радіолокаційної та аматорської радіослужби в різних частинах спектру (представлено на слайді).

Результати ВКР-12 закріплені підписанням Заключних актів Конференції. Від імені Адміністрації зв'язку України Заключні акти підписав голова делегації України - Голова Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України Резніков Геннадій Анатолійович.

Завдяки плідній співпраці учасників, технічне завдання делегації України було виконане в повному обсязі. Приємно відзначити, що результати ВКР-12 повністю відповідають інтересам України. За результатами ВКР-12 буде підготовлено внесення змін до Плану використання радіочастотного ресурсу України та Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України.

Одразу після закінчення ВКР-12 настав новий дослідницький період і підготовка до наступної Всесвітньої конференції радіозв'язку, що відбудеться у 2015 році, і необхідно надалі працювати для удосконалення використання спектру і надання можливості розвитку в Україні, так само, як і в усьому світі, нових прогресивних технологій радіозв'язку.

УДК 621.391.1

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ ОТРАСЛЬ ТРЕБУЕТ НОВОЙ ОТРАСЛИ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Ильченко М.Е., Воробиенко П.П., Кривуца В.Г., Урывский Л.А.
leonid_uic@ukr.net

Современное мировое сообщество, преодолев ступень "постиндустриального общества", вошло в новую историческую фазу трансформации. В стратегии развития цивилизованных стран доминирующей становится концепция информационного общества, в котором материальной основой становятся информационно-телекоммуникационные технологии и системы. Именно этому термину отвечают названия приоритетных направлений развития науки и техники в Украине – "информационно-коммуникационные технологии" (ИКТ), и в других странах, в частности, в Российской Федерации – "информационно-телекоммуникационные системы". В сфере информационно-телекоммуникационных технологий и создаваемых на их принципах систем тесно переплетаются задания формирования, хранения, свободного обмена в неограниченном пространственном ресурсе значительных объемов информации, которая двигается от источников к многочисленным потребителям.

Таким образом, информационное общество формируется как глобальное.

Оно включает мировую "информационную экономику", единое мировое информационное пространство, глобальную информационно-коммуникационную инфраструктуру. В информационном обществе деловая активность перетекает в информационно-коммуникативную среду – масштабную телекоммуникационную сеть, предназначенную для удовлетворения личных, социально-групповых и общественных информационно-коммуникационных потребностей за счет использования информационно-телекоммуникационных технологий. Разветвленные информационно-телекоммуникационные системы все больше проникают не только в экономическую сферу, но и в медицину, культуру, спорт, контроль окружающей среды и в другие сферы человеческой деятельности, создаются мощные территориально-распределенные в глобальном пространстве порталы предоставления услуг, поиска, обработки и хранения информации.

Следовательно, в современном мире пространство телекоммуникаций переживает эпоху бурной эволюции, потенциал которой накапливался на протяжении последних десятилетий. Такая эволюция проявляется во многих важных направлениях.

Главным из этих направлений следует считать тенденцию к слиянию ранее независимых одна от другой технологий: информационных и телекоммуникационных. Следствием реализации базового направления эволюции является технологическая конвергенция, то есть формирование единственной интегрированной информационной платформы на основе слияния телекоммуникационной, компьютерно-электронной, аудиовизуальной техники. Эта тенденция, на начало формирования которой обратил наше внимание еще в 1982 году академик В.М. Глушков, порождает конвергенцию (то есть слияние) информационных и телекоммуникационных технологий и, как следствие, создание разнообразных информационных услуг.

В итоге за последние двадцать лет мировые технологии передачи информации отдалились от фазы преобладания стационарной телефонной сети как основной формы средств коммуникаций и перешли к фазе преобладания мобильных средств связи, роста объемов интернет-коммуникаций, успехов в распространении широкополосных беспроводных систем. Приобретает быстрое развитие процесс создания мощных дата-центров, "виртуальных" предприятий, размещенных в "облаках", которые предоставляют

полный спектр современных услуг поиска, сохранения и обработки информационных и вычислительных ресурсов как проблемно ориентированных сервисов конечных пользователей. Реализация указанных сервисов и эффективный доступ к ним невозможны без применения современных телекоммуникационных технологий и систем. Мировым тенденциям отвечает и динамика перераспределения доходов от информационных услуг в Украине.

В сфере подготовки специалистов на сегодня телекоммуникации выступают как направление подготовки в отрасли знаний 0509 "Радиотехника, радиоэлектронные аппараты и связь", объединяя технологии создания отдельных радиотехнических образцов. Однако, в соответствии с логикой исторического развития человеческого общества, наступил этап, когда телекоммуникации должны стать компонентой новой и самостоятельной области знаний "Информационно-телекоммуникационные технологии и системы", которая объединит технологии построения систем создания и транспортировки информационных ресурсов. В этих системах сегодня органично сочетаются средства цифровой обработки сигналов, вычислительной техники и программирования. Большинство современных телекоммуникационных систем – от мобильного телефона до маршрутизаторов в пакетных сетях передачи данных – по существу являются программируемыми специализированными интеллектуальными средствами со специфическим набором периферийных устройств.

Конструктивным инструментом организации международного сотрудничества в сфере ИКТ стала модель OSI (англ.– Open Systems Interconnection Reference Model – эталонная модель взаимодействия открытых систем) – модель, объединяющая международные стандарты для сетевых коммуникаций и разработку сетевых протоколов. Наши предложения относительно создания новой области знаний "Информационно-телекоммуникационные технологии и системы" полностью отвечают структуре этой эталонной модели.

В этом представлении информационно-телекоммуникационные технологии и системы (ИТС) – это неразрывное единство технологических методов и технических средств создания, хранения, обработки информационных ресурсов со средствами транспортировки этих ресурсов к пользователям независимо от их пространственного размещения.

Отрасль "ИТС" должна органично объединить телекоммуникации как направление технической деятельности и научных знаний, которое занимается вопросами транспортировки информации с использованием процедур формирования, преобразования и обработки электрических сигналов, а также инфокоммуникации как направление, которое занимается вопросами создания, хранения, обработки и транспортировки информационных ресурсов на основе компьютерных и сетевых технологий.

В соответствии с моделью OSI, ее низовые уровни: физический (сигнальный), канальный (доступа), сетевой (низовых сетей), транспортный (иерархических сетей) – должны охватывать три специальности направления подготовки Телекоммуникации, который целесообразно вывести из существующей области знаний 0509.

Специальность подготовки магистров и специалистов Телекоммуникационные системы и сети имеет своим объектом деятельности технологии обеспечения абонентского доступа и транспортировки информационных потоков с использованием электрических сигналов в действующих телекоммуникационных системах и сетях, а также в сетях следующих поколений. В основе этой специальности – архитектуры современных и перспективных сетей передачи информации с помощью электрических сигналов. Поэтому особенное внимание уделяется изучению свойств электрических сигналов как носителей информации и решению системных вопросов формирования инфраструктуры телекоммуникаций. Ключевая роль отводится технологиям, которые стандартизированы Международным союзом электросвязи как технологии для сетей следующих поколений.

Специальность подготовки магистров и специалистов Технологии и средства телекоммуникаций имеет своим объектом деятельности технологии и программно-

технические средства, которые обеспечивают передачу и прием информации с помощью сетей цифровой связи и систем коммутации, телекоммуникационных устройств стационарной и мобильной связи, в том числе терминального оборудования. Она логично дополняет направление подготовки Телекоммуникации знаниями относительно реализации свойств электрических сигналов в тех средствах, из которых создаются компоненты всех известных систем телекоммуникаций. Обе отмеченных специальности действуют, и целесообразность их сохранения в направлении Телекоммуникации является очевидной.

Интеллектуальная компонента самых современных средств телекоммуникаций должна быть представлена в направлении Телекоммуникации новой специальностью подготовки магистров и специалистов Программное обеспечение телекоммуникационных систем. Объектом специальности являются программные средства и платформы разработки и функционирования телекоммуникационных устройств и систем. Благодаря знаниям по этой специальности средства и системы телекоммуникаций получают возможность быть реализованными на основе программных и программно-технических средств, благодаря чему удастся достичь лучших показателей производительности и своевременности на принципиально новых технологических принципах, которые сегодня стали неотъемлемой составляющей построения новейших средств телекоммуникаций.

Проблема исследования телекоммуникационных систем на основе эталонной модели OSI заключается в том, что разные модели являются настолько автономными, что их задания не пересекаются. Соответственно, и общая реализация системы построена таким образом, что специалисты, которые исследуют особенности того или другого уровня модели, оперируют категориями внутри своего пространства знаний о системе и не обращаются к проблематике состояния других уровней.

Решить отмеченную проблему возможно на основе принципов системного подхода к анализу и синтезу современных информационно-телекоммуникационных систем с использованием такой объединительной категории, как информация. Именно информационный подход к оценке систем передачи информации является объективным при сравнительном анализе и синтезе новых информационно-коммуникационных технологий.

Поэтому высшие ровные модели OSI: сеансовый (диалоговый), представительский (формализирующий), прикладной (пользовательский) – должны охватывать специальности нового направления подготовки Инфокоммуникации, которое целесообразно конкретизировать тремя специальностями, одна из которых должна заменить существующую специальность.

Для специальности подготовки магистров и специалистов Информационно-коммуникационные технологии объектом являются набор технологий, которые имеют систему управления и обеспечивают конвергенцию сетевых технологий в единую технологию информационно-коммуникационных сетей с обеспечением надлежащего качества обслуживания. Конвергенция сетевых технологий и услуг является одним из важнейших признаков сетей следующих поколений. Поэтому знания за этой специальностью направлены на освоение самых современных и перспективных технологий.

Логично дополнять направление подготовки Инфокоммуникации должна специальность подготовки магистров и специалистов Информационно-коммуникационная инфраструктура, объектом деятельности которой является инфраструктура предоставления полного спектра услуг, которая являются взаимоувязанной совокупностью глобальных и региональных компонент, построенных на современных стандартах, протоколах, алгоритмах и средствах, а также технологиях их проектирования и поддержки деятельности телекоммуникационных предприятий, в том числе технологий дата-центров, "облачных", сервис-ориентированных. В этой специальности соединены знания о содержании услуг, необходимых пользователю, и о той инфраструктуре, которая обеспечивает предоставление соответствующих услуг.

Поскольку самым известным и самым распространенным примером открытой системы является глобальная информационно-телекоммуникационная инфраструктура Интернет, то, соответственно, уместной в новом перечне специальностей направления Инфокоммуникации должна стать специальность подготовки магистров и специалистов Интернет-базированные информационные системы и технологии предоставления услуг. Она имеет своим объектом деятельности информационные системы, ориентированные на Интернет, и технологии поддержки их функционирования, в том числе социальные сети, е-обучение, е-медиа, информационные порталы. Знания из этой специальности дают возможности специалистам создавать, хранить, обрабатывать информационные ресурсы в интернет-среде, организовывать обмен этими ресурсами. Эту специальность предлагается ввести на замену действующей специальности из направления Телекоммуникации, которая сегодня имеет название Информационные сети связи.

Следовательно, направления подготовки Телекоммуникации и Инфокоммуникации новой области знаний Информационно-телекоммуникационные технологии и системы исчерпывают современные проблемы объединения всех уровней эталонной модели взаимодействия открытых систем через информацию как общий объект ее создания, хранения, обработки, транспортировки и предоставления пользователям. Одновременно регламентирование в контексте создания информационно-телекоммуникационных систем осуществляется через технологии, которые разрознены уровнями эталонной модели.

Направлением подготовки в пределах области знаний Информационно-телекоммуникационные технологии и системы, которое не связано с использованием электрических сигналов, является действующее направление Сети и системы почтовой связи. Существующие специальности подготовки магистров и специалистов по этим направлениям: Оборудование и технологии почтовой связи и Автоматизированные системы управления и контроля почтовой связи – дают специалистам этих направлений возможности реализовать альтернативный способ транспортировки информации средствами разветвленной и современной системы почтовой связи. Поэтому это направление и его специальности целесообразно изъять из действующей области знаний 0509 и без изменений перенести в новую отрасль.

Таким образом, создание новой отрасли знаний Информационно-телекоммуникационные технологии и системы будет отвечать современным требованиям к обеспечению стратегии развития на основе концепции информационного общества, в котором технической основой становится решение задач создания, хранения, свободного обмена в неограниченном пространственном ресурсе значительных объемов информации, двигающейся от источников к многочисленным потребителям. Именно специалисты новой отрасли знаний всесторонне обеспечат реализацию этой концепции.

УДК 621.391

НОВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В СФЕРЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ: ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ильченко М.Е., Кравчук С.А.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ"
E-mail: sakravchuk@ukr.net

New specialization of a professional training in telecommunications: the Software of telecommunication systems

New specialization of a professional training in telecommunications which demand to form the specialist possessing skills, both the programmer, and the engineer of a telecommunication profile is presented. Advantages of such specialization, difficulty of its creation and a way of their overcoming are resulted.

Современное развитие отрасли телекоммуникаций характеризуется усиливающейся конвергенцией отрасли с компьютерными и информационными технологиями и, как следствие, все большим наполнением телекоммуникационных систем программными средствами. На такое усиление и насыщение программными средствами должна отреагировать и образовательная сфера подготовки специалистов телекоммуникационного профиля.

До настоящего времени сохранялась независимая узкоспециализированная подготовка программистов и телекоммуникационщиков. Подготовка специалистов программного направления сосредоточена, главным образом, на двух направлениях подготовки: фундаментальной универсальной и прикладной. Наиболее востребованным к настоящему времени стало именно прикладное направление, получившее название программной инженерии. Она осуществляет разработку систематических моделей и надежных методов производства высококачественного программного обеспечения, и при этом каждый программный инженер имеет глубокие знания относительно всех аспектов компьютинга. Такая подготовка дает программному инженеру возможность работать в сопредельных с программной инженерией областях деятельности – компьютерной инженерии, компьютерных науках, разработки и применении информационных систем. Существует достаточно мощная образовательная сфера подготовки кадров в области Информационных технологий (ИТ) (специализации: компьютерные системы и сети, системная инженерия, специализированные компьютерные системы специального назначения, компьютерные технологии информационные управляющие системы и технологии, программная инженерия, специальная информатика, информационные технологии проектирования и пр.) Программные инженеры на данное время и в ближайшем будущем наиболее конкурентоспособны не только на рынке работы Украины, но и любой стране мира.

Однако работа программиста в областях деятельности, требующих высокого уровня специальной подготовки, к каким относятся и телекоммуникации, затруднительна и часто превращается во второстепенную роль исполнителя, а не разработчика телекоммуникационных систем. С другой стороны, недостаточный уровень программистской подготовки инженера направления телекоммуникаций не позволяет ему разрабатывать и сопровождать функционирование современной телекоммуникационной системы, которая все больше строится на основе программируемых средств.

Таким образом, в настоящее время встает задача формирования специалиста, владеющего технологиями программной инженерии и телекоммуникаций, способного создавать программное обеспечение всех уровней модели открытых систем в их взаимосвязи

для обеспечения функционирования и производства телекоммуникационных систем и сетей. В соответствии с имеющимися направлениями и специальностями подготовки кадров программной инженерии такую новую специализацию, по мнению авторов, уместно назвать «программное обеспечение телекоммуникационных систем».

В чем же особенность и потребность в такой специализации?

Телекоммуникации представляют собой все способы передачи и приема разного вида информации с помощью проводовой, радио, оптической или других электромагнитных систем. Реализацию передачи и приема информации осуществляют телекоммуникационные системы (ТКС), которые строятся согласно телекоммуникационным технологиям, а те в свою очередь обеспечивают технику реализации принципов и способов такой передачи и приема информации, и на основе специализированного программного обеспечения, которое позволяет непосредственно создавать программированные цифровые аппаратные модули систем и реализовать протоколы и процедуры функционирования ТКС и их подсистем.

В последнее время при создании ТКС все большее внимание отводится универсальности используемых решений, повышению их степени интеграции и функциональной наполненности, которое вылилось в появление концепции «радио, которое определяется программно» SDR (Software Defined Radio). Концепция SDR предусматривает замену всего разнообразия существующих и разрабатываемых конструкций приемо-передающего оборудования на ограниченное количество доступных аппаратных блоков, которые работают под управлением программного обеспечения. Это приводит к упрощению и удешевлению конечного продукта, существенному улучшению характеристик, поддержке любых видов модуляции, помехоустойчивого кодирования, реализации сложных алгоритмов цифровой обработки, появлении большого количества дополнительных сервисных функций. Разработка конечного продукта существенным образом ускоряется, поскольку программное обеспечение может совершенствоваться одновременно разными группами разработчиков в рамках единой аппаратно-программной платформы.

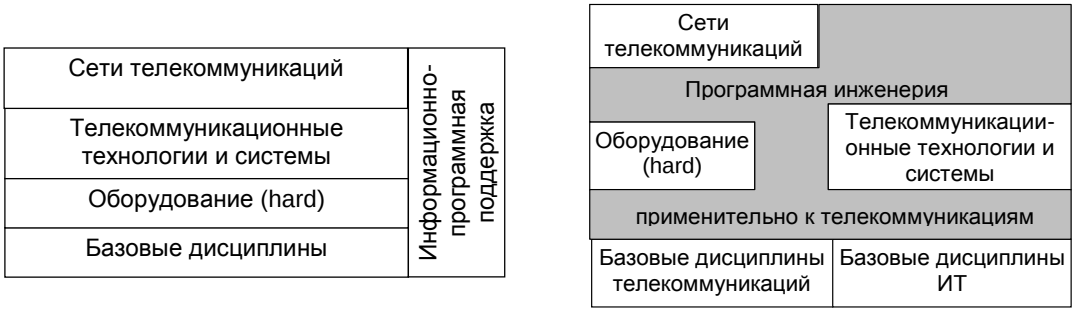
Кроме этого, широкое распространение получила разработка специализированного программного обеспечения для создания протоколов реконфигурированных ТКС. При этом приобретают решения по созданию телекоммуникационных сетей следующего поколения NGN (концепция softswitch) и распределенных сетей с самоорганизацией.

Таким образом, создание и функционирование современных телекоммуникаций все в большей мере опирается на специализированное программное обеспечение, которое позволяет объединять современные компьютерные средства с узлами и подсистемами ТКС, при этом повышая их производительность и предоставляя возможность создания многофункциональных, многостандартных открытых телекоммуникационных мультисервисных платформ.

В этой связи, на данное время в зарубежных учебных и научных центрах телекоммуникационного и информационного профиля важность приобретает направление так называемой «инженерии программного обеспечения телекоммуникаций» (Telecommunication Software Engineering) [1].

Реализация специализации «программное обеспечение телекоммуникационных систем» сопряжено с рядом трудностей, основным из которых является определение оптимального соотношения между дисциплинами, предназначенными для обучения информационным и телекоммуникационным технологиям. В сложившейся системе обучения кадров телекоммуникационного профиля, на примере бакалавраты кафедры телекоммуникаций ИТС НТУУ «КПИ», дисциплины ИТ выделены в отдельном блоке «информационно-программной поддержки» (рис. 1, *а*), который изучается параллельно курсам телекоммуникационного профиля и служит необходимой поддержкой для реализации тех или иных практических приложений, изучаемых в основных курсах [2]. В блок «информационно-программной поддержки» входят дисциплины: информатика, прикладное программирование в телекоммуникационных системах (программирование на языке Java, программирование

Интернет-приложений, серверные программные средства (Perl, PHP, платформа .NET)), программные средства телекоммуникационных систем (система инженерных и научных вычислений MatLab, специализированные программные пакеты анализа систем, программирование аппаратных средств) и информационное обеспечение телекоммуникационных систем (базы данных, технологии распределенных систем, сетевые операционные системы), которых, однако, не достаточно для качественной подготовки программиста.



а *б*

Рис. 1.

Новая специализация строится на системном подходе, который основывается на взаимосвязи между положениями теории, методами, алгоритмами и непосредственно программным продуктом. Другими словами, весь процесс обучения представляет собой структурированную логическую схему, выраженную при помощи средств управления программными проектами, прозрачно доступную как преподавателю, так и студенту, определяемую, например, на языке универсального моделирования UML, всю структуру дисциплин и их положений (рис. 1, *б*). Именно такой подход должен позволить оптимально выбрать соотношение между той или иной дисциплиной по ее содержанию и объему. При этом стержнем обучения для всех предметов становится практика прикладного программирования, которая постоянно развивается в процессе изучения как ИТ-дисциплин, так и дисциплин телекоммуникационного профиля, причем, последние должны претерпеть существенную доработку по своей логике изложения и практической отработки теоретических положений при помощи различного программного обеспечения. В данном случае, мало изложить теорию метода, ее нужно довести до алгоритма, конечного программного продукта. Очевидно, такой подход к изучению дисциплин будет в скором времени преобладать во всех образовательных программах технического профиля.

Новая специализация подготовки кадров основной акцент делает на следующих направлениях: низкоуровневое программирование аппаратных модулей и узлов SDR; программная реализация узлов аппаратной части систем сотовой мобильной связи; моделирование и автоматизирование проектирование устройств и систем; реализация сетевых алгоритмов и протоколов; создание программных модулей управления функционированием систем и сетей, включая процедуры поддержания мобильности в беспроводных сетях доступа и биллинговых системах; средства тестирования и сбора статистики о работе телекоммуникационной сети; администрирование и проектирование сетей; средства безопасности для доступа и передачи данных в телекоммуникационной сети.

Литература

1. Rupp S., Siegmund G. Telecommunication Software Engineering. – Stuttgart, 2006. – 322 p.

2. Ilchenko M., Bunin S., Kravchuk S. A General Modular Construction of Educational Disciplines for Preparation of Bachelors in „Telecommunication“ Discipline // Proc. of International Conf. TCSET’2008 „Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science”, February 19–23, 2008. Lviv-Slavsko, Ukraine.– Lviv, 2008. – P. 645.

УДК 004.822

ПРОНИКНЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ГАЛУЗЬ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Глоба Л.С., Кот Т.М.
Науково-дослідний інститут телекомунікацій НТУУ «КПІ»
E-mail: lgloba@its.kpi.ua

IT integration into the telecommunications

In the paper integration IT and telecommunications through new standards, protocols, technologies and platforms of the telecommunication operators is described.

В сфері інформаційно-телекомунікаційних технологій (ІКТ) і створюваних на їх засадах системах тісно переплітаються завдання формування, зберігання, вільного обміну в необмеженому просторовому ресурсі значних обсягів інформації, які рухаються від джерел до багаточисельних споживачів. Головним тут слід рахувати тенденцію до злиття раніше незалежних один від одного технологій: інформаційних і телекомунікаційних. Наслідком реалізації базового напряму еволюції є технологічна конвергенція, тобто формування єдиної інтегрованої інформаційної платформи на основі злиття телекомунікаційної, комп'ютерно-електронної, аудіовізуальної техніки, і як наслідок - урізноманітнення інформаційних послуг.

Набуває швидкого розвитку процес створення потужних дата-центрів, «віртуальних» підприємств, розташованих в «хмарах», які надають повний спектр сучасних послуг пошуку, збереження та обробки інформаційних та обчислювальних ресурсів як проблемно-орієнтованих сервісів кінцевих користувачів. Розміщення зазначених сервісів з ефективним доступом до них неможливе без застосування сучасних телекомунікаційних технологій та систем.

Одним із важливих інструментів, що об'єднує підприємства електрозв'язку та їх постачальників з метою вироблення стандартів, рекомендацій та моделей для інформаційних технологій у телекомунікаційній галузі, є галузева некомерційна асоціація TM Forum (англ. Tele Management Forum) [1].

В рамках асоціації розроблені важливі міжнародні рекомендації, які включають:

1) Frameworx, раніше NGOSS (англ. New Generation Operation System and Software) [2, 3] — концепція побудови прикладного програмного забезпечення для операційної діяльності телекомунікаційних підприємств, призначена як для розробників, постачальників та інтеграторів програмних систем, так і для самих підприємств;

2) eTOM (англ. Enhanced Telecom Operations Map) [4] — референтна розширена структурна модель бізнес-процесів підприємств електрозв'язку;

3) TNA (англ. Technology Neutral Architecture) — технологічно нейтральна архітектура для NGOSS, є постачальником структур і конструкцій, необхідних для підтримки процесів аналізу, проектування, розробки та розгортання програмних рішень, основаних на NGOSS.

4) SID — референтна модель даних для прикладного програмного забезпечення операторів зв’язку;

5) TAM — референтна карта прикладного програмного забезпечення в телекомунікаційній галузі.

Метою концепції Frameworx є визначення стандартів для бізнес-процесів операторів, форматів даних, що використовуються в системах управління та інтерфейсів взаємодії з середовищем, в яке інтегруються окремі програмні компоненти. Концепція Frameworx включає в себе моделі eTOM, SID, TAM і TNA та є комплексною методологію розробки,

впровадження, експлуатації та розвитку систем підтримки операційної та управлінської діяльності оператора зв'язку (OSS / BSS [5]). З її допомогою можна інтегрувати в єдину архітектуру бізнес-вимоги та технічні аспекти діяльності оператора зв'язку, автоматизувати бізнес-процеси в гетерогенних IT-середовищах, побудувати єдину інформаційну інфраструктуру, строго орієнтовану на виконання бізнес-завдань телекомунікаційної компанії. Використання інструментів і методологій життєвого циклу Frameworx може значно сприяти досягненню успіху в ефективному управлінні компанією зв'язку.

Розширена карта процесів діяльності телекомунікаційної компанії (eTOM) є базою для аналізу та проектування бізнес-процесів в галузі зв'язку та орієнтиром у разі проектування та розробки рішень OSS / BSS. Це еталонна модель, або архітектура бізнес-процесів, призначена для постачальників послуг зв'язку.Є складовою частиною Frameworx. Архитектура eTOM має наступні особливості:

- eTOM – це еталонна архітектура, враховує бізнес-процеси, можливі в діяльності телекомунікаційної компанії;
- при розробці eTOM акцент зроблено на зв'язках між процесами, визначенні інтерфейсів між ними і спільне використання різними бізнес-процесами інформації про клієнтів, послуги, ресурси і т.д.;
- в eTOM враховані взаємодії із зовнішнім середовищем: клієнтами, партнерами, постачальниками, регулюючими органами та ін.;
- eTOM відрізняє універсальність і відкритість, вона застосовна до будь-яких мережних технологій, послуг і типів компаній;
- eTOM інтегрується з іншими моделями, що широко застосовуються: ITIL (IT Infrastructure Library) [6], RosettaNet [7] та ін;
- eTOM постійно вдосконалюється, в основу її принципів побудови покладено досвід провідних підприємств галузі.

Основне завдання технології TNA відокремлення бізнес-логіки та компонент реалізації для можливості повторного використання бізнес-логіки і незалежності бізнес-процесів від конкретних програмних рішень. Вона регламентує такі аспекти побудови програмного забезпечення як використання єдиних інтерфейсів між програмними компонентами, розподілену архітектуру та спільну мережуа передачі даних, керування політиками та бізнес-процесами. Архітектура TNA не задає спосіб чи набір технологій для реалізації програмного забезпечення, а формує загальні принципи, яким повинна відповідати система, що розробляється.

Референтна модель даних SID, розроблена TM Forum з метою стандартизації використовуваних в галузі онтологій, понять, досягнення домовленості про взаємозв'язок сутностей, інформаційних потоків. Використання даної моделі розробниками інформаційних технологій для електрозв'язку повинно забезпечити більш природну і прозору інтеграцію різних програмних компонент, дозволить знизити ризики онтологічних помилок в інтеграційних проектах.

TAM представляє референтну модель угрупування процесів і класів прикладного програмного забезпечення в рамках концепції Frameworx, що дозволяє,зокрема вбудувати в концепцію Frameworx різні прикладні програмні продукти. TAM виділяє сім роздільних функціональних ніш верхнього рівня для пакетів прикладних програм на підприємстві електрозв'язку:

- керування збутом та маркетингом;
- керування продуктами та послугами;
- абонентське обслуговування;
- сервісне обслуговування;
- керування ресурсами;
- керування взаємовідносинами з поставниками;

— керування підприємством.

Орієнтація на приведені міжнародні рекомендації дозволить підприємствам галузі телекомунікацій, освітнім установам, та розробникам телекомунікаційних технологій використовувати сучасні підходи та моделі, що застосовуються в процесі розробки інформаційно-обчислювальних ресурсів, апаратно-програмних систем, персоналізованих розподілений послуг та інших інформаційних складових даної галузі.

Посилання

1. TM Forum [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.tmforum.org
2. Джон Райли. NGOSS. Построение эффективных систем поддержки и эксплуатации сетей для оператора святи [пер. с англ.] / Джон Райли, Мартин Кринер. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. — 192 с.
3. The NGOSS Technology-Neutral Architecture [TMF 053, Public evaluation, Version 3] [Електронний ресурс] // TeleManagement Forum. – 2003. – 67 p. - Режим доступу: http://www.piramidedigital.com/Documentos/TEL/pdtelecomngostechnology.pdf
4. TMF GB 921: Business Process Framework (eTOM) Suite: Release 11.5 [Електронний ресурс] /TeleManagement Forum. – October 2011. - Режим доступу: http://www.tmforum.org/Guidebooks/GB921BusinessProcess/47038/article.html
5. Jithesh Sathyan. Fundamentals of EMS, NMS and OSS/BSS. [1 edition] / Jithesh Sathyan. – Boca Raton: Auerbach Publications, 2010. - 588 pages.
6. IT Infrastructure Library [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.itil.org
7. RosettaNet [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.rosettanet.org/

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕЙ БУДУЩЕГО FN (FUTURE NETWORKS)

Кривуца В.Г., Беркман Л.Н., Яцук П.П.
Государственный университет информационно-коммуникационных технологий
berkman@duikt.edu.ua

В статье рассмотрена актуальная задача: выбор методов исследования показателей качества сети FN, определяющих вероятностно-временные характеристики услуг.

До недавнего времени рассуждая о реализации концепции Глобальной информационной инфраструктуры мы непременно останавливались на концепции NGN. Именно NGN позволит обеспечить главную цель: возможность предоставления любой услуги, любому абоненту в любое время в любом месте за приемлемую оплату. После появления публикаций, описывающих NGN, а теперь – рекомендации МСЕ У 3001, понятно, что именно FN (как определено в рекомендации) является сетью, позволяющей реализовать в полной мере концепцию ГИИ. В рекомендации достаточно подробно освещены принципы построения FN, ее особенности с точки зрения технических решений, качества и эффективности внедрения услуг для операторов и пользователей.

В настоящее время эффективным является выбор методов, позволяющих одновременно получить достаточно простые алгоритмы для оценки основных параметров в нормальном и критическом режимах, а также алгоритмов, позволяющих оценить эти параметры с высокой точностью (ошибка менее допустимых значений для нормального функционирования).

Естественным при основном исследовании FN необходимо реализовать оптимальное проектирование, т.е. метод многокритериальной оптимизации (векторного синтеза). Это позволит определить лучшие параметры сети по результирующему критерию.

Как известно, при оптимизации параметров варьируется совокупность (вектор) $x = \langle x_1,...,x_n \rangle$ параметров системы S и требуется выбрать такое значение X этой совокупности, при котором вектор $K = \langle k_1, k_2,...,k_m \rangle$ имеет наилучшее (в смысле выбранного критерия предпочтения) значение. В общем случае каждый из показателей качества $k_1,...,k_m$ может зависеть от всех n параметров:

$$\left.\begin{aligned} K_1 &= F_1(x_1,\ldots,x_n) \\ &\ldots \\ K_m &= F_m(x_1,\ldots,x_n) \end{aligned}\right\}.$$

Эти зависимости обычно называют целевыми функциями.

В силу наложенных ограничений Os параметры $x_1,...,x_n$ должны удовлетворять некоторым ограничениям типа равенств, неравенств и дискретности. При этом в общем случае ограничения типа равенств или неравенств накладываются не только на значение каждого из параметров в отдельности, но и на связи между ними.

Задача оптимизации параметров состоит, как известно, из двух основных этапов. На первом (предварительном) этапе, исходя из совокупности условий и ограничений исходных данных, находят вид целевых функций и функций связи. При этом, очевидно, желательно иметь исходные данные о структуре системы, которые, которые можно рассматривать как часть условий или ограничений.

На втором (основном) этапе проводят оптимизацию параметров системы, т.е. определяют такое значение $\hat{K} = \langle \hat{x}_1,\ldots,\hat{x}_n \rangle$ совокупности параметров системы, которое

удовлетворяя заданным ограничениям, обеспечивает наилучшее значение вектора $K^{'} = \langle k_1,\ldots,k_m \rangle$ показателей качества.

Для исследования инфокоммуникационной сети FN более существенно при оптимизации параметров задачу свести к исследованию поведения целевых функций, т.е. функций конечного числа переменных $x_1,...,x_n$ при учете ограничений, накладываемых на эти переменные.

Рассмотрим формулировку задачи оптимизации параметров в m-мерном пространстве R^m показателей качества.

При оптимизации параметров, кроме пространства R^m показателей качества $k_1,\ldots,k_m$ можно рассматривать также пространство варьируемых параметров R^n и ограничений R^q.

Однако, в процессе оптимизации рассмотрение в пространствах R^n и R^q носит лишь вспомогательный (промежуточный) характер, так как окончательное решение о выборе системы может быть принято лишь после рассмотрения возможных значений вектора $K = \langle k_1,\ldots,k_m \rangle$ в пространстве R^m. Отметим, что ситуация в пространстве R^m имеет много общего для всех трех случаев оптимизации: дискретного выбора, оптимизации параметров и синтеза структуры. Рассмотрение же в пространствах R^n и R^q характерно лишь для оптимизации параметров.

При оптимизации параметров, каждый вариант S построения системы или каждая система S полностью определяется совокупностью $x = x\langle x_1, x_2,\ldots,x_n \rangle$ значений своих параметров, т.е.

$$S = S(k) = S(x_1, x_2,...,x_n).$$

В свою очередь, каждой системе S соответствует определенное значение вектора $K = \langle k_1,\ldots,k_m \rangle$ показателей качества.

Будем полагать что зависимость между S и K взаимооднозначная и обозначим ее

$$K = K^{'}(S).$$

Тогда в пространстве R^m показателей качества каждой системе S будет соответствовать одна и только одна точка $A(S)$, в которой вектор определяет оптимальные параметры сети. Отметим, что при синтезе FN сетей приходится учитывать, что эта система подвержена ряду возмущений, являющихся случайными процессами или .случайными величинами. Для каждой реализации ξ этих возмущений можно ввести условный показатель качества k_ξ, который зависит не только от параметров системы $x_1,\ldots,x_n$, но и от случайной величины (или случайного процесса) ξ т. е.

$$k_\xi = F_\xi(x_1,...,x_n;\xi).$$

Например, при оценке качества воспроизведения сообщения x можно полагать

$$k_\xi = \varepsilon^\xi = (\gamma - x)^2,$$

где γ – результат воспроизведения системой сообщения $x;\varepsilon$ – ошибка воспроизведения сообщения. Но качество системы нельзя характеризовать случайной величиной, поэтому за показатель качества часто принимают математическое ожидание величины k_ξ т. е. полагают, что

$$k = Mk_\xi.$$

Если ξ – непрерывная случайная величина с плотностью вероятности $\omega(\xi)$, то

$$k = \int_{A_\xi} \omega(\xi) k_\xi d\xi,$$

где A_ξ – область всех возможных значений ξ. Имеем

$$k = \int_{A_\xi} \omega(\xi) F_\xi(x_1,\ldots,x_n;\xi)d\xi .$$

Если закон- распределения $\omega(\xi)$ известен, то после интегрирования получается

$$k = F(x_1,\ldots,x_n),$$

т. е. показатель качества является известной функцией параметров $x_1,\ldots,x_n$ системы, и задача оптимизации параметров $x_1,\ldots,x_n$ сводится к известным решенным задачам.

Однако в ряде случаев вид распределения $\omega(\xi)$ априори (т. е. до начала синтеза) не известен, а если и известен, то выражение оказывается слишком сложным, так что получить в явном виде зависимость не удается или процедура ее отыскания слишком сложна. В таких случаях может оказаться целесообразным применение процедуры, так называемой стохастической аппроксимации. Эту процедуру можно рассматривать как распространение градиентных методов на ситуации, в которых необходимо учитывать наличие случайных возмущений ξ. При этом оптимальное значение x вектора параметров $x = \langle x_1,\ldots,x_n \rangle$ можно искать, например, по следующему дискретному алгоритму

$$x[k] = x[k-1] - \Gamma[k]\nabla F_\xi(x[k-1],\xi[k]).$$

Здесь $\nabla F_\xi = \{\partial F_\xi / \partial x_1,\ldots,\partial F_\xi / \partial x_n\}$ – градиент функции F_ξ.

Представленный алгоритм отличается от обычной процедуры градиентного метода лишь тем, что в данном случае функция F_ξ, а следовательно, и ее градиент ∇F_ξ имеют случайные реализации. Однако в теории стохастической аппроксимации доказывается, что при надлежащем выборе весовой матрицы $\Gamma[k]$ (или весового коэффициента $\gamma[k]$), а также при выполнении некоторых дополнительных обычно имеющих место условий обеспечивается сходимость (с вероятностью единица) величины $x[k]$ к значению, соответствующему экстремуму (в общем случае — локальному) показателя качества. [При этом полагается, что если возмущение ξ является случайным процессом, то этот процесс стационарен, а $\xi[k]$ – последовательные (во времени) выборочные значения этого процесса.]

Если заранее вычислить градиент ∇F_ξ не удается [например, из-за недифференцируемости по x функции $F_\xi(x,\xi)$], он может быть найден приближенно из измерений на макете системы (если таковой существует) или на ее электронной модели. Как и в случае обычных градиентных методов, вместо дискретного алгоритма можно применять также аналоговый алгоритм, например следующего вида:

$$dx/dt = -a(t)\nabla F_\xi(x,\xi),$$

где весовая функция $a(t)$ играет ту же роль, что и в алгоритмах, определяющих результирующую субъективную целевую функцию.

Литература

1. Кривуца В.Г. Імітаційне моделювання та прогнозування.- Підручник для ВНЗ.– К.,1999.– 150с.
2. Кривуца В.Г., Барковський В.В., Беркман Л.Н. Математичне моделювання телекомунікаційних систем. – Навч. посібник. – К.: Зв'язок, 2007. – 270 с.
3. Кривуца В.Г., Беркман Л.Н., Климаш М.М. та ін.. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами. – Монографія: у 2 ч. – К.: ДУІКТ, 2009. – 268 с.
4. Кривуца В.Г., Беркман Л.Н., Стеклов В.К. Сучасні цифрові системи комутації. – Підручник. – К.: ДУІКТ, 2010. – 389 с.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ПРИ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АБОНЕНТА

[1]Сундучков К.С., д.т.н., проф., [1]Буртовый С.С., магистрант, [1]Волков С.Э., аспирант, [1]Кубасов И.С., аспирант, [1]Поляков М.В., студент, [2]Сундучков А.К., соискатель, [1]Тихоненко Ю.Ю., аспирант, [1]Фигурная Е.С., магистрант, [1]Ящук А.С., аспирант

1 – Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», k.sunduchkov@gmail.com

2 – GlobalLogic, Kiev, Ukraine, sunduchkov@yahoo.com

В работе на примере интерактивной гетерогенной телекоммуникационной сети (ИГТС), доставляющей сигналы телекоммуникационных услуг 4G мобильным абонентам, движущимся со скоростью до 300 км/ч, рассмотрены проблемные вопросы обеспечения качества предоставления указанных услуг [1].

В стране развивается высокоскоростное движение железнодорожных комфортабельных экспрессов типа «Сапсан», строятся автобаны для высокоскоростных автомобилей. Скорости движения указанных объектов доходят до 300-200 км/ч, соответственно. Время пребывания абонентов в таких мобильных терминалах составляет несколько часов. Есть потребность обеспечения пассажиров телекоммуникационными услугами 4G.

Техническая проблема приема группового (совокупного) сигнала, его обработка и выделение приемником мобильного терминала (МТ) адресной телекоммуникационной услуги состоит в сверхширокой полосе частот спектра, которая значительно больше диапазона рабочих частот элементной базы, которая применяется для цифровой обработки сигналов. Эта граница находиться в районе 1 ГГц. Так, например, длину трассы Киев-Одесса будем считать равной 500км. Если МТ движутся с интервалом 500м, то при движении в обе стороны на одном километре одновременно находиться 4 МТ, а на всей трассе 2000 МТ. Требуемая пропускная способность на участке беспроводного доступа сети для 2000 сигналов адресных услуг может составить десятки Гбит/сек. При скорости передачи сигнала каждой услуги равной 12 Мбит/сек (при КАМ-64) получим занимаемую полосу частот спектром группового (совокупного) сигнала равную 4 ГГц. Несущая частота с такой полосой рабочих частот может находиться примерно в диапазоне частот 40-60 ГГц, где радиус действия соты одной базовой станции (БС) составляет всего несколько сот метров. Отсюда общее их количество составляет тысячи шт. Снижение стоимости БС становится актуальной задачей[1]. Отследить местоположение высокоскоростных МТ на трассе и организовать индивидуальную доставку адресных услуг каждому абоненту очень сложно и дорого. Принята концепция передачи сигналов всех услуг (для 2000 МТ) одновременно каждой БС.

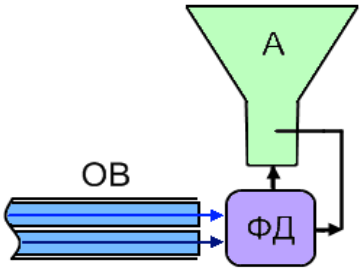
Проблема цифровой обработки принятого сигнала с групповой (совокупной) полосой рабочих частот равной 4ГГц решается путем селективного преобразования частот. Для чего предложено авторами формировать групповой сигнал из нескольких групп OFDM-символов, а в МТ выделять с помощью селективного преобразования один OFDM-символ с полосой рабочих частот всех его поднесущих <<1ГГц. Это позволяет применить цифровую обработку в данном МТ сигнала адресной услуги [2].

Формирование группового сигнала из нескольких групп OFDM-символов предполагает оптимизацию каналообразующей аппаратуры. Авторами разработана математическая модель и метод многокритериальной оптимизации разнородных параметров каналообразующей аппаратуры с использованием интегрального критерия предпочтения [3,4], учитывая компромисс между стоимостью системы, количеством групп модуляторов, эффективностью использования частотного спектра и эффективностью использования выбранного количества поднесущих в OFDM-символах[5].

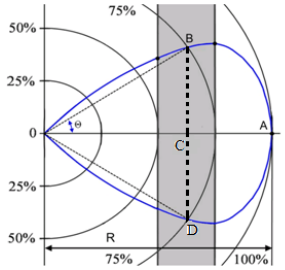
БС сотовой сети в традиционном исполнении в своем составе содержит ряд электронных блоков, например таких как контроллеры, приемопередатчики, устройства,

обеспечивающие включение МТ в сеть, предоставление частотного ресурса для МТ, обеспечение процедуры хэндовера и т.п.

Новая упрощенная БС миллиметрового диапазона функционирует лишь в прямом канале сети от БС к МТ, а приемопередающее устройство ее выполнено как оптико-электрический преобразователь двухлучевого оптического сигнала в радиосигнал диапазона миллиметровых волн. Упрощенная БС миллиметрового диапазона представлена на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1. а) структурная схема конструкции БС диапазона миллиметровых волн (А – антенна; ОВ – оптическое волокно; ФД – фотодиод); б) ось диаграммы направленности антенны БС расположена перпендикулярно к трассе автобана (ОА – ось диаграммы направленности антенны, BCD – ось трассы автобана)

Математическая модель участка беспроводного доступа

Расчет радиолинии участка беспроводного доступа ИГТС позволяет определить зону обслуживания ***d*** на автобане передатчиком БС. Ниже приведена разработонная авторами математическая модель вычисления ***d***:

$$d = 2 \cdot 0,75 \cdot tg\theta \cdot \frac{\frac{c}{f_c}}{4 \cdot \pi} \sqrt{\frac{(\frac{P_{\Sigma нас.}^{ФД}}{2} \cdot K^{ПР} \cdot K_y^{A1} \cdot K^{Д})}{(\frac{2 \cdot A \cdot k \cdot T_ш^{MT} \cdot \Delta f_ш^{MT}}{K_y^{A2}})}},$$

где $P_{\Sigma нас.}^{ФД}$ – уровень мощности насыщения фотодиода, $K^{ПР}$ – потери преобразования 2-х лучей в радиочастоту, K_y^{A1}, K_y^{A2} – коэффициенты усиления антенн, $K^{Д}$ – коэффициент деления мощности сигнала БС на многорупорной антенне, $kT_ш^{MT}$ $\Delta f_ш^{MT}$ – мощность шума МТ, $A = Pc/Pш$ – отношение уровня мощности сигнала к уровню мощности шумов на входе приемника-декодера МТ. Остальные обозначения показаны на рис. 1.

Авторами разработан метод определения энергетических параметров базовых станций и мобильных терминалов. В качестве примера этим методом определена зона обслуживания одной базовой станции равная d=325м.

Выполнена оценка максимальной несинфазности запитки БС на трассе длиной порядка 650 км, которая составляет 1,12 мсек, что удовлетворяет предъявленным требованиям к сети с точки зрения синхронности поступающих на БС сигналов видеотрафика.

С целью определения значения защитного временного интервала в OFDM-символе для снижения межсимвольной интерференции при многолучевости на беспроводном участке авторами разработаны детерминированная и стохастическая модель исследования многолучевости и с их помощью определено, что требуемая величина защитного временного интервала в OFDM-символе для обеих моделей одинакова и равна порядка 6-8мксек[6].

Для борьбы с межканальными помехами авторами разработана математическая модель их расчета, учитывающая эффект Доплера при скорости движения мобильного терминала от 40 до 3000 км/час. С помощью этой модели определены характер изменения

отношения мощности сигнала в информационном канале к мощности шумов в нем (рис.2) в зависимости от скорости движения мобильного терминала, количества поднесущих частот в OFDM-символе, наличия автоматической подстройки частоты (АПЧ) гетеродинного сигнала(рис.3). Для скорости движения мобильного терминала равной 200-300 км/час, при числе учитываемых поднесущих равном 256 отношение $P_c/P_ш \approx 18$дБ, а выигрыш от системы АПЧ составляет 3-4 дБ.

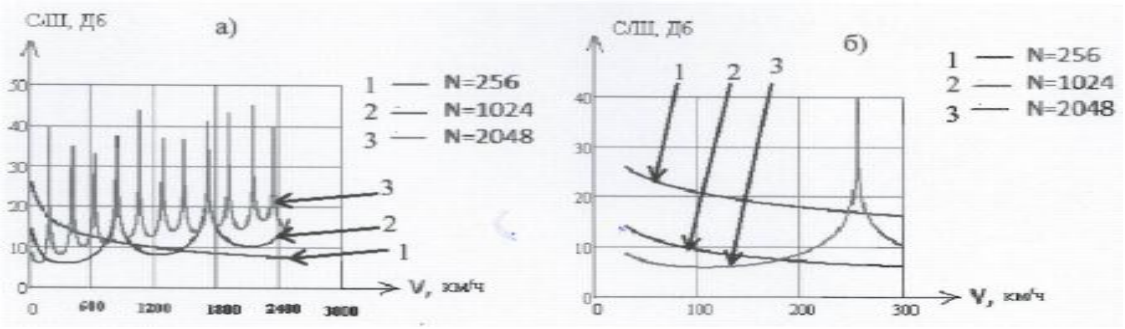
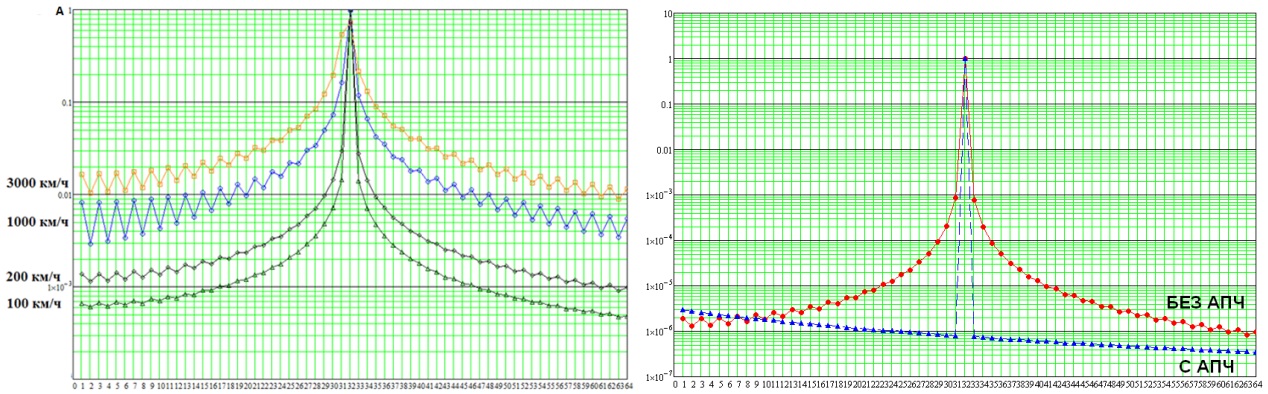


Рис. 2. . Зависимость изменения отношения С/Ш, который вносит эффект Доплера при разных скоростях движения терминала, (N – количество поднесущих).



а) б)

Рис. 3. а) Отклик в информационном канале (№32) амплитуд сигналов каждой поднесущей при разных скоростях движения МТ; б) Сравнение отклика в информационном канале при скорости движения 200 км/час без АПЧ и с АПЧ гетеродина.

Литература

1. М. Е. Ильченко, К. С. Сундучков и др. "Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система 4G с беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентам". Зв`язок. – 2008. – №7-8. – С. 28-32.

2. М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, Б.Н. Шелковников и др. "Проблемы построения мультисервисной распределительной сети доступа к мобильному терминалу абонента, движущегося с высокой скоростью". ж. Электроника и связь,2011г., №2(61), стр. 163-169.

3. Калниболотский Ю.М. Автоматизированное проектирование электронных схем / Ю.М. Калниболотский, К.С. Сундучков, А.И. Солодовник. – К.: Техника, 1987. – 301 с.

4. Сундучков К.С. Оптимизация фрагмента телекоммуникационной сети. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2010. – №2. – С. 36-45.

5. Тихоненко Ю.Ю. Математическая модель каналообразующей аппаратуры гетерогенной распределительной телекоммуникационной сети / Ю.Ю. Тихоненко, К.С. Сундучков // Наукові записки УНДІЗ. – 2011. – №4(20). – с.103-109.

6. Сундучков К.С., Фадеева Е.А., Волков С.Э. "Многолучевость при беспроводном доступе на автобане". Журнал "Зв`язок", №4, 2011г., стр. 63-66.

ЕТАПИ ЕВОЛЮЦІЙНОГО РОЗВИТКУ СИСТЕМИ МІТРІС ТА КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ІНТЕГРОВАНОЇ ТЕЛЕРАДІОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МУЛЬТИСЕРВІСНОГО РАДІО ДОСТУПУ UMDS

Ільченко М.Ю. *- член-кор.НАНУ, д.т.н., проф.*
Наритник Т.М. *- академік УАН, к.т.н*
Науково-дослідний інститут телекомунікацій,
НТУУ «КПІ», м.Київ
О.Г.Войтенко *- СП «Інститут електроніки та зв'язку УАННП»*

Сьогодні еволюція телекомунікаційних мереж іде по шляху розвитку широкосмугового (високошвидкісного) безпроводового доступу (радіо доступу), що забезпечує передачу будь-якого виду інформації і широкого класу мультимедійних застосувань.

Згідно з ініціативою Європейської комісії до 2013 року широкосмуговим радіо доступом мають бути забезпечені всі жителі Європейського Союзу, причому мінімальна швидкість в абонентському підключенні повинна становити не менше 30 МГбіт/с.

Для України задача надання широкосмугового доступу жителям країни із застосуванням новітніх телекомунікаційних і інформаційних технологій при забезпеченні вимог енергозбереження і біологічної безпеки є також надзвичайно важливою.

Вітчизняна система першого покоління такого призначення під назвою МІТРІС (мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система) була створена у 90-х роках у діапазоні частот 11,7-12,5 ГГц. Спочатку МІТРІС використовували для аналогового багатоканального наземного ефірного мовлення з застосуванням частотної модуляції.

Система МІТРІС, як визначне науково-технологічне досягнення занесено в хронічку українського радіо і телебачення в контексті аудіовізуального процесу.

Введення стандарту цифрового телемовлення DVB ознаменувало появу другого покоління систем широкосмугового доступу, яке на відміну від першого, додатково забезпечувало мовлення телепрограм у цифровій формі, симплексну широкосмугову передачу даних і можливість утворення зворотних запитальних каналів від користувачів. Друге покоління – це системи MMDS, LMDS, MVDS і МІТРІС, які були модернізовані для роботи з цифровим сигналом (зазвичай, потоком MPEG), а також ряд нових систем. У цей період систем другого покоління систем широкосмугового доступу значного розвитку набула МІТРІС, конфігурація якої з моменту виникнення зазнала багато істотних змін, і в дію було введено цілий ряд її модифікацій.

Станом на 1 лютого 2012 року в Україні практично у всіх регіонах діє 20 операторів (провайдерів) телекомунікаційних послуг на основі використання мікрохвильової системи типу МІТРІС в діапазоні частот 11,7-12,5 ГГц.

Національна Рада України з питань телебачення і радіомовлення отримала додаткові висновки Українського державного центру радіочастот щодо можливості та умов користування радіочастотним ресурсом телемереж типу МІТРІС ще у 46 населених пунктах України, серед яких більшість міст Дніпропетровської області і АР Крим.

Багаторічна експлуатація системи МІТРІС у містах України, а також за кордоном (Латвія, Грузія, Малайзія, Азербайджан, Росія та інші) довела високу якість і надійність ефективної, екологічно безпечної, ресурсозберігаючої системи багатоканального телемовлення.

Технологічно обумовлена синхронізація системи з цифровим ефірним наземним і супутниковим телемовленням та раціональна інтеграція з мережами кабельного телебачення, іншими інформаційними мережами робить її застосування необмеженим і пріоритетним.

Подальшим розвитком другого покоління таких систем широкосмугового радіодоступу стали інтерактивні дуплексні радіосистеми третього покоління з використанням сучасних технологій модуляції, кодування та механізмів доступу до каналів.

Таку систему під назвою мікрохвильова телекомунікаційна розподільна система МТРС було реалізовано в проекті одностільникової радіомережі частотного діапазону 27,5-29,5 ГГц з метою створення на її основі цифрової мережі передачі інформації з інтеграцією послуг для кампуса НТУУ «КПІ».

Цікавим прикладом системи широкосмугового радіодоступу третього покоління стала розробка на базі технологій MITPIC системи MITPIC-IHT, в якій застосовується технологія DVB-S (Digital Video Broadcasting Satellite) створення єдиної наземної безпроводової платформи для надання послуг цифрового мовлення і широкосмугового мультимедійного доступу.

При подальшому розвитку систем широкосмугового радіодоступу з інтеграцією послуг з'ясувалось, що основні принципи, закладені в безпроводовій системі на попередніх етапах, потребують істотного коригування. На сигнальному рівні першорядного значення набуло оптимальне використання спектрального ресурсу радіоканалу при будь-яких співвідношеннях швидкість передачі/завадостійкість, а на рівні протоколів стало необхідним забезпечувати задану якість обслуговування будь-якого абонента мережі.

Вирішенням проблеми, що виникла, стала розробка системи широкосмугового радіо доступу четвертого покоління – мікрохвильової інтегрованої телерадіоінформаційної системи мультисервісного радіо доступу UMDS, яка базується на раціональному поєднанні технології MITPIC і технології WiMAX. Використання багаточастотної модуляції згідно зі стандартами IEE 802.16 для технології WiMAX досить ефективне при функціонуванні в каналах моделей Райса (при наявності відбитих сигналів) та Релея (при відсутності основного сигналу) і задіяні механізми дозволяють забезпечити передачу в умовах як наявності прямої видимості, так і при її відсутності, тобто забезпечити функціонування мережі з досить високою якістю в умовах міської, приміської та сільської забудови, а також в умовах рухомого абонентського терміналу.

Проектування запропонованої авторами мікрохвильової інтегрованої телерадіоінформаційної системи мультисервісного радіо доступу UMDS включало в себе визначення задач, які вона повинна вирішувати, принципу дії системи, обґрунтування та вибір сигналів, методів їх формування та обробки, конструюванню окремих складових частин системи (пристроїв, блоків, особливо надвисокочастотних, тощо), методів контролю і випробувань, розробку технології виробництва та т.ін. Основна увага при проектуванні була приділена визначенню функціональних характеристик та принципам функціонування системи. При цьому слід забезпечити прийнятну вартість як обладнання системи в цілому, так і абонентського обладнання.

У відповідності із розробленою схемою поділу системи на складові частини та прийнятими технічними рішеннями спроектована мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу UMDS складається із центральної станції і абонентських станцій, а центральна станція включає наступні складові частини:

- підсистему DVB-S
- підсистему 802.16
- систему приймально-передавальну
- системний сервер

Підсистеми DVB-S і 802.16 користувачів до послуг, що базуються на передачі даних, а саме: доступ до послуг Інтернет, доступ до послуг різних інформаційних порталів – дистанційне навчання та інших, обмін повідомленнями між абонентами мережі. Можлива реалізація послуг IP ТВ.

Підсистема DVB-S відповідає за надання послуг по Гаусовому каналу, а підсистема 802.16 надає послуги по каналах в умовах як прямої видимості, так і при наявності відбитих променів.

Ці підсистеми виконують передачу усіх служб в форматі IP пакетів і дозволяють створити мультисервісний доступ. Враховуючи особливості потреби в інформаційних послугах, щільність дислокації абонентів та їх платоспроможність, до складу системи також введена станція телевізійного мовлення в форматі пакетів MPEG-2, що дозволяє абонентам користуватися досить дешевими абонентськими широко розповсюдженими, а значить, дешевими приймачами супутникового сигналу.

Підсистеми DVB-S і 802.16 підключаються до системного сервера для забезпечення повного набору послуг.

Основні характеристики спроектованої системи наведені в таблиці

Таблиця. Основні характеристики системи

№пп	Найменування параметру	Значення
1	Значення центральних частот прямих та зворотних каналів	згідно із отриманим дозволом на використання частотного ресурсу
2	Рознесення центральних частот прямих каналів, МГц	40
3	Ширина спектру сигналу прямих каналів по рівню 3 дБ, МГц не менше	40
4	Рознесення центральних частот зворотних каналів, МГц не більше	3,5
5	Потужність сигналу на виході передавача прямого каналу установлюється відповідно розмірів зони обслуговування та умов в ній і складає	до 50 мВт на канал
6	Потужність сигналу на виході передавача абонентської станції установлюється відповідно розмірів зони обслуговування (зворотний канал), і не перевищує, мВт	20
7	Максимальна сумарна пропускна здатність усіх прямих каналів складає приблизно, Мбіт/с	680
8	Максимальна сумарна пропускна здатність усіх зворотних каналів складає приблизно, Мбіт/с	640
9	Значення бітової помилки при умові завмирань на трасі до мінус 146 дБ в прямому каналі не перевищує	10^{-9}.
10	Значення бітової помилки при умові завмирань на трасі до мінус 146 дБ в зворотному каналі не перевищує	10^{-6}
11	Способи модуляції несучої в прямому каналі	QPSK
12	Завадостійке кодування в прямому каналі	Каскадне: Ріда-Соломона/Вітербі
13	Завадостійке кодування в зворотному каналі	Згорткове (декодування по Вітербі)
14	Способи модуляції несучої в зворотному каналі	BPSK … QAM-64
15	Максимальне число передавальних секторів	12

Отримані результати дозволили спроектувати мікрохвильову інтегровану телерадіоінформаційну систему мультисервісного радіодоступу в частотних діапазонах 10,15-10,65 ГГц, 11,7-12,5 ГГц, що забезпечує її функціонування із прийнятною якістю в зоні обслуговування із міською та приміською забудовою радіусом до 10…15 км та на території сільської забудови розміром до 50 км. При цьому забезпечується відносно низька вартість абонентського обладнання та простота розширення зони обслуговування для більш повного покриття послугами, що надаються.

В процесі виконання вказаного дослідження визначено прийнятні характеристики радіоінтерфейсу системи безпроводового доступу в мікрохвильовому діапазоні, яка може забезпечити реалізацію поставленої задачі.

Визначено склад системи, розроблена схема з'єднань системи в основній конфігурації, визначені її технічні та експлуатаційні характеристики.

Розроблено алгоритм розширення зони обслуговування та підвищення ефективності покриття, розроблено проекти технічних умов та настанов з експлуатації на систему.

Подальшими перспективними напрямами досліджень є використання в якості абонентської станції вузла доступу Wi-Fi, за допомогою якого можна створити безпроводову локальну комп'ютерну мережу, що через відповідне обладнання абонентської станції системи UMDS отримує доступ в опорну мережу і доступ до інформаційних ресурсів. При цьому мережа, створена на базі системи UMDS і до складу якої входять центральна станція і абонентські станції, виконує функції опорної мережі з потужною (до 10 Гбіт/с) пропускною здатністю.

Література

1. Згуровский М.З., Ильченко М.Е., Кравчук С.А., Нарытник Т.Н. Микроволновые устройства телекоммуникационных систем. Том 1 К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2003.-648с
2. Якименко Ю.И., Нарытник Т.Н., Галич В.Н., Ксензенко П.Я., Войтович А.Н. Многоканальная система эфирного распределения и приема телевизионных программ в СВЧ диапазоне. Сборник «Электроника и связь», Киев, 1997, с.328-331
3. Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Гряник М.В., Денисенко В.Н., Мальцев С.Б. Микроволновая интегрированная телерадиоинформационная система. Известия ВУЗов «Радиоэлектроника», Издательство НТУУ «КПИ», том 42, №11, 1999, с.40-50.
4. Ільченко М.Ю., Наритник Т.М. Проблеми і перспективи побудови в Україні наземних ефірних мереж цифрового мовлення і широкосмугового безпроводового доступу. Наукові вісті Національного технічного університету України „КПІ" .-2007.-№6.-С.11-16
5. М.Е.Ильченко, Т.Н.Нарытник. Микроволновые телекоммуникационные технологии и биологическая безопасность. Наука и культура, №35, 2010.-с.17-29.
6. Т.Н.Нарытник, М.Е.Ильченко. Микроволновые телекоммуникационные технологии и биологическая безопасность. Наука и культура, №35, 2010.-с.17-39.
7. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу.-К.: НВП «Видавництво «Наукова думка НАН України».-2009.-312 с.
8. Микроволновые технологии в телекоммуникационных системах/Т.Н.Нарытник, В.П.Бабак, М.Е.Ильченко, С.А.Кравчук.-Техніка.-2000.-304с.
9. Мікрохвильова інтерактивна дистрибутивна інформаційна система МІДІС.Патент України на винахід №55296, Бюл.№7 від 15.07.2004 р. з пріоритетом від 23.10.2002 р., авторів Войтенко О.Г., Ільченко М.Ю., Наритник Т.М. та інші.
10. MITRIS – Microwave Telecommunication Systems M.Ye. Ilchenko, T.N. Narytnik, A.I. Fisun, and O.I. Belous //Telecommunications and Radio Engineering, 67(16):1429-1447 (2008) 1429 ISSN 0040-2508 © 2008 Begell House, Inc.THEORETICAL PRINCIPLESOF TELECOMMUNICATIONS.
11. Микроволновая интерактивная дистрибутивная информационная система «МИДИС» Патент Российской Федерации на изобретение №RU (11) 2308170 (13) C2от 25.07.2007 с приоритетом от 22.10.2003 г.,авторов Нарытника Т.Н.,Войтенко А.Г.,Ильченко М.Е. и др.
12. Згуровський М.З., Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я. Спосіб розширення зони обслуговування безпроводової системи доступу до інформаційних ресурсів з одночастотною модуляцією Патент України на корисну модель №59212, дата публікації 10.05.2011, Бюл.№9, з пріоритетом від 06.10.2010 р.

УДК 621.396.946

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЕНСОРНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ІЗ МОБІЛЬНИМИ КОМПОНЕНТАМИ

Лисенко О.І., Валуйський С.В., Нечипоренко І.О.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: samubf@gmail.com

The operation effectiveness increase of sensor telecommunication networks with mobile components

The ways to improve the operation efficiency of wireless sensor networks with the rapid and unpredictable movement of mobile subscribers are described.

Надзвичайні ситуації природного й техногенного характеру та військові конфлікти, які все частіше мають місце у нашому світі, призводять до повного або часткового виходу з ладу наземної інфраструктури, у тому числі телекомунікаційних споруд (базових станцій стільникового зв'язку, радіорелейних та супутникових станцій, кабельних ліній та ін.). Оперативне забезпечення зв'язку в підрозділах рятувальних бригад та інших мобільних служб у таких ситуаціях можливе шляхом розгортання сенсорних телекомунікаційних мереж (СТМ) із мобільними компонентами. Абоненти таких мереж, оснащені сенсорами різного призначення, можуть вільно переміщуватись в заданому районі та з'єднуватись між собою безпосередньо – у зоні радіо видимості, або із ретрансляцією пакетів через сусідні вузли (тобто виконуючи функції маршрутизації), утворюючи таким чином багатоланкові мережі довільної структури (рис. 1). Збільшення зони покриття СТМ можливо шляхом ієрархічної просторової організації мережі із застосуванням телекомунікаційних аероплатформ (ТА) різних рівнів, що виконують роль ретрансляторів, поєднуючи між собою віддалених абонентів. Особливо актуально застосування телекомунікаційних аероплатформ на основі мініатюрних безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що більш оперативні та економічні на відміну від великих аероплатформ.

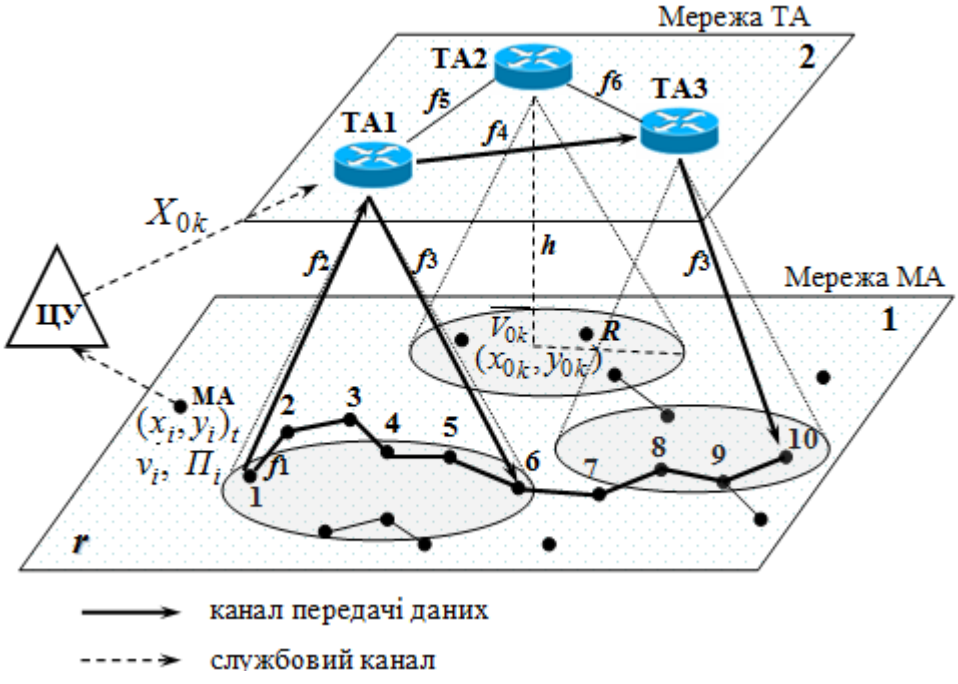


Рис. 1. Приклад архітектури СТМ із використанням мобільними компонентами

Топологія таких мобільних радіомереж носить динамічний характер та постійно розвивається, а отже потребує ефективної системи управління (СУ), що могла б швидко реагувати на структурні та функціональні зміни, забезпечуючи ті чи інші цілі управління. Такими цілями управління можуть бути забезпечення структурної зв'язності, якості маршрутів передачі даних між абонентами (функціональної зв'язності), підвищення пропускної здатності (ПЗ) мережі, зменшення енергоспоживання та ін. Управляючими параметрами у даному випадку можуть виступати потужність передавачів, спрямованість наземних і бортових антен, навантаження, взаємне положення вузлів та ін. Недостатньо розв'язаною на сьогодні є *задача* оптимального оперативного управління положенням множини телекомунікаційних аероплатформ (БПЛА) для підвищення пропускної здатності (ПЗ) мережі із одночасним забезпеченням структурно-функціональної зв'язності мобільних абонентів. Запропоновані на сьогодні методи і моделі, що закладаються в СУ топологією (місцеположенням) ТА, вирішують лише часткові задачі забезпечення структурної зв'язності роз'єднаних компонентів мережі, не враховуючи обмеження ємності канальних ресурсів, розподілу навантаження та обслуговування пакетів в вузлах мережі. Також більшість методів вирішують лише статичні задачі, не враховуючи характер мобільності абонентів та маневреність БПЛА, а отже підлягають вдосконаленню.

В роботі запропоновано метод підвищення пропускної здатності епізодичних радіомереж з управлінням положенням телекомунікаційних аероплатформ в умовах швидкого та непередбачуваного переміщення мобільних абонентів [1]. Відмінність розробленого методу від відомих полягає в тому, що вперше запропоновано об'єднати в єдину обчислювальну процедуру математичні моделі оцінки структурно-функціональної зв'язності мобільних абонентів та удосконалений алгоритм пошуку квазіоптимального положення телекомунікаційних аероплатформ. Суть удосконалення алгоритму полягає в тому, що вдалося уникнути повного перебору варіантів розміщення телекомунікаційних аероплатформ завдяки використанню попередньо розробленої сукупності правил відбору варіантів такої зміни зв'язності мережі, що підвищують її пропускну здатність, а також зменшують час обчислень.

В роботі розглядалося три варіанта системи управління положенням БПЛА:

СУ1 – базова система управління (покриття максимальної кількості вузлів).

СУ2 – система управління на основі методу повного перебору.

СУ3 – система управління на основі запропонованого методу (сукупності правил).

Порядок оцінки ефективності запропонованого методу був наступний:

1) задання топологієї мережі випадковим чином та розміщення БПЛА згідно СУ1, СУ2 та СУ3 (рис. 2);

2) розрахунок пропускної здатності мережі $S(C)$ для кожної СУ. Визначення виграшу СУ2 та СУ3 відносно СУ1 та достовірності результатів кожної відносно методу повного перебору (рис. 3,4);

3) Розрахунок часу пошуку рішення для запропонованого методу (СУ3) та методу повного перебору (СУ2) та порівняння значень із тривалістю зв'язності МА.

Аналізуючи графіки залежності ПЗ мережі від загального навантаження в мережі при різних системах управління можемо бачити, що в діапазоні трафіку 500…2000 пакетів протягом нормованого часу передачі пакету T запропонована система управління положенням БПЛА (СУ3) значно переважають базову систему (СУ1), а в інших діапазонах усі СУ майже однаково неефективні.

Отже, проведена оцінка ефективності запропонованого методу дозволяє зробити наступні висновки:

1) середній виграш запропонованого методу (СУ3 відносно СУ1) при випадковій генерації 100 варіантів початкової топології становить 10-12%;

2) середнє відхилення значення ПЗ (при СУ3) відносно методу повного перебору (СУ2) становить 5-7%;

3) середній час отримання рішення для СУ3 становить 24с на відміну від десятків хвилин для СУ2, що при середній тривалості зв'язності між МА 348с, дозволяє виконувати управління положенням БПЛА в режимі реального часу.

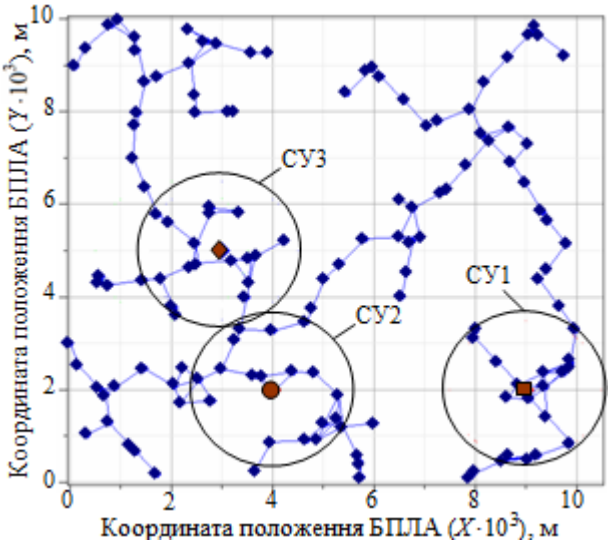


Рис. 2. Початкова топологія мережі із розміщенням БПЛА згідно СУ1, СУ2 та СУ3

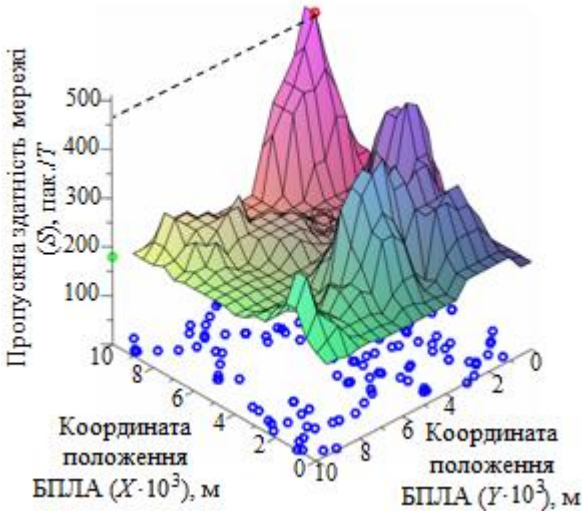
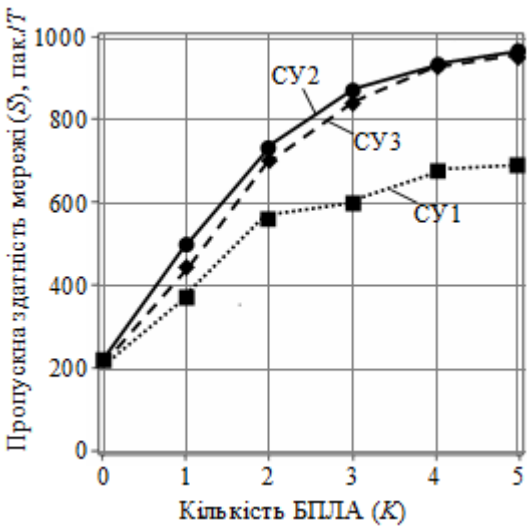
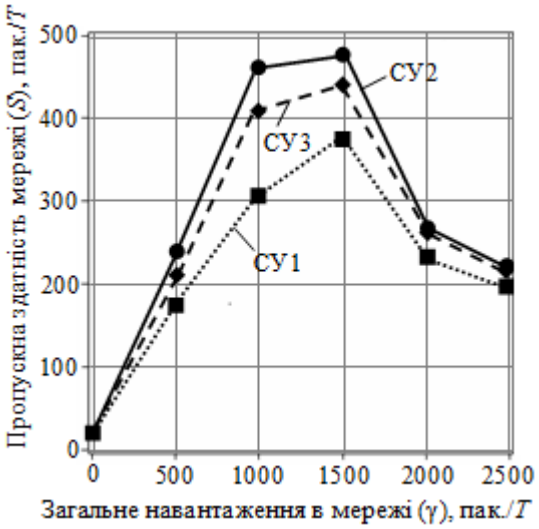


Рис. 3. Залежність ПЗ мережі від координат розміщення одного БПЛА (згідно СУ3)



а)



б)

Рис. 4. Залежність ПЗ мережі від кількості виведених БПЛА (а) та від загального навантаження (б) при різних системах управління положенням БПЛА

Література

1. Лисенко О. І. Метод управління топологією мережі повітряних ретрансляторів для підвищення структурно-інформаційної зв'язності безпроводових епізодичних мереж / О. І. Лисенко, С. В. Валуйський, П. І. Кірчу // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2011. – № 1. – С. 117–126.

УДК 621.391

МОДЕЛЬ ПРІОРИТЕЗАЦІЇ ПОСЛУГ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ

Климаш М.М.,Бешлей М.І.
Національний університет «Львівська політехніка»
E-mail: beshlebmi@gmail.com

The model of prioritization of services for efficient use of multiservice network resources

The method of prioritization of services of multiservice network has been created. The simulation statistical model of the priority service of multiservice traffic with classifier of priorities has been proposed .The parameters and structure of multiservice telecommunication network have been analized on the basis of the simulation model.

Вступ

На сьогоднішній день розвиток галузі телекомунікацій є одним з найбільш інтенсивних. Оператори зв'язку впроваджують нові послуги, що призводить до переходу телекомунікаційних мереж до мультисервісності. Основна задача мультисервісної мережі полягає в забезпеченні співіснування та взаємодії різнорідних інфокомунікаційних підсистем в єдиному транспортному середовищі, а також надання заданої якості обслуговування (Quality of Service, QoS). Для одночасного забезпечення різних вимог параметрів QoS мультисервісних послуг в системі зв'язку необхідно впроваджувати нові алгоритми керування трафіком, які в свою чергу повинні враховувати особливості різних видів послуг і забезпечити ефективне використання ресурсів мережі. Розподіл ресурсів вузлів комутації визначається алгоритмами буферизації пам'яті і наданням пріоритетів послуг та визначення порядку їхньої обробки.

Методика пріоритезації послуг для різних груп користувачів

В роботі запропоновано методику, що базується на формалізованому критерії визначення відносного пріоритету класів трафіку, який враховує вимоги QoS, ймовірність використання послуг та коефіцієнта значимості параметра відносно інших. При цьому виділяється 7 основних послуг, які надає мультисервісна мережа(голос, IPTV, відеоконференції, інтерактивні дані, медіа-за-запитом, інтернет дані, трафік сигналізації).

Отже, оскільки кожен абонент користується різними послугами в різному обсязі, тому для більш ширшого охоплення спектру привабливості певних сервісів для абонента вводимо такий параметр, як ймовірність використання певної послуги. Відносно цього параметру розділимо користувачів на три такі групи:

- група домашніх користувачів(Д);
- група офісних користувачів(О);
- група центрів обробки даних(Ц).

Відносний пріоритет для кожної категорії послуг розраховано за формулою (1):

$$Pvpr_i = \frac{(p_i \cdot Bp_i \cdot Pp + t_i \cdot Bt_i \cdot Pt + j_i \cdot Bj_i \cdot Pj + c_i \cdot Bc_i \cdot Pc)P_{викор}}{\sum_i (p_i \cdot Bp_i \cdot Pp + t_i \cdot Bt_i \cdot Pt + j_i \cdot Bj_i \cdot Pj + c_i \cdot Bc_i \cdot Pc)P_{викор}} \quad (1)$$

де:Рвикор – імовірність використання послуги;
Вр, Вt, Вj та Вс – коефіцієнти значимості послуг;
Рр, Рt, Рj, Рс – відносні коефіцієнти значимості параметрів;
j, t, c, p – відносні узагальнюючі коефіцієнти послуг.

Коефіцієнти Вр, Вt, Вj та Вс, що можуть приймати значення від 1 до 3, де вище значення відповідає більшій значимості певного параметра якості обслуговування для даної категорії сервісу. Методика може бути використана для розмежування черговості обробки

класів трафіку мультисервісних мереж з використанням різних мережевих протоколів, які пристосовані для вказівки рівня пріоритету в заголовках пакетів.

Таблиця 1. Вхідні дані та результати методики пріоритезації

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

В роботі запропоновано використати метод імітаційного статистичного моделювання для генерації мультисервісного трафіку. На вхід маршрутизатора поступає мультисервісна суміш пакетів з середньою інтенсивністю (λ). Головним по ступеню впливу на виникнення черг чинником є коефіцієнт використання пристрою (ρ) – відношення середньої інтенсивності вхідного трафіку (λ) пристрою до середньої інтенсивності передавання пакетів на вихідний інтерфейс (μ). Відповідно пакети ,що поступили з інтенсивністю λ1 і λ1 > μ записуватимуться у буфер,але перед тим як потрапити у буфер, вони поступатимуть у класифікатор, який працює на основі аналізу IP заголовка і в залежності від вмісту DSCP поля зчитуватиме DSCP код, який вказуватиме відповідний пріоритет пакету на основі попереднього розрахунку значень критерію для кожного з класів трафіку різної групи користувачів. Після чого класифікатор направлятиме їх у виділені буфери фіксованої різної довжини ,в даному випадку маршрутизатор буде містити 7 черг для кожної послуги окремо, щоб надати високу якість обслуговування пріоритетним послугам. Суть запропонованого підходу показано на (рис.1).

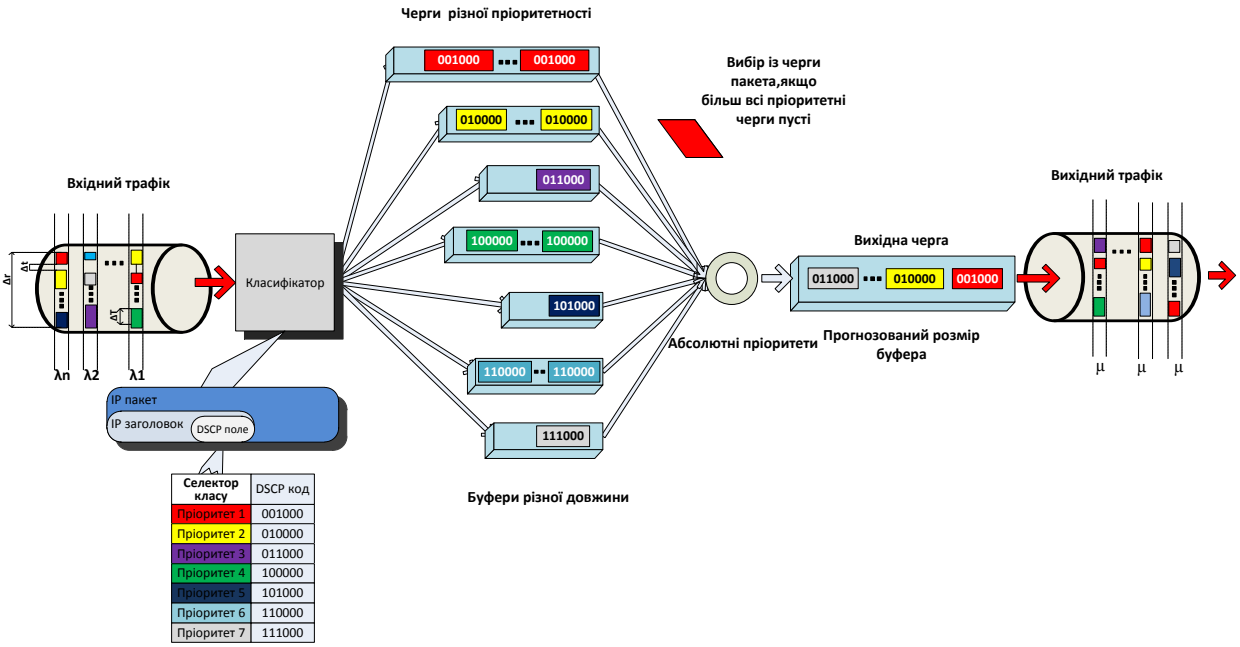


Рис.1. Модель системи пріоритетного обслуговування мультисервісного трафіку

Тривалість пакетів визначалася з рекомендованих їх розмірів (від 64 до 1500 байтів). Трафік голосу, сигналізації, інтерактивні дані передаються переважно малими розмірами пакетів, а такі послуги як IPTV, відео-за-запитом, інтернет дані, відео конференція – великими розмірами пакетів. Відповідно пропонується передавати пакети з такими розмірами, частота появи, яких буде описуватись випадковим чином розподілені за рівномірним законом з врахуванням параметра ймовірності використання послуг Рвикор, із одночасним присвоєнням DSCP коду. Пропускна здатність каналу, вибрана в результаті суми всіх пропускних здатностей необхідних для кожної з послуг і становить С=20 Мбіт/с. Кількість пакетів, що задіяні в процесі моделювання, встановлено рівною 40 000. Інтервали між пакетами згенеровано випадковим процесом, розподіленими за броунівським законом з параметром Херста Н=0,7. Визначення прогнозованого розміру буфера здійснюється за формулою Полачека–Хінчена

$$N = \frac{\lambda}{\mu} \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{\frac{H-0,5}{1-H}}}{\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)^{\frac{H}{1-H}}} \qquad (2)$$

Таблиця 2. Результати моделювання

Група	($L_{ср}$) байт	(λ) пак/с	(μ) пак/с	(N) пакети	Похибка буфера, %	Розмір буфера кбайт	(H) -	(ρ) -	($T_{з.в}$) мс	($T_{мін.}$) мс	($K_{вуз}$) шт.
Д	332	8314	9000	105	39	34,86	0,62	0,92	13.9	100	7
	331	8290	10000	27	35,8	8,9	0,66	0,82	-	-	-
	333	8496	11000	6	37,8	2	0,56	0,77	-	-	-
	330	8263	1200	5	36	1,6	0,67	0,67	-	-	-
О	370	7716	8000	466	36,8	172,5	0,64	0,96	-	-	-
	371	7516	9000	26	36	9,6	0,66	0,83	3.85	100	33
	369	7484	10000	8	36,8	2,9	0,63	0,74	-	-	-
	373	7257	12000	3	35	1,2	0,63	0,6	-	-	-
Ц	481	5830	6000	510	39	245	0,63	0,97	-	-	-
	484	6060	7000	25	38	7,3	0,6	0,88	4.82	100	20
	477	6132	8000	7	40	3,3	0,6	0,76	-	-	-
	483	5962	9000	4	39	1,9	0,64	0,66	-	-	-

Отже, в роботі проведено моделювання мультисервісного трафіку для трьох груп користувачів при різних коефіцієнтах використання пристрою і показано, як міняється розмір буфера в залежності від ρ (коефіцієнта використання мережі). В таблиці 2. наведено розрахунок кількості вузлів в мережі, яка забезпечує QoS для трьох груп користувачів. Відповідно до рекомендацій ITU-T мінімальний час затримки пакетів для якісного надання мультисервісних послуг буде тотожним допустимому часу затримки трафіку реального часу, а саме 100 мс. На основі цього загальний час затримки при буферизації пакетів мережевими пристроями не повинен перевищувати допустимий час затримки трафіку реального часу.

$$T_{з.в} = \frac{N \times L_{ср.}}{C} \qquad (3)$$

$$K_{вузлів} = \frac{T_{мін}}{T_{з.в.}} \qquad (4)$$

Висновок

Розроблено методику пріоритезації послуг мультисервісного трафіку. Для визначення розміру буфера запропоновано імітаційну статистичну модель системи пріоритетного обслуговування мультисервісного трафіку з використанням розробленої методики пріоритезації. Проведено аналіз впливу коефіцієнта використання мережі та параметра Херста на кінцевий результат розміру буфера для трьох груп користувачів. Визначено часи затримки пакетів у вузлі та розраховано максимальну кількість вузлів, яка може бути встановлена для якісного надання мультисервісних послуг.

Література

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 425 с.
2. Vegesna S. IP Quality of Service./ Srinivas Vegesna. – Cisco Press. – 2001. – 368 с.
3. Крылов В.В.,Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. –СПб.:БХВ – Петербург,2005.-288с.

УДК 621.391

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОЛНОСТЬЮ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Гайворонская Г.С., Рябцов А.В.
Одесская государственная академия холода
E-mail: gayvoronska@osar.odessa.ua

The analysis of possibility of the optical switching system's phenomenological model's usage at completely optical networks' construction

The phenomenological model of the optical switchboard with optical addressing is offered.

Для повышения быстродействия полностью оптических систем коммутации (ПОСК) следует исключить этап преобразования адресной информации в электрические сигналы. Это позволит вплотную приблизиться к теоретическому пределу пропускной способности оптоволоконных систем передачи. До настоящего времени пока не известно ни одного устройства, позволяющего производить переадресацию оптических сигналов в ПОСК оптическими методами. Однако активные разработки в области оптического управления физическими объектами дают надежду, что такая технология скоро будет разработана [1].

В докладе предложена феноменологическая модель ПОСК с оптической адресацией, основанная на использовании оптического материала, который может менять свои свойства под воздействием оптического излучения определенной длины волны за счет изменения собственного коэффициента преломления [2]. На его основе создается бистабильный переключатель, имеющий два квазиустойчивых оптических состояния, который можно применить в качестве полностью оптического коммутатора оптических сигналов.

Рассмотрим одну из возможных структур ПОСК такого типа, приведенную на рисунке.

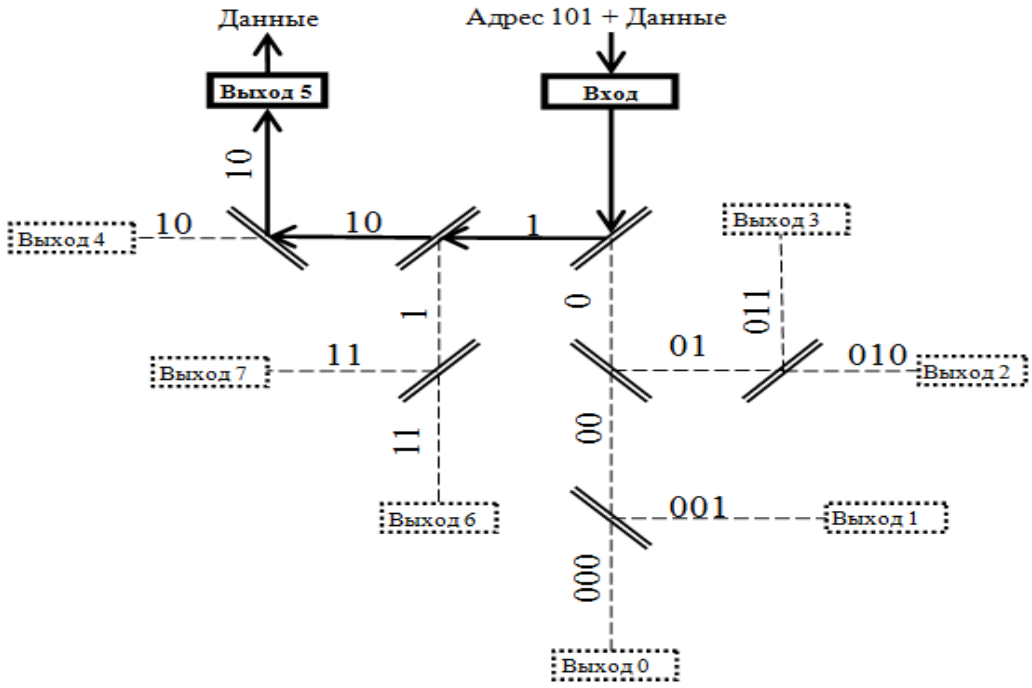


Рисунок – Структура полностью оптической системы коммутации

В этом примере, соответствующем трехразрядному адресному коду, это восьмиканальный демультиплексор, перенаправляющий входной оптический

информационный сигнал на один из восьми возможных выходов. Количество выходов в ПОСК такого типа определяется разрядностью адресной части информационного пакета. Микроминиатюрные пластины из описанного оптического материала образуют регулярную структуру, и расположены по углом 45^{o} к падающему пучку коллимированного входного излучения. Траектория оптического излучения для адреса, представленного в виде двоичной комбинации 101, показана на рисунке сплошными линиями со стрелками. Пунктирными линиями показаны другие возможные траектории, соответствующие остальным семи комбинациям первых трех разрядов адресного кода. Таким образом, самостоятельно реагируя на различные адресные коды, являющиеся частью входного сигнала, коммутатор обеспечивает возможность перенаправления входного излучения на один из восьми возможных информационных выходов без использования каких-либо дополнительных адресных селекторов.

Как видно из рисунка, первый бит адреса, представленный в виде первой активизирующей частоты, переводит первую пластину в зеркальное состояние и падающий луч отражается на соседнюю пластину. Длительность тактового импульса должна соответствовать времени перехода материала пластины в одно из квазиустойчивых состояний. Попадая на следующую пластину, второй бит адресного кода, нулевой, переводит ее в прозрачное состояние и луч проходит сквозь нее до очередной пластины. Третий, вновь единичный, бит адреса, переводит третью пластину в зеркальное состояние и луч, модулированный информационными битами, попадает на пятый выход коммутатора, соответствующий заданному адресу 101. По окончании цикла передачи все пластины коммутатора возвращаются в исходное состояние импульсом сброса. Данная конструкция позволит строить полностью оптические коммутаторы практически неограниченной размерности, так как легко позволяет наращивать разрядность адресной части.

Предложенная феноменологическая модель, на наш взгляд, вполне соответствует требованиям адекватности, точности и целесообразности, и, следовательно, может найти применение в процессе дальнейшего совершенствования оптических коммутационных технологий.

Литература

1. *Гайворонская Г.С.* Методы и средства коммутации оптических сигналов в информационных сетях / Гайворонская Г.С., Рябцов А.В. // Холодильна техніка і технологія, № 2 (124). – 2010. – С.74-82.

2. *Логинова М.М.* О возможности оптической бистабильности на основе зависимости коэффициента поглощения полупроводника от индуцированного электрического поля / Логинова М.М, Трофимов В.А. // Журнал технической физики, 2006, том 76, вып. 5. – С.82-87.

УДК 627.372

РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА РЕШЕТКАХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ

Трубин А.А.
Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»
E-mail: atrubin@ukrpost.net

The scattering of the electromagnetic pulses on the lattices of Dielectric Resonators

The properties of square lattices dielectric resonators (DR) under the scattering of electromagnetic pulses plane waves in the open space are examined.

Решетки диэлектрических резонаторов (ДР) являются новыми пространственными структурами, которые сегодня могут быть использованы в антенно-фидерных устройствах микроволнового, миллиметрового и инфракрасного диапазонов длин волн. Свойства их изучены недостаточно. В настоящем докладе, на основе развитой ранее теории [1], проведены результаты исследования процессов рассеяния линейно поляризованных импульсов (р-типа) плоских электромагнитных волн в дальней зоне слоистых квадратных решеток цилиндрических ДР.

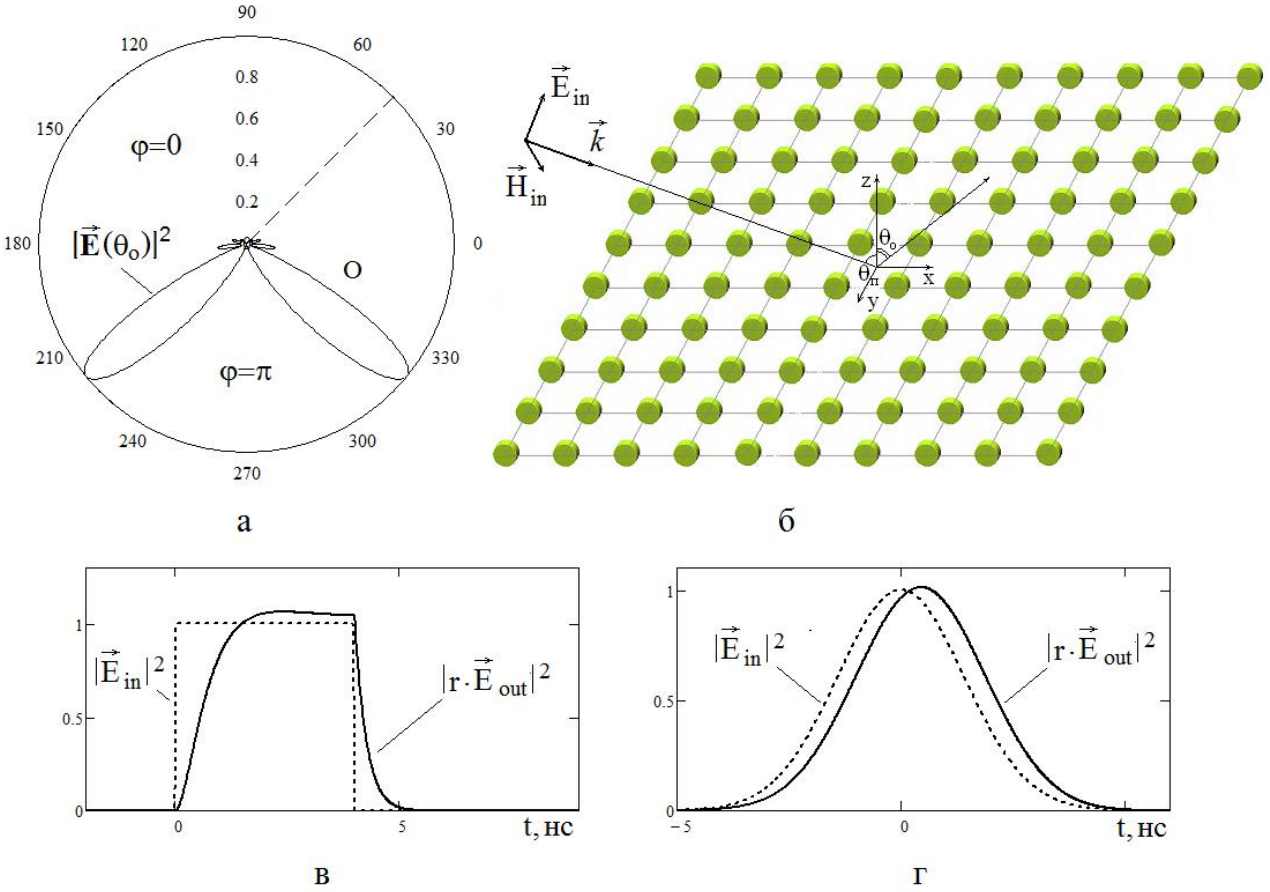


Рис. 1. А – плотность мощности рассеянного поля в волновой зоне прямоугольной решетки 10 х 10 цилиндрических ДР в открытом пространстве (б). В - результат рассеяния прямоугольного импульса (пунктирная кривая) в дальней зоне (сплошная кривая). Г - результат рассеяния нормального импульса в дальней зоне решетки.

Предполагалось, что в каждом резонаторе возбуждается основной магнитный вид собственных колебаний H_{101} (рис.1 - 3), а вместе они образуют связанную систему. В расчетах полагалось, что частота собственных колебаний каждого изолированного ДР равна $f_0 = 4$ ГГц; относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика равна 36; отношение высоты L к диаметру $2r_0$ резонатора: $\Delta = L/2r_0 = 0{,}4$. Направление волнового вектора падающих импульсов на рис. 1-3, а и на рис. 2, б показано пунктирной прямой. В локальной сферической системе координат, связанной с центром решетки $(\theta_\pi, \varphi_\pi) = (0{,}25\pi, 0)$. Рассчитанные зависимости плотности потока мощности отраженных волн в дальней зоне решетки от углов наблюдения приведены сплошными кривыми (рис. 1, 3, а и 2, б). При этом, верхняя полуплоскость $0 \le \theta_0 \le \pi$ соответствует значению азимутального угла $\varphi = \varphi_0$, а нижняя - полуплоскости $\varphi = \varphi_0 + \pi$. Где (θ_0, φ_0) направление на приемник в сферической системе координат решетки.

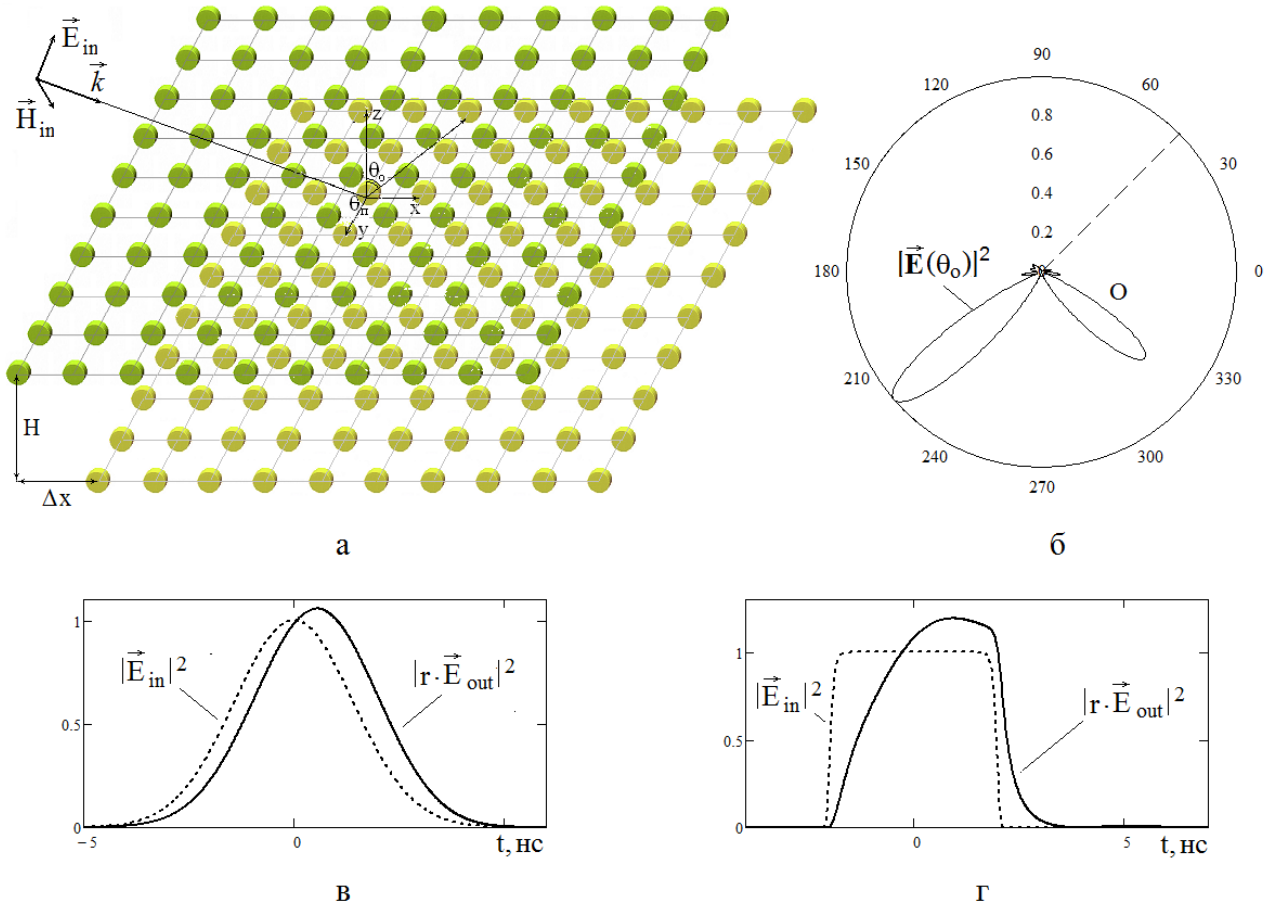


Рис. 2. А – 2 х 10 х 10 прямоугольная решетка цилиндрических ДР в открытом пространстве. Б – плотность мощности рассеянного поля в волновой зоне решетки. В - результат рассеяния нормального импульса в дальней зоне (сплошная кривая). Г - результат рассеяния супергауссовского импульса.

Исследовались огибающие нормированных по амплитуде рассеянных импульсов в волновой зоне решеток, распространяющихся в направлении главного лепестка отражения О (см. рис. 1, 3, а, а также рис. 2, б). Рассмотрены случаи падения линейно поляризованных импульсов с различной формы - прямоугольной (рис. 1, в), нормальной (рис. 1, 3, г, рис. 2, в), супергауссовский (рис. 2, г, рис. 3, в) и солитоноподобный. При этом, в проведенных расчетах рассматривалось только собственное - вносимое решеткой - запаздывание во времени. Очевидное пространственное запаздывание, обусловленное конечной скоростью

распространения падающих и рассеянных импульсов от источника до решетки и от решетки до приемника, не учитывалось. Изучены огибающие рассеянных импульсов в зависимости от направления, поляризации и частоты падающих.

Исследованы также частные случаи рассеяния на квадратных решетках при различных относительных расстояниях между центрами соседних ДР: $d = s \cdot \lambda_0 / 4$, где $\lambda_0 = c / f_0$ - длина волны в открытом пространстве ($s = 1,2,3...$). Проанализированы возможные случаи различного относительного расположения каждого из образующих "слоев" решетки: $(H, \Delta x)$ (см. рис. 2, а; рис. 3, б). Отмечается возможность увеличения времени задержки отраженных импульсов, обусловленная увеличением числа слоев решетки.

Рассчитано распределение поля рассеяния в ближней зоне решеток. Отмечены условия, при выполнении которых наблюдается увеличение плотности потока мощности в ближней зоне. Установлена возможность пространственно-временного "сжатия" рассеянных импульсов в ближней зоне решетки ДР.

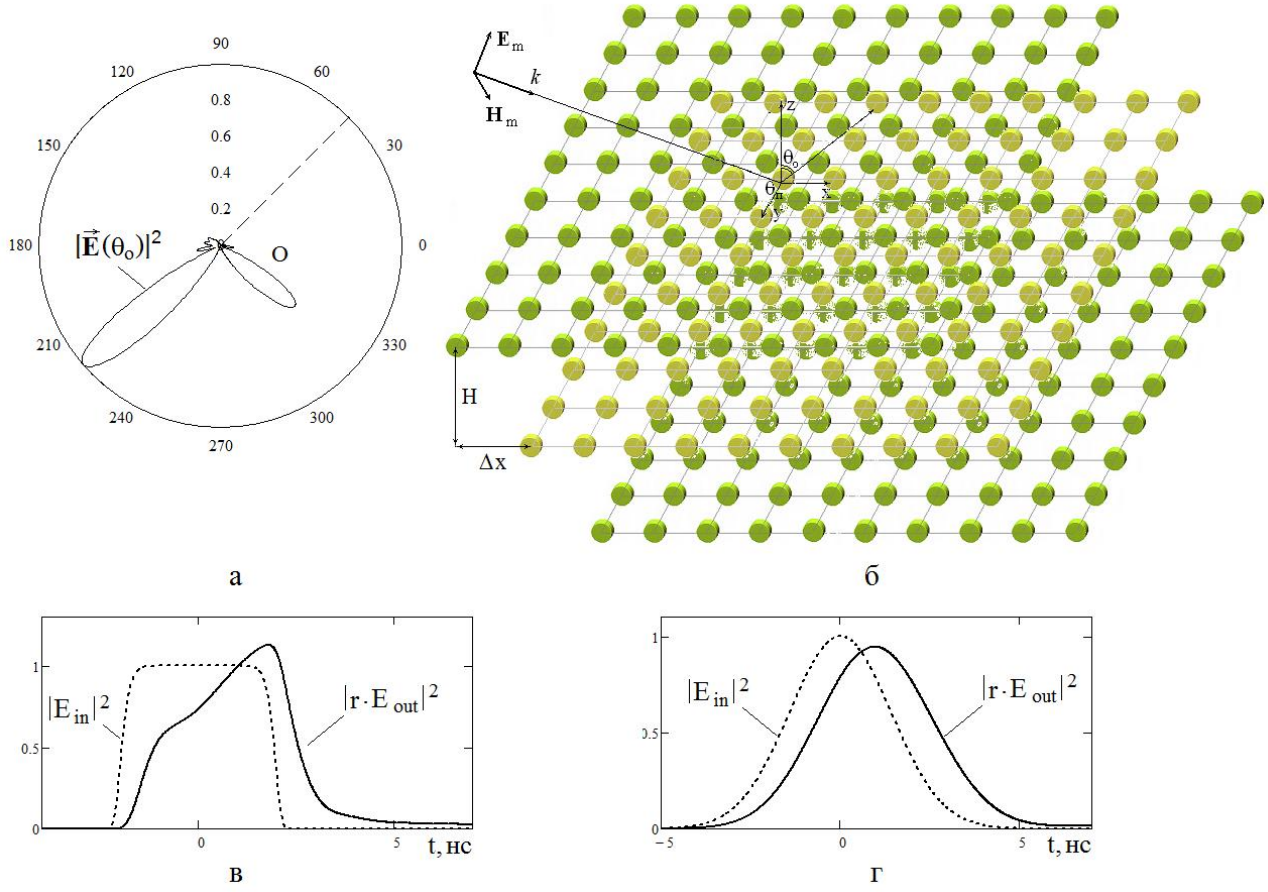


Рис. 3. А – плотность мощности рассеянного поля в волновой зоне прямоугольной решетки 3 х 10 х 10 цилиндрических ДР в открытом пространстве (б). В - результат рассеяния супергауссовского импульса (пунктирная кривая) в дальней зоне (сплошная кривая) решетки. Г - результат рассеяния нормального импульса.

Обсуждаются возможные области применения предлагаемых планарных решеток ДР в антенно-фидерных трактах, измерительных устройствах, источниках излучения и детектирования миллиметрового и инфракрасного диапазонов длин волн различных беспроводных и волоконно-оптических систем связи.

Литература

1. *Трубин А.А.* Рассеяние электромагнитных волн на плоской квадратной решетке цилиндрических диэлектрических резонаторов //19-я Межд. Крымская конференция “СВЧ - техника и телекоммуникационные технологии”. Севастополь. 2009. с. 405-407.

УДК 621.391

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ MIMO ПРИ ВПЛИВІ МІЖСТІЛЬНИКОВИХ ЗАВАД

Кравчук С.О., Міночкін Д.А.
Інститут телекомунікаційних систем
e-mail: dminochkin@mail.ru

Efficiency increasing technique for MIMO systems with intercell interference

The task of increasing the capacity of cellular systems with multipath channels is considered in this article. The characteristics selection technique for MIMO-systems is offered. Proposed method allows to considerably increase the capacity of telecommunication systems with intercell interferences.

Основним фактором, який обмежує збільшення швидкості передачі інформації, є явище багатопроменевості в радіоканалі між мобільним користувачем і базовою станцією.

Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є застосування методів просторової обробки сигналів у системах радіодоступу, зокрема технології „багато входів – багато виходів" (*Multiple-input multiple-output* – MIMO) [1], проте, невирішеним залишається завдання підвищення пропускної здатності MIMO-систем в умовах дії міжстільникових завад [2].

Тому *метою* статті є розробка методу, який дозволить здійснювати вибір параметрів сигналів в таких системах при впливі міжстільникових завад, і являється продовженням досліджень представлених в роботі [3].

Задано: параметри прийомопередавального пристрою і каналу зв'язку $\Phi = \{\phi_i\}$, $i = \overline{1, m}$, де $\phi_1 \ldots \phi_m$ – кількість передавальних та приймальних антен, вид модуляції, вид та параметри коригувального коду, потужність сигналу, смуга частот сигналу, відношення сигнал/завада (ВСЗ), **H** – канальна матриця.

Необхідно: визначити параметри MIMO-системи, які максимізують пропускну здатність при виконанні обмеження на значення ймовірності помилкового приймання сигналів $P_{пом} \le P_{\text{пом доп}}$.

Обмеження: $\tau_{\text{гр}} \le \tau_{\text{кор}}$, де $\tau_{\text{гр}}$ – тривалість групи символів, $\tau_{\text{кор}}$ – час кореляції завмирань; розмірність ансамблю сигналів $2 \le M \le 64$; кількість передавальних антен $M_t \le 8$; кількість приймальних антен $M_r \le 8$; швидкість коригувального коду R = 0,5-0,9; ймовірність помилкового приймання сигналів $P_{\text{пом}} \le 10^{-3}$.

Допущення: канальна матриця **H** – відома і постійна за час $\tau_{\text{гр}}$.

Система рівнянь для розв'язання задачі вибору параметрів MIMO-системи з максимальними показниками пропускної здатності має вигляд

$$\begin{cases} \beta_F = F_1(v_{\text{і}}, \Delta F, M, M_t, M_r, n, R, d, Q^2) \to \max; \\ P_{\text{пом}} = F_2(P_{\text{с}}, M, n, R, d) \le P_{\text{пом доп}}, \end{cases} \quad (1)$$

де $\beta_F = \dfrac{v_{\text{з}}}{\Delta F}$ – коефіцієнт використання смуги частот системи (питома пропускна здатність), $v_{\text{і}}$ – швидкість передачі інформації; ΔF – ширина смуги пропускання каналу; n – довжина кодової комбінації, $P_{\text{с}}$ – потужність сигналу, M – розмірність ансамблю сигналів, R – швидкість коригувального коду ($R = k/n$), k – кількість інформаційних біт в кодовій комбінації довжиною n, d – величина кодової відстані, Q^2 – відношення сигнал/шум на вході приймача.

Розв'язання представленої задачі доцільно проводити за допомогою направленого перебору допустимих варіантів з використанням ітеративного алгоритму.

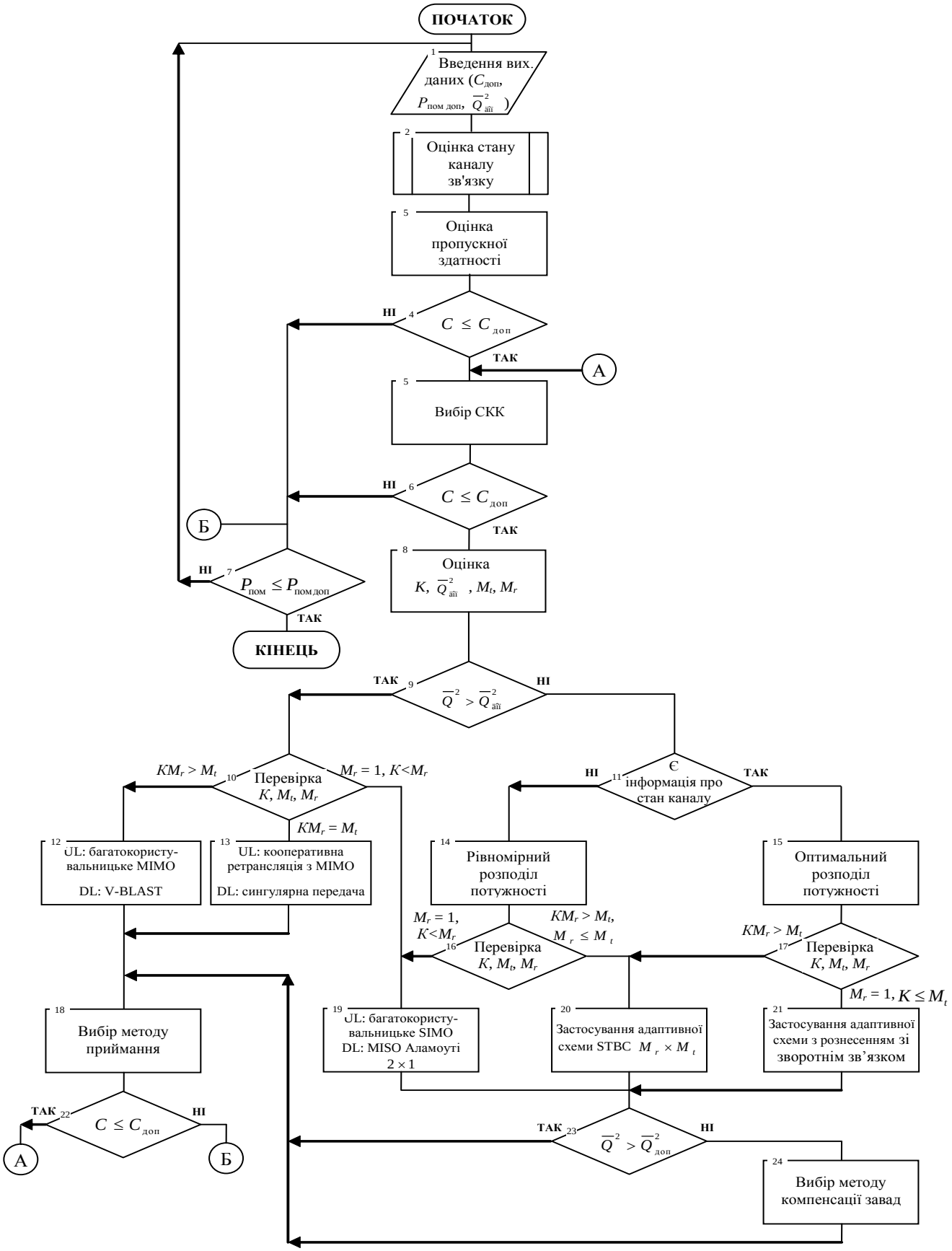


Рис. 1. Структурна схема алгоритму реалізації методу вибору параметрів системи MIMO

Метод вибору параметрів системи MIMO при впливі міжстільникових завад, структурна схема алгоритму реалізації якого представлена на рис. 1, складається з наступних етапів.

Введення вихідних даних. Вводяться параметри передавального пристрою і каналу зв'язку $\Phi = \{\phi_i\}$, а також значення допустимої величини ймовірності помилкового приймання сигналів $P_{\text{пом доп}}$.

Оцінка стану каналу зв'язку. На даному етапі за допомогою одного з відомих методів оцінюється стан багатопроменевого каналу зв'язку та визначається його канальна матриця

Вибір кількості приймальних і передавальних антен. Пропускна здатність MIMO-системи суттєво залежить від кількості передавальних і приймальних антен.

Для системи з M_r приймальних і M_t передавальних антен:

$$\beta_F = \sum_{j=1}^{m} \log_2 (1 + \frac{h^2}{M_t} \cdot \lambda_j), \qquad (11)$$

де λ_j – власні числа матриці **H** розмірності $M_t \times M_r$; $m = \min(M_t, M_r)$.

Вибір ансамблю сигналів. Вибирається розмірність ансамблю сигналів M, а також структура ансамблю сигналів. При створенні СКК широкий розвиток одержали методи двовимірної модуляції, при яких ансамблі сигналів можуть бути представлені точками в двовимірному евклідовому просторі.

Вибір коригувального коду. Застосування завадостійкого кодування призводить до збільшення ширини спектру сигналу, тому параметри коду вибираються в залежності від ширини смуги пропускання каналу зв'язку ΔF.

Вибір режиму роботи MIMO. В залежності від оцінки ефективності роботи системи проводиться вибір режиму функціонування системи MIMO для задоволення вимог до швидкості передачі та $P_{\text{доп}}$.

Вибір способу обробки сигналів при прийманні. Результати досліджень, отримані в низці робіт [4, 5], демонструють, що MIMO приймачі, які можуть значно послабити завади від сусідніх стільників, значно покращують ефективність роботи багатостільникової системи. При цьому основна увага зосереджена на подавленні завад від сусідніх стільників, а не внутрішньостільникових завад.

Після вибору способу обробки сигналів перевіряється виконання вимог із забезпечення заданої ймовірності помилкового приймання сигналів.

Оцінка ефективності запропонованого методу показала, що виграш за пропускною здатністю складає 16-21 % в порівнянні з відомими [1].

Таким чином, застосування розробленого методу дозволяє значно підвищити показники частотної ефективності системи MIMO при впливі міжстільникових завад.

Література

1. Кувшинов О.В. Оцінка ефективності систем радіодоступа з технологією MIMO / Кувшинов О.В., Міночкін Д.А. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ". – 2006. – № 1. – С. 55–59.

2. Кравчук С.А. Методы повышения пропускной способности систем широкополосного беспроводного доступа // Материалы 17-й международной конференции „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (КрыМиКо'2007). Том 1. 10 – 14 октября, 2007г. – Севастополь: Вебер, 2007. – С. 227 – 228.

3. Міночкін Д.А. Метод вибору значень параметрів системи MIMO при впливі міжстільникових завад та селективних завмирань // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ". – 2011. - №2. – с. 76-83.

4. Кравчук С.О. Аналіз методів обробки сигналів у MIMO-системах / Кравчук С.О., Міночкін Д.А. // Збірнк матеріалів IV-го науково-практичного семінару „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення", 22 листопада 2007 р., м. Київ. – К.: ВІТІ НТУУ „КПІ", 2007. – С. 32 – 34.

5. Dai H. Downlink capacity of interference-limited MIMO systems with joint detection / H. Dai, A. Molisch, H. Poor // IEEE Trans. on Wireless Communications, Mar. 2004, vol. 3. № 2. – P. 442 – 453.

УДК 621.396

ЗАСТОСУВАННЯ СУБСМУГОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛІВ У БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ З РОЗПОДІЛЕНИМИ АНТЕННИМИ СИСТЕМАМИ

Авдєєнко Г.Л., Якорнов Є.А., Матяш О.Ю.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: django2006@ukr.net

Subband signal filtering application for wireless telecommunication networks with distributed antenna systems

Advantages of subband signal adaptive filtering in comparison with classical adaptive algorithms for wireless telecommunication networks with distributed antenna systems are shown

В наш час однією з головних тенденцій розвитку безпроводових телекомунікаційних мереж (БТКМ) в усьому світі є розширення обсягу інформаційних послуг (наприклад, доступ до мережі Інтернет, передача мультимедійної інформації в реальному режимі часу тощо), що надаються абонентові, а також підвищення їх якості та надійності. Однак, внаслідок значних швидкостей передачі інформації, в першу чергу на радіолінії «униз», тобто від базової станції (БС) до абонентського терміналу (АТ), необхідно застосовувати широкосмугові сигнали.

Також відомо [1], що швидкість приймання даних АТ прямо пропорційно залежить від відношення сигнал/шум+завада (SNIR) на вході приймача, яке, як відомо, зменшується при збільшенні відстані між абонентом та БС, тобто пропускна спроможність радіоканалу є нерівномірною в зоні обслуговування. Для усунення цього недоліку в ряді робіт [2, 3] замість традиційного застосування секторних антен на БС пропонується використовувати так звані розподілені антенні системи (РАС). Вони являють собою сукупність віддалених радіомодулів (ВРМ) зі слабоспрямованими антенами, які працюють на одних й тих самих частотах передачі/прийому, розташовані в необхідній зоні покриття на опорах ліхтарів, фасадах будинків тощо у відповідній геометричній конфігурації та з'єднаних з БС лініями зв`язку, переважно проводовими. Згідно рис.1, основним принципом застосування технології РАС є розбиття стільника (макро- або мікростільник) зони покриття на стільники менших розмірів (пікостільники), кожен з яких обслуговується відповідним ВРМ. При цьому потужність випромінення кожного з ВРМ менша за потужність випромінення у випадку застосування секторної антени. В роботі [3] показано, що БТКМ з РАС забезпечують перевагу у пропускній спроможності радіоканалу (рис.2) у порівнянні з БТКМ на основі стільникових радіосистем з секторними антенами при знаходженні абонента поблизу межі зони обслуговання.

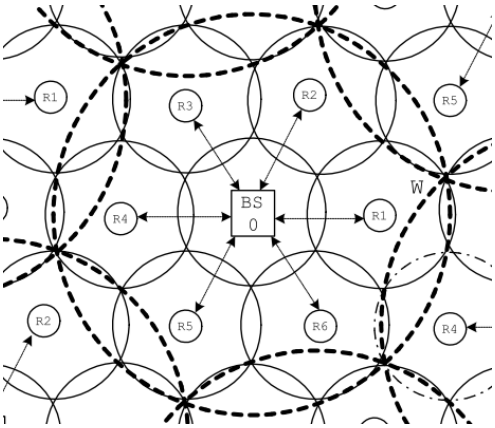


Рис.1

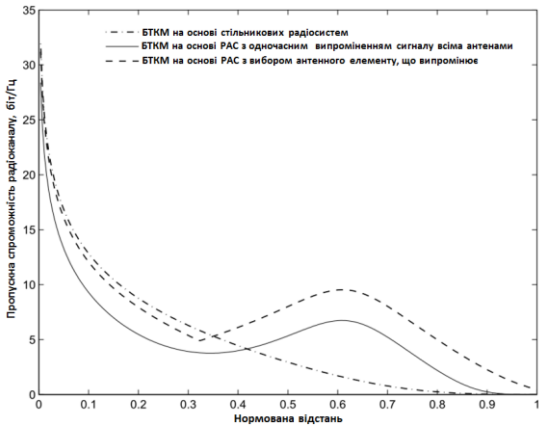


Рис.2

Згідно рис.1 та рис.2 цілком очевидно, що подальше збільшення пропускної спроможності радіоканалу абоненту в зоні обслуговування може бути досягнуто подальшим збільшенням кількості ВРМ. Однак при цьому, по-перше, збільшується кількість ліній зв'язку ВРМ з БС, навантаження на комутатор БС при частому перетині пікостільників мобільними абонентами, що може призвести до перевантаження мережі, а по-друге в зоні обслуговування зростає концентрація ВРМ, що використовують переважно однакові або суміжні смуги радіочастот, що в свою чергу може призвести до проблеми підвищення завадостійкості БТКМ.

Також відомо, [1] що пропускна спроможність БТКМ обмежена двома основними факторами: багатопроменевим розповсюдженням радіохвиль внаслідок відбиття від місцевих предметів та внутрішньосистемними (співканальними) завадами.

Аналіз робіт багатьох відчизняних та зарубіжних вчених, зокрема [1, 4], вказує на те, що одним з перспективних напрямків подальшого значного нарощування пропускної спроможності радіоканалів БТКМ з РАС в умовах обмеженності радіочастотного ресурсу є застосування просторово-часових відмінностей сигналів, що надходять до АТ від ВРМ або від АТ до ВРМ РАС БС шляхом синтезу на основі теорії адаптивної обробки сигналів, що будуть пристосовані для РАС. Відомо [4], що застосування адаптивних антенних решіток (ААР) дозволяє формувати в її характеристиці спрямованості «провали» в кутових напрямках приходу завад, боротися з ефектами багатопроменевості, тобто максимізувати SNIR на вході демодулятора приймача [1].

Однак ключова відмінність між ААР та РАС полягає в тому, що відстань між елементами ААР не перевищує 0,5λ, де λ – середня довжина хвилі, в той час як в РАС міжелементна відстань може складати сотні-тисячі λ. Враховуючи вказане, при дії багатопроменевості в кожному з антенних елементів РАС з'являються некорельовані між собою за часом та простором адитивні суміші сигналів, внаслідок чого виникає явище міжсимвольної інтерференції, що призводить до збільшення ймовірності появи помилок в каналі. Застосування ААР в цьому випадку призводить до формування в характеристиці спрямованості «нулів» в кутовому напрямку некорельованих складових, що є затриманими в часі копіями корисного сигналу. Придушення цих компонент веде до неможливості використання енергії корисного сигналу, що сконцентрована в них.

Як відомо [4], у випадку оптимальної обробки широкосмугового сигналу в РАС для забезпечення потрібного коефіцієнта придушення завад, необхідно застосовувати в кожному каналі РАС адаптивний процесор на основі багатовідвідних ліній затримки (БЛЗ) (рис.1) [4], причому відстань між сусідніми відводами БЛЗ не повинна перевищувати значення $T_0 \le 1/\Delta f$, де Δf - ширина смуги радіочастот, в якій передається сигнал. Теорія оптимальної адаптивної обробки сигналів показує [4], що традиційне застосування БЛЗ в каналах ААР потребує значних обчислювальних ресурсів системи, оскільки для просторово-часової обробки найбільш запізненої в часі багатопроменевої компоненти, час затримки якої складає $\Delta t_{\max}$ відносно часу надходження першої багатопроменевої компоненти, необхідно в кожному з N каналів РАС застосовувати $M = \Delta t_{\max} / T_0$ відводів БЛЗ, кількість яких може складати до декількох десятків-сотень (наприклад, при Δf = 5 МГц та типовому для міської забудови часової затримки $\Delta t_{\max} = 10^{-6}...10^{-5}$ с кількість відводів БЛЗ складатиме M = 5…50) веде до повільної збіжності адаптивного алгоритму до оптимального вагового вектора, що пов'язано з необхідністю оперування при обчисленні матрицями, розмірності яких складають NML, де L – кількість часових відліків корисного сигналу. Це може бути неприпустимо в умовах високої динаміки сигнально-завадової обстановки, тому що до моменту адаптації отриманий набір векторів вагових коефіцієнтів вже може й не забезпечувати придушення завад.

Одним із способів усунення вказанного недоліку є застосування замість БЛЗ Rake-приймачів (як в БТКМ технологій IS-95 та WCDMA), які на основі інформації про час затримки та рівень потужності найбільш інтенсивних багатопроменевих компонент, отриманої за допомогою скануючого корелятору, виконують операцію їх оптимальної

кореляційної обробки, що підвищує достовірність прийому інформації. Однак ефективність такої обробки обмежується кількістю каналів Rake-приймача, що зазвичай не перевищує 3-4.

На основі ряду зарубіжних робіт, наприклад [5], в доповіді показано, що оригінальним способом усунення зазначеної проблеми для РАС при обробці широкосмугових сигналів в РАС є метод субсмугової адаптивної фільтрації (САФ) сигналів. Ідея САФ полягає у використанні цифрової обробки за допомогою набору цифрових вузькосмугових фільтрів $H^{(i)}(z)$, $i=\overline{1,K}$ для розбиття широкої смуги частот на піддіапазони, синтезованих за допомогою швидкого перетворення Фур'є і одночасного застосування алгоритмів адаптивної обробки сигналів $W^{(i)}(z)$ у кожному з піддіапазонів окремо, в кожному з яких відбувається придушення завад та накопичення компонент корисного сигналу. Після цього вихідні широкосмугові сигнали відновлюються з використанням інверсного набору фільтрів $P^{(i)}(z)$, синтезованих за допомогою зворотнього перетворення Фур'є (рис.3). Внаслідок використання методу САФ обчислювальне навантаження значно менше в порівнянні з використанням БЛЗ, час адаптації до оптимального рішення значно менший, а працездатність системи з точки зору забезпечення ступеню придушення завади підвищується в порівнянні з традиційними адаптивними системами обробки.

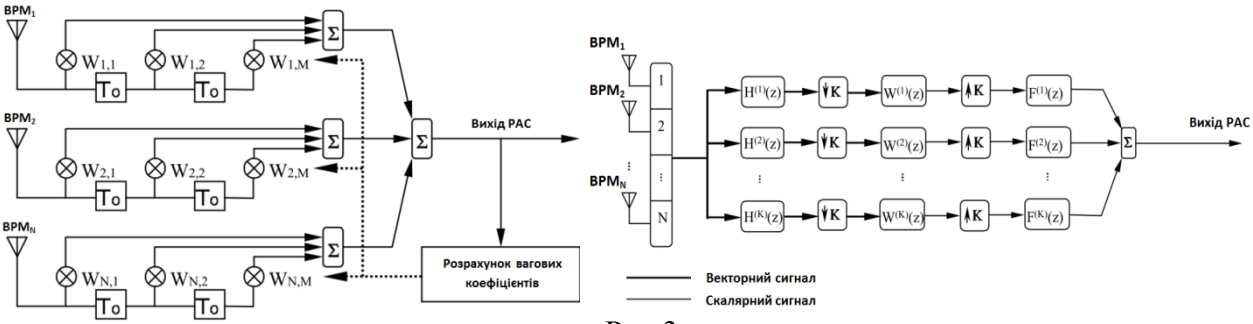


Рис.3

В доповіді представлено математичний апарат, що описує суміш корисного сигналу та завад в умовах наявності багатопроменевості в кожному з ВРМ РАС, процедуру субсмугової адаптивної фільтрації. Шляхом імітаційного моделювання в середовищі MatLab отримано залежності зміни вихідного значення SNIR від часу (кількості ітерацій) при застосуванні субсмугової адаптивної фільтрації та класичної адаптації за алгоритмом мінімуму середньоквадратичного відхилення (LMS). Показано, що час адаптації при застосуванні САФ значно менший, ніж при LMS.

Література

1. Весоловский К. Системы подвижной радиосвязи – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 529 с., ил.
2. Honglin Hu, Yan Zhang, Jijun Luo "Distributed Antenna Systems: Open Architecture for Future Wireless Communications (Wireless Networks and Mobile Communications)", Auerbach Publications, 2007, 470p.
3. Wan Choi, Andrews J.G, Chaehag Yi "Capacity of multicellular distributed antenna networks", In *Proc.*,Wireless Networks, Communications and Mobile Computing International Conf., June 2005, Vol.2, pp.1337 – 1342.
4. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с., ил.
5. K. Yang, Y. Zhang, and Y. Mizuguchi, "Subband realization of space-time adaptive processing for mobile communications", 10th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Osaka, Japan, Sept. 1999.

УДК 621.391

МЕТОДЫ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ЗОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН СИСТЕМ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

Бибик М.Ю., Кравчук С.А.
НТУУ «КПИ», Институт телекоммуникационных систем
E-mail: bibik_mikhail@i.ua

Methods of evaluation determined zone propagation of radio waves broadband access systems

Considered and analyzed the different methods of evaluation determined zone propagation of waves broadband access systems.

В научной литературе отсутствуют общие методы расчета характеристик канала передачи информации в системах с широкополосным доступом в условиях многолучевого распространения радиоволн. В существующих методах прогнозирования параметров радиоканала, в большинстве случаев, осуществляется определение его физических характеристик (таких как затухание, профиль временного рассеяния) на основе моделирования распространения радиоволн. Для этого используются эмпирические, статистические, детерминированные и комбинированные модели.

Эмпирические методы основываются на обобщении статистически значимой выборки результатов экспериментальных измерений (как правило, затухания радиоволн с расстоянием) для различных условий распространения радиоволн. Эти методы являются наименее точными, так как не учитывают особенностей среды. Более точные статистические модели включают коэффициенты, учитывающие обобщенную статистику, зависящую от условий распространения радиоволн. Результатом расчета с использованием эмпирических и статистических методов в большинстве случаев является затухание в радиоканале. Детерминированные модели (например, методы трассировки лучей, основанные на приближениях геометрической оптики и теории дифракции, методы численного решения уравнений Максвелла и др.) характеризуются определенностью (детерминированностью) начальных и граничных условий для решения задачи распространения радиоволн. Такие модели являются наиболее строгими и позволяют рассчитывать произвольные характеристики многолучевого радиоканала. Их основные недостатки — высокая вычислительная трудоемкость и необходимость наличия подробного описания среды (геометрической структуры и распределения электрофизических характеристик материалов).

Основной тенденцией развития систем связи является непрерывное увеличение требований к скорости передачи информации. В многопользовательских системах увеличивается число пользователей и их скорости передачи (растет емкость системы). Это обусловливает необходимость уменьшения радиуса сот системы связи ввиду ограниченного частотного и энергетического ресурса. На малых пространственных масштабах эмпирические и статистические методы приводят к существенным ошибкам расчета ввиду высокой неоднородности среды. Детерминированные модели в этом случае обеспечивают высокую точность, а их вычислительная трудоемкость при малых пространственных масштабах не так высока. Кроме того, статистические и эмпирические методы описывают канал лишь потерями, что является недостаточным для определения характеристик современных широкополосных цифровых систем (со многими несущими, многоэлементными антенными системами (MIMO), сверхширокополосных и других систем). Для описания радиоканала в таких системах используются его пространственные и временные характеристики: профиль временного рассеяния, угловое распределение принимаемой мощности.

Таким образом, тенденции развития систем передачи информации приводят к необходимости применения детерминированных методов для расчета характеристик радиоканала. Актуальным представляется развитие данных моделей.

Исследовались детерминированные методы прогнозирования распространения радиоволн, позволяющие определять произвольные физические характеристики радиоканала - метод трассировки лучей (основанный на приближениях геометрической оптики и теории дифракции) и метод численного решения интегральных уравнений Максвелла в трехмерной реализации. Модели численного решения уравнений Максвелла являются наиболее точными, однако в строгой трехмерной реализации для расчета распространения радиоволн на практически значимых пространственных масштабах до настоящего времени почти не применялись (ввиду высокой вычислительной трудоемкости). Применение таких методов позволяет осуществить строгую оценку точности приближенных моделей, устанавливая достижимые границы по точности расчета.

Литературные источники [2] свидетельствуют о том, что во многих случаях, несмотря на применение детерминированных моделей, точность прогнозирования характеристик радиоканала во многих случаях является неудовлетворительной. Это обусловлено, прежде всего, недостаточной детальностью описания среды и ее нестационарностью. Таким образом, актуальным является развитие методов повышения точности детерминированных моделей расчета характеристик канала.

В настоящее время не существует единого подхода к определению критериев качества открытых радиоканалов в широкополосных системах цифровой связи. В большинстве работ для описания качества радиоканала используются его физические характеристики, традиционно применяющиеся для аналоговых систем: затухание волн в канале, отношение сигнал/шум (включая помехи), профиль временного рассеяния и другие параметры. Широкое использование данных характеристик объясняется, в первую очередь, простотой их расчета и измерений. В значительно меньшем числе работ применяются строгие критерии качества радиоканала - параметры канала передачи информации, такие как вероятность ошибки на бит, пропускная способность, скорость передачи данных.

Описание качества радиоканала является актуальным в практических задачах планирования и развертывания систем беспроводной передачи информации. Расчет или экспериментальные измерения пространственных распределений характеристик радиоканала позволяет осуществить планирование беспроводных систем: определить оптимальное расположение приемно-передающих антенн, выработать требования к техническим характеристикам приемо-передатчиков. Экспериментальные измерения пространственных распределений параметров канала необходимы при развертывании систем связи и вещания для проверки достигнутых характеристик систем. Определение статистически значимой выборки реализаций радиоканала позволяет построить модели радиоканала для конкретных условий распространения радиоволн, что является необходимым при разработке систем передачи информации, наиболее эффективных в данных условиях.

Таким образом, представляется актуальным определение критериев качества радиоканала в цифровых широкополосных системах передачи информации и развитие методов расчета характеристик передачи информации, позволяющих осуществлять строгую оценку качества радиоканала.

Развит общий детерминированный метод расчета характеристик информационного канала (пространственные распределения пропускной способности, вероятности ошибки на бит, скорости передачи и др.) на основе известных данных о свойствах среды. Разработанный метод был проверен экспериментально с использованием экспериментальных измерительных комплексов.

Изучен и развит строгий трехмерный метод численного решения интегральных уравнений Максвелла в применении к задаче расчета распространения радиоволн на пространственных масштабах десятки - сотни длин волн. Метод позволяет производить

проверку приближенных моделей и устанавливает достижимые границы по точности расчета.

Определены критерии оценки качества радиоканала в системах цифровой передачи информации. Показано, что в общем случае необходимо использовать параметры передачи информации для определения качества радиоканала. Применение информационных характеристик позволит существенно увеличить точность оценки качества радиоканала существующими моделями.

Показана возможность уменьшения погрешности расчета характеристик радиоканала за счет прогнозирования статистических оценок параметров канала по областям пространства размером существенно больше длины волны вместо прогнозирования характеристик канала в точках пространства. Это позволяет повысить точность существующих моделей.

Предложенный детерминированный метод расчета характеристик канала передачи информации может быть непосредственно применен в практических задачах планирования беспроводных систем передачи информации. Результаты расчета с помощью метода могут быть использованы для определения зон покрытия, для выбора оптимальных положений базовых станций, минимизации их количества и определения требуемых параметров приемо-передатчиков. Применение метода позволяет достичь более высокой эффективности беспроводных систем, что обусловлено 1) использованием строгих критериев описания качества радиоканала (характеристик канала передачи информации) и 2) высокой точностью расчета, обусловленной определением статистических оценок характеристик канала по пространственным областям вместо прогнозирования характеристик канала в точках пространства.

Проведена экспериментальная оценка точности модернизированного метода расчета характеристик канала передачи информации для беспроводной локальной сети стандарта IEEE 802.11a (частотный диапазон 5 ГГц) путем расчета скорости передачи данных и проведения экспериментальных измерений в части здания площадью около 380 м^2 с использованием промышленных точек доступа в реальных условиях работы. Экспериментальные исследования показали высокую точность расчета статистических характеристик канала передачи информации с помощью разработанного детерминированного метода: на 96 % площади измерений измеренная скорость передачи укладывалась в расчетные границы минимальной и максимальной скорости передачи в зонах пространства размером порядка 3 х 4 м; стандартный разброс отклонений результатов расчета средней (в зонах пространства размером порядка 3 х 4 м) скорости передачи информации от измерений составил 5.2 Мбит/с (при максимальной скорости передачи 54 Мбит/с).

Литература

1. *Henry L. Bertony.* Radio propagation for modern Wireless Systems. – Prentice Hall, 2000.
2. *R. Wahl, O. Staebler, M.J. Gallardo.* "Requirements for indoor building databases to increase the accuracy of the propagation results," in Proc. 16th 1ST Mobile and Wireless Communications Summit, pp. 1 - 4, 2007.
3. *Y. Corre, Y. Lostanlen.* "3D urban EM wave propagation model for radio network planning and optimization over large areas," IEEE Transactions on Vehicular Technology, in press.

F. Fuschini, H. El-Sallabi, V. Degli-Esposti et al. "Analysis of multipath propagation in urban environment through multidimensional measurements and advanced ray tracing simulation," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 56, issue 3, pp. 848 - 857, March 2008.

УДК 621.391

PERFORMANCE ANALYSIS OF NOISE IMMUNITY IN FREE SPACE OPTICAL SYSTEMS

Mariia Bogatyrova, Oleksandr Ladyk

Institute of Telecommunication Systems, NTUU "KPI"
e-mail: bogatyrova.maria@gmail.com, tel. (063) 426-22-69

In this paper there is introduced a simulation of optical multi-element antennas system that enable high noise immunity and high bandwidth in Free Space Optical (FSO) networks. The challenge of FSO is to build systems that can tackle line of sight (LOS) alignment and maintenance issues. By addressing these critical aspects of LOS alignment in such networks, there were demonstrated the potential for noise immunity by simulation.

Free Space Optical (FSO) communication allows sending light beam through air and receiving them elsewhere. By modulating such light beams through the air, it is possible to accomplish digital communication in adequate visibility conditions.

The main focus is on accurately simulating line-of-sight requirement for two communicating antennas, the drop in the received power with respect to separation between antennas, and error behavior. In the simulation modules, there were considered numerous factors affecting the performance of optical wireless communication such as visibility in the medium, divergence angles of transmitters, field of view of photo-detectors, and surface areas of transceiver devices.

First has to be determined the average power leaving a particular transceiver, which is usually given in the product specification table of any light emitting product. Next we begin calculating loss due to geometric dispersion and loss due to atmospheric attenuation. When light is emitted from an LED it disperses conically. And at any cross section of this cone the power of the emitted light can be calculated as:

$$\frac{SA_R}{SA_T + {}^{\pi}/_{4}\,(\theta R)^2}$$

Where SA_R is the surface area of the receiver; SA_T is the surface area of the transceiver; θ is the divergence angle and R is the range in meters. As the range increases the loss due to geometrical spreading increases, and we simply subtract this loss off from our average power. What remains is loss due to atmospheric effects. The loss of power due to atmospheric attenuation is described by Beer's Law:

$$\tau(R) = \frac{P(R)}{P(O)} = e^{-\sigma R}$$

Where $\tau(R)$ is the transmittance at range R; P(R) is the power at R; P(0) is the power at the source; σ is the attenuation or total extinction coefficient

The attenuation coefficient is given by:

$$\sigma = \frac{3.91}{V}(\lambda/550\text{nm})^{-q}$$

Where V is Visibility in kilometers; λ is the wavelength in nanometers; q is the size distribution of any scattering particles.

Our contribution includes a full implementation of FSO propagation model to calculate source and reception power of packets under relevant parameters such as atmospheric attenuation, visibility, Gaussian-distributed geometric beam spread, photo-detector threshold, transmitter and receiver diameters, divergence angle, desired error probability per bit and noise.

Low visibility in the medium makes the light experience more deviation from its intended direction by hitting aerosols in the air. This causes the received light intensity to drop which causes

more bit errors. Hence, increasing visibility decreases theoretical error probability and simulated packet error.

To show that our FSO simulation modules comply with the theoretical propagation model, we have done several simulation experiments. Our experiments involved two transceivers positioned in different ways with respect to each other. We observed received power, error probability and bit error rate in packet transmissions while varying important parameters like the separation between the two transceivers, visibility and noise.

1) Effect of Separation in Received Power, Theoretical Bit Error Probability and Simulated Packet Error. Complying with theoretical framework, our results reveal that the received power follows Lambertian law from the transmitter itself and normal of the transmitter. Original transmission power for this scenario is calculated for 0.1 meter. We increased separation between transmitter and receiver antennas from 0.01 meter to 100 meters in our simulations. Distance also affects theoretical error probability and simulated packet error since the received power decreases significantly. We sampled theoretical error with separation between antennas ranging from 10 meters to 4000 meters.

Figure 1 shows that the theoretical error probability increases significantly as the receiver is moved away from the transmitter while keeping the transmission power same.

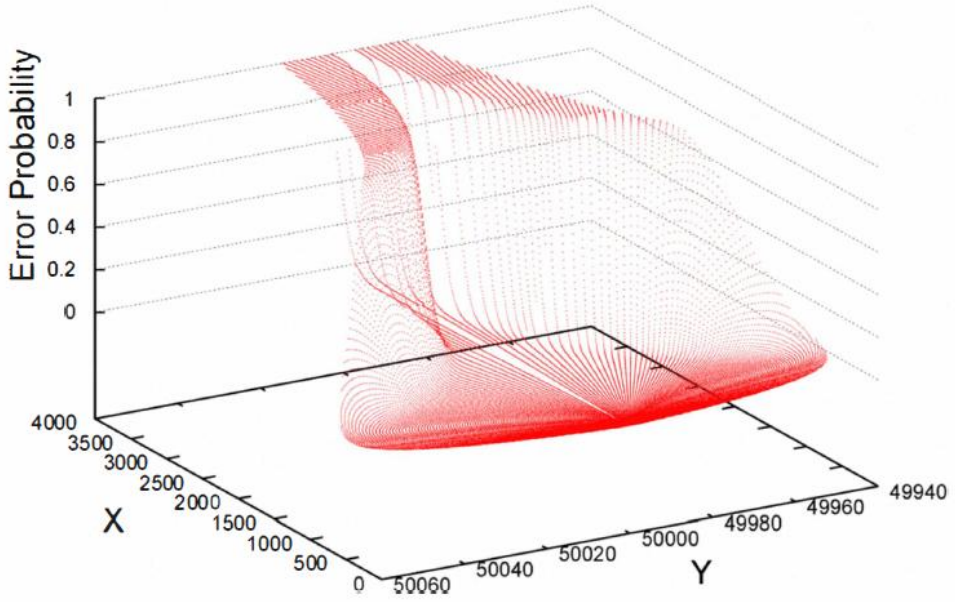


Fig.1. Probability of error dependency of distance

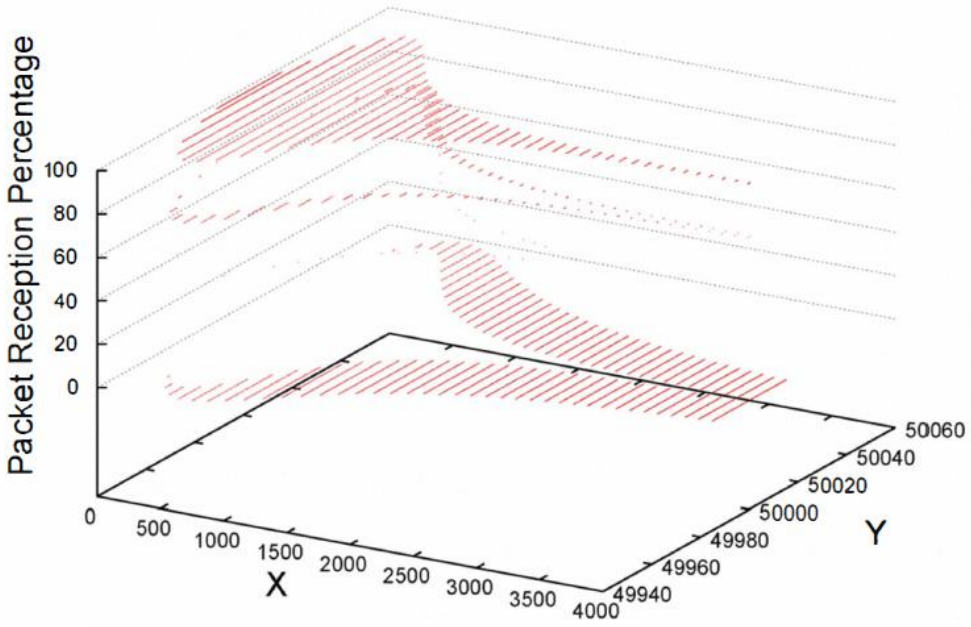


Fig.2. Packet reception dependency of distance

Similarly, simulated packet error is shown in Figure 2 which follows theoretical error probability and shows that percentage of successfully delivered packets decreases as the receiver is moved away from the light source. Used transport agent is UDP.

2) Effect of Visibility in Theoretical Bit Error Probability and Simulated Packet Error. Low visibility in the medium makes the light experience more deviation from its intended direction by hitting aerosols in the air. This causes the received light intensity to drop which causes more bit errors. Hence, increasing visibility decreases theoretical error probability and simulated packet error. For this simulation scenario, the power is calculated for 100 meters with 6 km visibility and kept the same for all the simulations. Separation between antennas is 100 meters. We increased visibility from 0.037 km to 0.041275 km. In results we received that the visibility in the medium affects theoretical bit error probability and simulated packet error significantly.

3) Effect of Noise in Theoretical Bit Error Probability and Simulated Packet Error. There were found that noise has an important impact on theoretical bit error probability and simulated packet error since it will become harder for the receiver to operate at a low signal to noise ratio.

The paper results show that a mobile FSO network is a practical approach to wireless last-mile networks. We observed by simulation that a mobile FSO network is sustainable with a great deal of high speed movement and varying degrees of distance, though we can not discount the effects of these parameters either. As user demand outgrows the capabilities of traditional RF wireless networks, we foresee FSO as an excellent solution.

References

1. D. Partyka, J. Akella, *Simulation Analysis of Mobility Effects on Indoor Free-Space Optical Networks*, IEEE Trans. Commun, 2010.

2. M. Bilgi, M. Yuksel, *Packet-Based Simulation for Optical Wireless Communication*, IEEE Workshop, May 2010.

УДК 621.391

МОДЕЛИ РАДИОКАНАЛА ДЛЯ СИСТЕМ ШИРОКОПОЛОСНОГО МОБИЛЬНОГО ДОСТУПА

Борщова Л.М.
Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова
E-mail: borschova@ukr.net

Radio channel models for wideband mobile access

Two radio channel models are considered. The characteristics of these models are described and compared. The possibility of different channel models implementation is discussed.

Необходимость корректного моделирования условий распространения сигнала для систем широкополосного беспроводного доступа обусловлена несколькими причинами. Физический и канальный уровни системы могут быть оценены при условии, что модель достоверно отображает свойства радиоканала. На практике пространственные характеристики модели радиоканала имеют существенное влияние на эффективность многоантенных систем.

Различные типы окружающей среды, такие как, равнина, пригород, город, внутри помещений, накладывают различные требования на планирование сети, выбор антенных систем и предпочтительный режим передачи [1]. Необходимо также исследовать многочисленные варианты построения сети в частных случаях: горной местности, в условиях плотной застройки и др. Характеристики распространения существенно зависят от расположения центральной частоты канала. Согласно стандарту IEEE 802.16m полосы частот расположены в диапазонах от 450 МГц до 3,6 ГГц [2]. Соответственно характеристики канала будут существенно изменяться для разных частот при одном типе окружающей среды.

Используемая частота оказывает влияние на применение многоантенных систем, в связи с тем, что размер антенны зависит от длины волны несущей. Исследования беспроводных систем доступа направлены на борьбу с результатами многолучевого распространения, применение же многоантенных технологий, может использовать многолучевое распространение для увеличения пропускной способности. Этим объясняется важность задачи создания адекватных моделей MIMO радиоканала для оценки производительности беспроводных систем и их дальнейшего развития. Особое значение имеет моделирование корреляции между сигналами различных антенн, поскольку это определяет режим передачи.

Можно выделить два типа моделей MIMO канала:

• модели канала на основе корреляционных матриц;

• геометрически обоснованные модели канала.

Модели обеих типов можно использовать для систем IEEE 802.16. В качестве моделей на основе корреляционной матрицы рассмотрим расширенную модель ITU, модель канала IST-WINNER относится к геометрически обоснованным.

Основанием для существующих моделей, в том числе и ITU (*International Telecommunication Union*), являются данные измерений. Оценка новых методов передачи требует использования широкополосных моделей канала. Такие модели создаются на базе существующих моделей ITU [3]. В частности, модель ITU, охватывающая шесть разных

вариантов окружающей среды с задержками распространения от 35 нс до 4000 нс может быть дополнена городской моделью GSM, для которой максимальное значение задержки 5000 нс. Таким образом, можно выделить модели широкополосных каналов с низкой, средней и большой задержкой распространения.

Расширенная модель ITU. Расширенная модель ITU определена для трех типов окружающей среды: абоненты с низкой скоростью передвижения (пешеходы) – EPA, с высокой скоростью передвижения (автотранспорт) – EVA, в условиях плотной городской застройки – ETU. Модель EPA может быть использована в городской среде при небольших размерах ячеек, или в пригородной среде с низким уровнем задержки распространения при размере ячейки до 2 км. Средние и большие задержки распространения характерны для моделей EPA и ETU соответственно. В таблице 1 приведены значения СКО задержки распространения для рассмотренных моделей [3].

Таблица 1 – СКО задержки распространения для расширенной модели ITU.

Модель канала	СКО задержки распространения (нс)
EPA	43
EVA	357
ETU	991

При моделировании предполагается, что тип доплеровского спектра – классический (описание приведено в [1]). Максимальное значение доплеровского сдвига 5, 70 и 300 Гц, для скоростей передвижения 2, 30 и 130 км/ч соответственно при частоте несущей около 2,5 ГГц.

Модели представлены в виде линий задержек с отводами, их параметры приведены в таблице 2 [3].

Таблица 2 – Параметры расширенной модели ITU

Номер луча	Модель EPA		Модель EVA		Модель ETU	
	Задержка, нс	Мощность, дБ	Задержка, нс	Мощность, дБ	Задержка, нс	Мощность, дБ
1	0	0	0	0	0	– 1,0
2	30	– 1,0	30	– 1,5	50	– 1,0
3	70	–2,0	150	– 1,4	120	– 1,0
4	80	– 3,0	310	– 3,6	200	0
5	110	– 8,0	370	– 0,6	230	0
6	190	– 17,2	710	– 9,1	500	0
7	410	– 20,8	1090	– 7,0	1600	– 3,0
8			1730	– 12,0	2300	– 5,0
9			2510	– 6,9	5000	– 7,0

Применение моделей EPA, EVA, ETU для исследования многоантенных систем возможно благодаря формированию корреляционной матрицы для многолучевых компонентов. Модель предусматривает три степени пространственной корреляции между сигналами разных антенн: низкую, среднюю и высокую. Низкая степень корреляции соответствует случаю, когда сигналы разных антенн независимы. Высокая и средняя – определяются матрицами корреляции, построенными на основе взаимного расположения антенн.

Ниже приведены матрицы корреляции для базовой и абонентской станций в системе MIMO 2×2 и определена пространственная корреляция сигналов **R**:

$$\mathbf{R}_{\text{БС}} = \begin{pmatrix} 1 & \alpha \\ \alpha^* & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{R}_{\text{АС}} = \begin{pmatrix} 1 & \beta \\ \beta^* & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{R} = \mathbf{R}_{\text{БС}} \otimes \mathbf{R}_{\text{АС}} \tag{1}$$

где $\otimes$ – произведение Кронекера, α, β – коэффициенты, соответствующие разным степеням пространственной корреляции. Для низкой степени корреляции $\alpha = 0$, $\beta = 0$; для

средней: $\alpha = 0{,}3$, $\beta = 0{,}9$; для высокой: $\alpha = 0{,}9$, $\beta = 0{,}9$.

Аналогичные пространственные модели канала определены для MIMO систем 4 × 2 и 4 × 4 [3].

Модель IST-WINNER. Модель радиоканала, разработанная консорциумом WINNER (wireless world initiative new radio) на основании моделей исследовательских групп 3GPP (3rd Generation Partnership Project) и 3GPP-2. В основе модели лежат результаты многочисленных измерений, может использоваться в диапазоне частот от 2 до 6 ГГц, включает в себя 13 типов условий распространения (внутри зданий, снаружи–внутрь здания, большие и малые размеры ячейки для разной плотности застройки) [4]. Возможно изменение числа антенн, конфигурации антенн, диаграммы направленности без изменения типа окружающей среды.

Модель определяет потери при распространении для всех вариантов окружающей среды

$$L = A\log(d) + B + C\log\left(f_{\text{н}}/5\right) + X \qquad (2)$$

где d – расстояние в метрах, $f_{\text{н}}$ – частота несущей, ГГц; A, B, C, X – постоянные, определенные для каждого типа условий распространения. Подробно параметры модели описаны в [4].

Модель IST-WINNER позволяет учесть направление распространения лучей, что важно при исследовании различных конфигураций антенн. При моделировании параметры канала для каждой реализации определяются случайно на основании статистических распределений, полученных в результате измерений. Моделирование канала осуществляется путем суммирования отдельных лучей с индивидуальными параметрами задержки, мощности, угла прибытия.

Выводы. Рассмотренные модели могут быть использованы для моделирования радиоканала при исследовании систем стандарта IEEE 802.16 (в том числе спецификаций IEEE 802.16j и IEEE 802.16m). Точное описание условий распространения позволяет оценить производительность системы.

Расширенная модель ITU канала относительно проста. Ее применение оправдано в случаях когда нет необходимости сравнивать различные техники MIMO, поскольку, при моделировании, все линии задержки имеют одинаковые корреляционные свойства. В реальных условиях лучи имеют разные углы прихода, что определяет их пространственную корреляцию.

Геометрически обоснованная модель IST-WINNER включает в себя множество частных случаев условий распространения сигнала, отражает мгновенные пространственные, частотные, временные характеристики канала, которые влияют на конфигурацию антенн, формирования луча и методы пространственного мультиплексирования, что дает возможность для моделирования и сравнения решений MIMO систем.

Литература

1. Волков Л.Н. Системы цифровой радиосвязи / Л.Н. Волков, М.С. Немировский, Ю.С. Шинаков. – М.: Экотрендз, 2005. – 392 с.

2. Вишневский В.М. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G / В.М. Вишневский, С.Л. Портной, И.В. Шахнович — М.:Техносфера, 2009. — 472 с.

3. S. Sesia LTE – The UMTS Long Term Evolution: from theory to practice / S. Sesia, I. Toufik, M. Baker. – United Kingdom: Baker John Wiley & Sons Ltd, 2011, – 752 p.

4. Commission of the European Communities, ‘IST-WINNER Project’, www.ist-winner.org.

УДК 621.396

БАГАТОКАНАЛЬНА СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ З ЧАСТОТНИМ РОЗДІЛЕННЯМ ФАЗОМАНІПУЛЬОВАНИХ ШУМОВИХ СИГНАЛІВ

Дідковський Р.М.
Черкаський державний технологічний університет
E-mail: didkow@mail.ru

Frequency-division multichannel communication system with noise phase-shift keying

This paper presents a method of frequency-division multiplexing for differential noise-shift keying communication system. Transmitter and receiver structure for multi-channel system is obtained.

У [1] запропонована система зв'язку з фазовою маніпуляцією шумового сигналу (ФМШС). Функціонування даної системи базується на принципах кореляційно-часової модуляції [2], що передбачає передачу опорного сигналу та автокореляційний прийом. Ідея використання протилежних сигналів у такого типу системах була запропонована в [3] і виявилась надзвичайно продуктивною в сенсі підвищення завадостійкості. Повне усунення власних завад у системі з ФМШС дозволило отримати додатковий виграш у завадостійкості.

Символьний інтервал t_S у системі з ФМШС складається з двох рівних за тривалістю частин $T = t_S / 2$. Протягом першої половини символьного інтервалу $t \in [0, T)$ до вихідного тракту передавача надходить сигнал $x(t)$ безпосередньо з генератора шуму. Цей фрагмент символьного інтервалу використовується як опорний сигнал. Протягом наступної половини символьного інтервалу $t \in [T, 2T)$ на вихід подається або дублікат опорного сигналу, або сигнал протилежний до нього (залежно від інформаційного символу λ, що передається в даний момент).

Окрім високої скритності передачі даних та високої (в своєму класі систем) потенційної завадостійкості, системи з ФМШС мають переваги в каналах із неідеальною імпульсною характеристикою (багатопроменеве розповсюдження, частотно-селективне відбивання і проходження радіосигналу, тощо). Ці особливості випливають із структури сигналу. Опорний і інформаційний сигнал проходять однією трасою в одному частотному діапазоні, тому зазнають однакових спотворень на шляху від передавача до приймача. Отже, якщо інтервал квазістаціонарності параметрів каналу багато більший ніж символьний інтервал системи, то подібність між опорним і інформаційним сигналом зберігається.

Крім того, автокореляційний прийом дозволяє суттєво спростити структуру приймальної апаратури, оскільки автокореляційний приймач не потребує фазової і частотної синхронізації, а також генератора опорного сигналу.

Структурна схема передавального і приймального пристрою системи з ФМШС наведені на рис. 1. На ньому позначено: ГШ – генератор шуму, $\underline{T}$ – лінія затримки на час T, К – ключ, М – модулятор, ГГС – генератор гармонійного сигналу з частотою f_0, П – підсилювач, ПФ – полосовий фільтр.

Така структура передбачає спеціальний вибір параметрів системи. Нехай сигнал $x(t)$, що спостерігається на виході генератора шуму, займає полосу частот $[0, F]$. Тоді тривалість опорного сигналу будемо обирати серед чисел $T = k / F$, де k – натуральне число більше 3-х. При цьому частоту ГГС встановлюємо кратною F, тобто $f_0 = m \cdot F$, де m – довільне натуральне число, якщо модулятор працює в режимі однополосної модуляції, і парне, якщо модулятор працює в режимі балансної модуляції. За таких умов протягом опорного сигналу

вкладатиметься ціле число хвиль гармонійного сигналу. У результаті кореляційна відповідність між опорним і інформаційним сигналом зберігається після перетворення частоти сигналу.

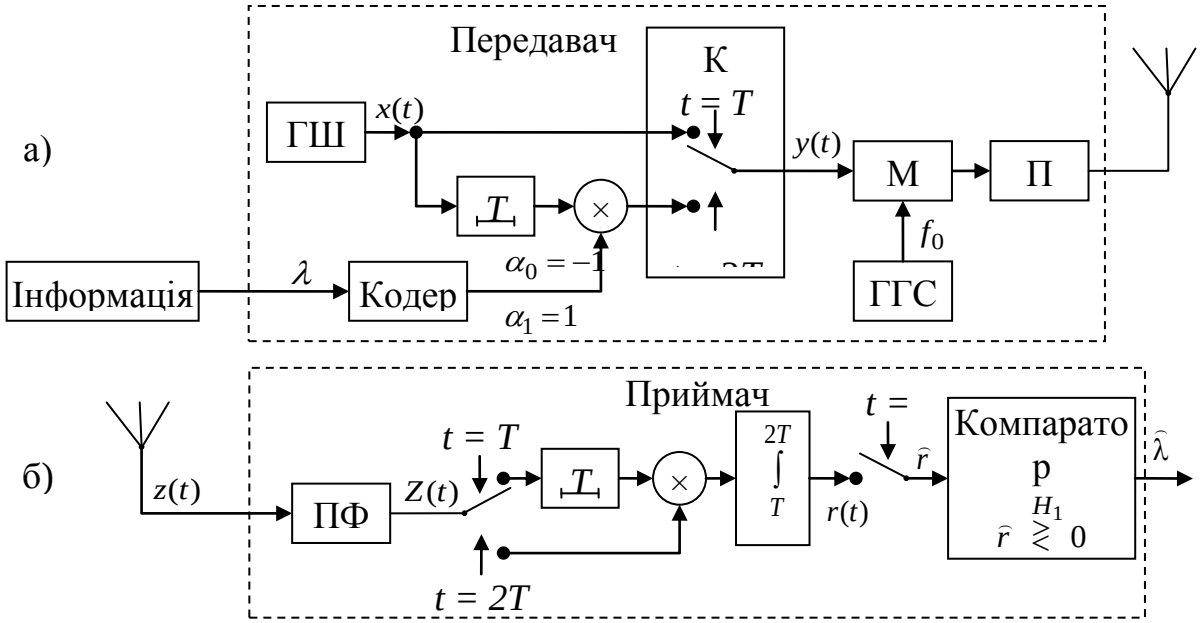


Рис. 1. Структурна схема передавача (а) та приймача (б) системи зв'язку з ФМШС.

Виникає проблема розробки ефективних методів побудови багатоканальних систем зв'язку з використанням ФМШС.

Багатоканальна система з передачею опорного шумового сигналу була запропонована в роботі [4] і реалізована як експериментальна система «Дисперс». Канали опорного та інформаційних сигналів у цій системі розділяються або за рахунок часової затримки, або завдяки їх рознесенню по частоті.

Проблема полягає в тому, що зсунуті в часі реалізації стохастичного процесу скінченної довжини є квазіортогональними. Це веде до появи в системі власних (системних) завад, причому їх рівень тим вищий, чим вища швидкість передачі даних. Структура приймача з спільним перемножувачем для всіх частотно-розділених каналів веде до появи комбінаційних частот. Це обмежує кількість паралельно працюючих каналів та, знову ж таки, створює власні завади в системі.

Крім того, передача інформаційного і опорного сигналу в різних частотних діапазонах може призвести до втрати відповідності між ними в складних умовах розповсюдження сигналу.

Альтернативні шляхи побудови багатоканальних систем із шумовою носійною розглядалися в роботах [5] та [6]. Основна ідея цих робіт полягає у використанні інформаційної ємності шумового сигналу шляхом побудови ансамблю ортогональних шумових сигналів у одному частотному діапазоні.

Однак, на наш погляд, перспективним є також застосування класичних методів частотного розділення каналів [7] у системах даного типу.

Найпростіший варіант такої багатоканальної системи може бути утворений об'єднанням паралельних незалежно працюючих каскадів ідентичних за структурою тим, що зображені на рис. 1. Кожен із каскадів передавача відрізняється лише значенням частоти ГГС, а у відповідному каскаді приймача встановлюється відповідна полоса пропускання вхідного фільтра. При цьому кожен канал у кожен момент часу використовує свою пару опорного та інформаційного сигналів. Більш того, довжина символьних інтервалів (а значить і швидкість передачі даних) у різних каналах може відрізнятись. У частотних діапазонах із більшою потужністю завад можна зменшити швидкість передачі для досягнення необхідного

рівня достовірності передачі. Крім того, даний підхід забезпечує високу параметричну скритність системи.

Цими можливостями можна знехтувати заради спрощення структури передавача, використавши спільний для всіх каналів генератор шуму. При цьому структура приймача залишиться незмінною.

Потенційно дублювання опорного сигналу в різних каналах можна позбутися або використати для підвищення точності відтворення форми опорного сигналу в приймачі. Однак вирішення цих задач призводить до значного (можливо не виправданого) ускладнення приймального пристрою.

Зауважимо, що оптимальним методом перетворення частот сигналу в передавачі системи є однополосна модуляція. При цьому кількість каналів, що працюють у заданому частотному діапазоні можна подвоїти порівняно з балансною модуляцією. У приймачі при зміні типу модуляції зміниться лише ширина полоси пропускання ПФ.

Відмітимо також, що використання амплітудної модуляції (без подавлення носійної) дозволяє здійснити простими некогерентними методами зворотне перетворення частот сигналу. Це, в свою чергу, дає можливість здійснити аналогово-цифрове перетворення сигналу та обчислювати вихідну функцію корелятора $r(t)$ суто цифровими методами.

Недоліком амплітудної модуляції є неефективне використання енергії передавача та зменшення скритності передачі.

Серія проведених обчислювальних експериментів показала, що багатоканальна система, побудована за описаним вище принципом, при розташуванні спектральних діапазонів різних каналів «в стик» втрачає порівняно з теоретичною оцінкою потенційної завадостійкості одноканальної системи близько 0,5-1 дБ. Ці втрати пов’язані з неідеальністю характеристик вхідних фільтрів приймача.

Слід зауважити, що метод частотного розділення каналів може бути поєднаний з методами ортогональних перетворень (див. [5-6]). У такій комбінації кількість каналів у системі обмежується лише базою групового сигналу та дозволяє отримати суттєвий виграш у потенційній завадостійкості за рахунок ускладнення обробки.

Отже, класичні методи частотного розділення каналів цілком застосовні для побудови багатоканальних систем із шумовою носійною, зокрема систем із ФМШС. Спеціальний вибір тривалості символьного інтервалу та частоти модуляції дозволяє значно спростити алгоритм обробки сигналу та структуру приймача.

Література

1. Первунінський С.М., Дідковський Р.М., Метелап В.В., Тобілевич Ю.Є. Математичне моделювання систем зв’язку з кореляційно-часовою модуляцією // Вісник Черкаського університету. Серія «Прикладна математика». ЧНУ. – 2006. – Випуск 83. – С.112-123.
2. Семенов А.М., Сикарев А.А. Широкополосная радиосвязь. – М.: Воениздат, 1970. – 280 с.
3. Воронин А.А. Шумоподобные сигналы – эффективный метод борьбы с замираниями // Электросвязь. – 1966. – №7.
4. Бунин С.Г., Войтер А.П. Вычислительные сети с пакетной радиосвязью. – К.: Тэхника, 1989. – 223 с.
5. Дідковський Р.М. Підвищення завадостійкості системи зв’язку множинного доступу з фазовою маніпуляцією шумового сигналу // Наукові записки УНДІЗ. – 2010. – №2(14).– С.23-31.
6. Дідковський Р.М., Гузнін С.С. Теоретичне та експериментальне дослідження завадостійкості системи на основі кореляційної хаотичної модуляції з додаванням ортогоналізованої затриманої компоненти // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – №1. – С.280-286.
7. Кириллов В.И. Многоканальные системы передачи: Учебник. – М.: Новое знание, 2002. – 751 с.

УДК 627.372

ИМПУЛЬСНЫЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЕ СИГНАЛЫ В РАДИОСЕТЯХ

Бунин С.Г., Плотник К.А.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
Email: dzuk@i.ua

Ultra Wide Band Signals in Radio Networks

Ultra wideband signal parameters used in radio networks are examined. An approach to increase data rate transfer is proposed.

В последнее время все больше растет интерес к сверхширокополосным (СШП) импульсным сигналам, поскольку они обладают рядом преимуществ перед традиционными узкополосными и широкополосными сигналами, такими, как возможность обеспечения высоких скоростей передачи, малой средней мощностью, потребляемой терминалами от источников питания, совместимостью с узкополосными сигналами и др.[1].

Однако до сего времени эти сигналы рассматриваются в качестве передачи между двумя корреспондентами в режиме точка-точка. При использовании сверхширокополосных импульсных сигналов в сетях возникает ряд проблем, связанных с необходимостью различать (селектировать) сигналы, передаваемые различным абонентам, обеспечить их взаимную синхронизацию передатчиков и приемников.

Среди различных способов модуляции или кодирования импульсных сигналов наиболее эффективным и реализуемым является передача бита информации не одним, а серией взаимно ортогональных импульсов. Это соответствует имульсно-временному кодированию (PPM - pulse position modulation). Импульсно-временное кодирование подразумевает возможность применения как когерентных, так и некогерентных методов приема. Другие способы кодирования, например, путем инверсии импульсов, требуют когерентных методов, которые, в свою очередь, подразумевают строгую синхронизацию, необходимую для сравнения форм импульсов. Такую синхронизацию трудно (если вообще возможно) организовать при длительностях импульсов менее 10^{-9} с. Поэтому практически очевидно, что прием таких сигналов возможен с помощью некогерентных корреляторов, когда форма импульсов не имеет значения, а важна лишь их энергия.

Говоря об энергии, следует отметить, что при ограниченной амплитуде импульсов их энергия весьма мала, поскольку она пропорциональна длительности импульсов. Поэтому для получения необходимого отношения сигнал-шум при классических методах приема с накоплением энергии может потребоваться большое количество импульсов на один бит информации.

Увеличение количества импульсов на бит снижает возможную скорость передачи информации в радиосетях. Кроме того, для обеспечения взаимной ортогональности сигналов, исключающей мажоритарные совпадения временных положений импульсов, необходимо генерировать сигналы с достаточной скважностью. Это также эквивалентно снижению скоростей передачи.

Количество ортогональных кодов определяет максимальное количество пользователей, которые одновременно могут передавать данные в сети. Для расчета количества

ортогональных кодов используется средняя скважность – отношение длительности сигнала T_s к суммарной длительности импульсов в этом сигнале:

$$\overline{Q} = T_s / \tau_i n \ ,$$

где τ_i – длительность импульса, n – количество импульсов в сигнале (рис. 1).

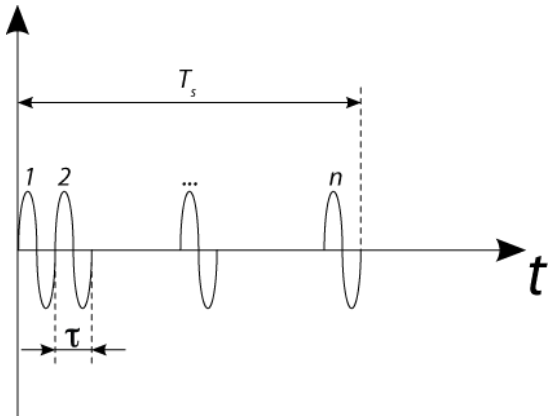


Рис. 1. Сверхширокополосный импульсный сигнал в радиосети.

На рис.2 качественно показана зависимость возможного количества абонентов в сети от требуемой скорости передачи при различном количестве импульсов, приходящихся на один бит сигнала. Предполагается, что количество абонентов в радиосети пропорционально средней скважности сигналов.

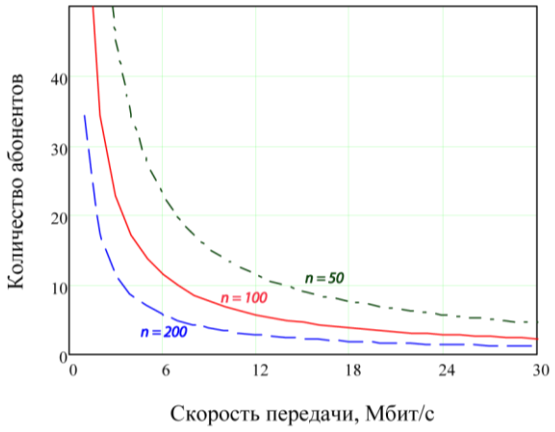


Рис. 2. Зависимость скорости передачи данных от количества абонентов в сети при $\tau_i = 0.146$ íñ

Как следует из графика, скорости передачи в сети существенно ниже тех, которые декларируются в литературе для связей типа «точка – точка».

Повышение скоростей передачи в радиосетях со сверхширокополосными импульсными сигналами возможно при уменьшении длительности применяемых импульсов, поскольку при этом может быть уменьшена длительность сигналов при сохранении той же самой средней скважности. Но уменьшение длительности импульсов смещает максимум спектра сигнала в более высокие области радиочастотного спектра. Это связывает характеристики радиосетей с условиями распространения радиосигнала на повышенных частотах (с влиянием поглощения в газах и гидрометеорах). Поглощение части спектра сигнала, как и длительности составляющих его импульсов, эквивалентно уменьшению энергии сигнала, т.е. дальности радиосвязи.

Для компенсации этого эффекта может быть применен «неэнергетический» способ приема импульсных СШП сигналов [3]. Этот способ приема избавляет от необходимости накопления энергии принимаемых сверхкоротких импульсов, они используются как средство указания их положения на оси времени и генерации в моменты приема сверхкоротких импульсов «стандартных» импульсов заданной амплитуды и длительности для дальнейшей их обработки коррелятором.

Таким образом, при использовании СШП импульсных сигналов в радиосетях скорость передачи данных зависит от средней скважности сигнала, длительности и количества импульсов в сигнале. Повышение скорости передачи данных возможно за счет уменьшения их длительности и использования «неэнергетического» способа приема.

Литература

1. L. E. Miller. Why UWB? A Review of Ultrawideband Technology.// Report to NETEX Project Office, DARPA. Wireless Communication Technologies Group National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, Maryland. April 2003.
2. Federal Communications Commission (FCC) “First Report and Order in The Matter of Revision of Part 15 of the Commission’s Rules Regarding Ultrawideband Transmission Systems” ET-Docket 98-153, FCC 02-48, released April 22, 2002. .
3. Бунин С.Г. «Неэнергетический» прием ультракоротких импульсных сигналов // Telecommunication Sciencies. – 2010. – №1. – С. 7-13.

ВОПРОСЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ В СУДОВОЖДЕНИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СУДНА

Кузнецов М.С., Афонин И.Л.
Севастопольский национальный технический университет
ул. Университетская, 33, Севастополь, Украина, 99053

В современной обстановке любой из нас интуитивно понимает, что нас окружает огромное количество радиооборудования, а следовательно, мы имеем огромное количество сигналов различных диапазонов длин волн, влияющих на нас и на используемую аппаратуру. Если на берегу сбой в работе аппаратуры может быть быстро устранен, то в море это чревато тяжелыми последствиями, а иногда на карту может быть поставлена и жизнь моряков. Поэтому тратится огромное количество времени, сил и средств при проектировании оборудования и при его технической эксплуатации на анализ функционирования, взаимовлияния и воздействия на организм человека, как на своем ходовом мостике, так и на палубе судна.

Современно морское судно — это воплощение новейших технологий, а это, как правило, огромный комплекс средств безопасности мореплавания, радиооборудование Глобальной морской системы связи и для обеспечения безопасности мореплавания — ГМССБ и навигационное оборудование, интегрированные системы управления судном, а также средства телекоммуникаций, как правило, спутниковые телефоны, *INTERNET*, телевидение, системы позиционирования (*GPS* стандарта, системы ГЛОНАСС или ГАЛИЛЕО) и многое другое. Все перечисленное оборудование имеет антенны, работающие в различных частотных диапазонах.

В соответствии с международной Конвенцией *SOLAS*–74/88 минимальный состав аппаратуры ГМССБ и навигационного оборудования включает: две радиолокационные станции (РЛС): *S*–диапазона и *x*–диапазона, спутниковый компас, радиостанции ультракоротковолнового (УКВ) диапазона, радиостанции диапазонов промежуточных (ПВ) и коротких (КВ) волн, навигационный телекс — приемник *NAVNEX*, систему *INMARSAT* (один или два из одобренных стандартов), *GPS* и *DGPS*, автоматическую идентификационную систему — *AIS*. При этом излучение этих средств резко разнится по мощности и по частотному диапазону. Размещение оборудования, в частности, антенн средств радиосвязи, радиолокации и радионавигации должно выполняться в соответствии с Правилами Регистра и другими нормативными документами [1 — 10]. Приведенные в них инженерные методики расчета позволяют получить представление об электромагнитной обстановке.

Для того чтобы провести строгий анализ электромагнитной обстановки необходимо знание не только судового оборудования и принципы его функционирования, но и: фундаментальные законы электродинамики; уравнения Максвелла; скалярные и векторные потенциалы; вектор — функцию Герца; уравнения Даламбера и Гельмгольца; переменные магнитные и электрические диполи; распространение электромагнитных волн в проводящих и непроводящих средах; глубину проникновения волн; отражение электромагнитных волн от различных сред; естественные электромагнитные поля судов; источники переменных магнитных и электрических полей судов — внешней и внутренней модуляций; электрооборудование и прочее размагничивающие устройства, качку судна. Все эти явления и многое другое встречается на судне, а, следовательно, и должно быть рассчитано при проектировании конструкции и при эксплуатации судна.

Палуба любого судна сильно перегружена металлоконструкциями сложной формы, а методика оценки их влияния в указанных документах не приводится. Поэтому схему расположения антенн приходится корректировать по результатам инструментальных измерений, которые могут быть проведены только после постройки. Как следствие, резко возрастает стоимость проводимых работ, а иногда выполнение требований нормативных

документов становится возможным только после существенных изменений в конструкции. В работе приведены результаты расчетов, выполненных по руководящим документам. При этом на первом этапе проведен анализ размеров опасных зон и выработки исходного варианта расположения антенн. На втором этапе было выполнено компьютерное моделирование электромагнитной обстановки при помощи программы *FECO*. Поскольку палуба и основные конструкции на ней имеют большие массогабаритные показатели, электромагнитная обстановка моделировалась методом геометрической теории дифракции. Для этого на основании судовой документации разработаны трехмерные модели излучения используемых антенн и их лучевая модель (рисунок 1). Применение метода геометрической теории дифракции позволило кардинально снизить требования к производительности компьютера, и свести временные затраты на проектирование к минимуму.

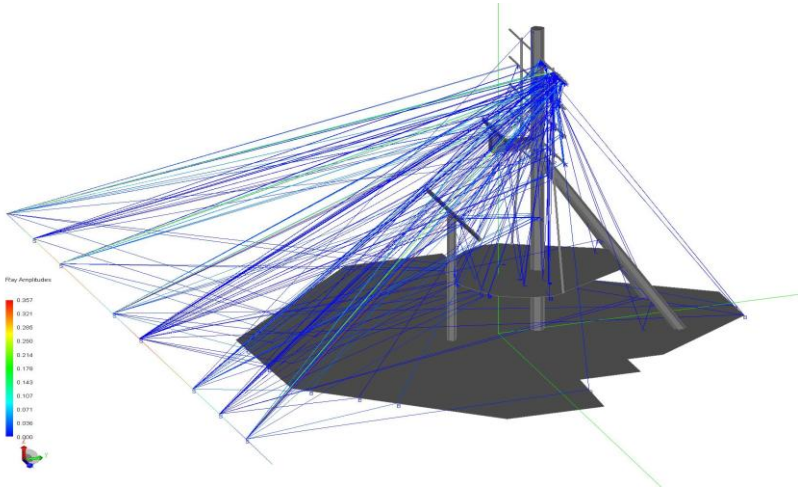


Рисунок 1 — Лучевая модель палубы судна

В результате расчетов построены эпюры распределения электрической напряженности поля для антенн аппаратуры радиосвязи и плотности потока мощности для антенн аппаратуры радиолокации в местах возможного сосредоточения персонала. А также смоделировано влияние судового радиооборудования, находящегося на палубе судна, на пассажиров и членов экипажа судна, то есть проведен экологический мониторинг электромагнитной обстановки. Результаты моделирования представлены на рисунке 2.

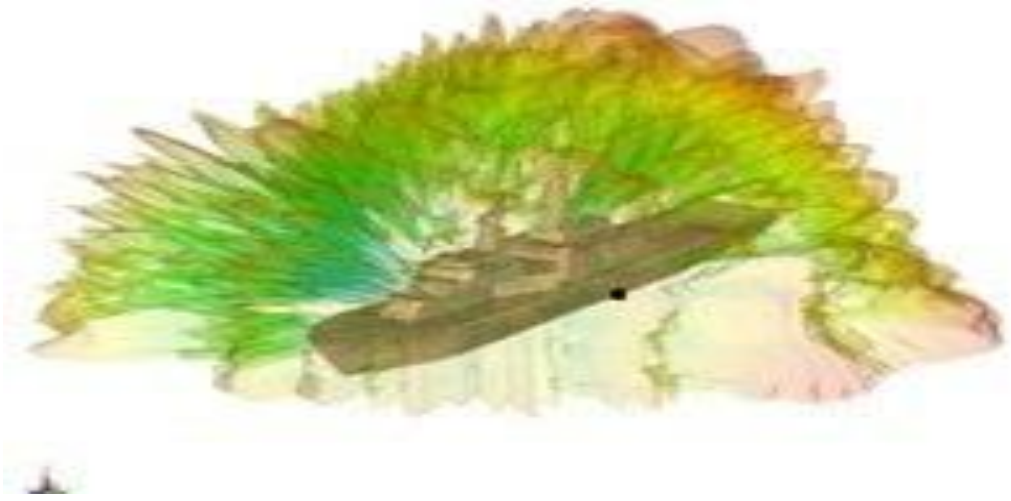


Рисунок 2 — Распределение напряженности электрического поля вокруг судна

На рисунке 3 показаны результаты расчета электромагнитной обстановки на палубе судна.

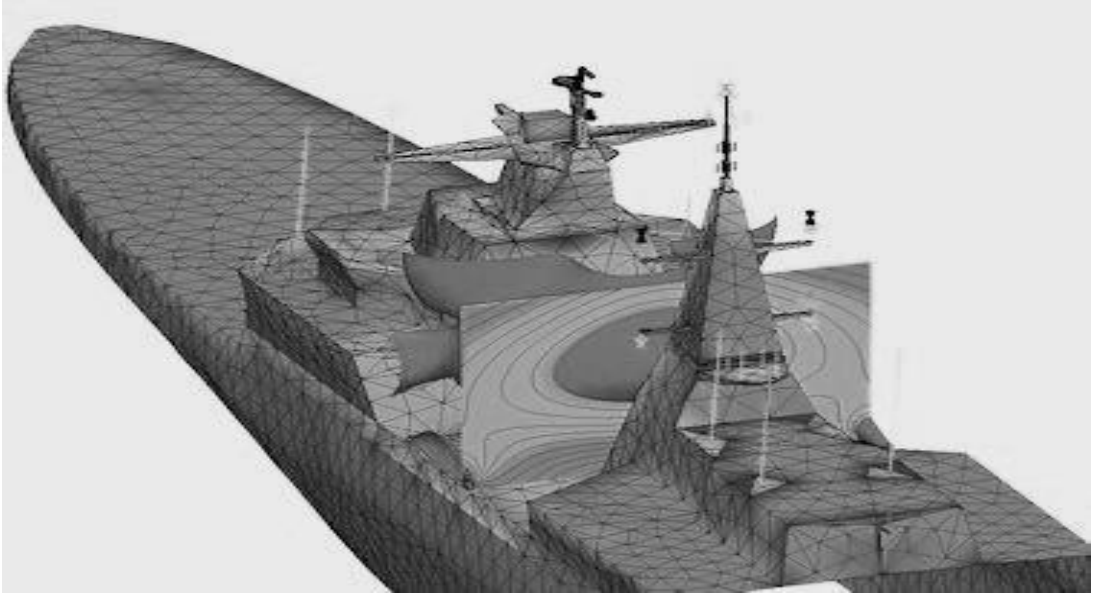


Рисунок 3 — Модель электромагнитной обстановки на палубе судна

В настоящее время разрабатываются методики оценки экологической обстановки на различных типах морских судов.

Библиографический список

1. Фок В.А. Успехи физических наук / В.А. Фок // Дифракция. — 1948. — Т. XXX. — VI. — Вып. 3, — 327 с.

2. *Shckorbatov Y.G. He-Ne laser light induced changes in the state of chromatin in human cells* / *Y.G. Shckorbatov* // *Naturwissenschaften*. — 1999. — *V*. 86. — № 9. — *P*. 452–453. НД № 2–020101–053. Правила по оборудованию морских судов. Правила по грузоподъемным устройствам морских судов. Правила о грузовой марке морских судов. — Введ. 2008-10-01. — СПб.: Российский морской регистр , 2008. — 412 с.

3. Рекомендация МСЭ-*R M*.1172. Различные сокращении и сигналы, используемые для радиосвязи в морской подвижной службе, 1995-10-1. — СПб.: Ассамблея радиосвязи МСЭ, 1995. — 251 с.

4. РД 31.54.26-00.Нормы и правила обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) на морских подвижных объектах и методы комплексной оценки ЭМС. — Введ. 1999-02-04 — СПб.: ЦНИИМФ, 2000, — 100 с.

5. Банков С.Е. Анализ и оптимизация СВЧ структур с помощью *HFSS* / С.Е. Банков, А.А. Курушин, В.Д. Разевиг — М.: Солон-Пресс, 2004 — 240 с.

6. РД5Р.8713-93. Аппаратура радиосвязи и радиолокации. — Введ. 97-02-03. — СПб.: ГМП Звезда, 1997. — 38 с.

7. *Comrod Modular Antennas* / *Comrod*. — Б. М., *Comrod*, Б. Г. — 6 с.

8. *FURUNO*. Руководство оператора. УКВ радиотелефон / *Furuno, — Furuno EURUS*. — 130 с.

9. *AIS* 200 Руководство пользователя / *Kongsberg*. — М.: Саит-Москва, 2007. — 85 с.

10. *Arpa marine radar with full arpa and AIS function* / *Furuno*. — *Furuno*. — 8 с.

УДК 666.189.2:666.22

СИСТЕМНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕРЕЖ ШИРОКОСМУГОВОГО ДОСТУПУ

Каток В.Б., Руденко І.Е., Тарасенко І.В.
ВАТ "Укртелеком"
E-mail: vkatok@ukrtelecom.ua, irudenko@ukrtelecom.ua

Systematic approach to upgrading broadband networks

The analysis of key technology of broadband access network, such as FTTB, FTTH P2P and FTTH PON has been executed. Recommendations are offered at the choice of effective technologies of optical fibre networks of access.

Зростання світових цін на мідь, обмеження полоси пропускання та моральний знос інфраструктур на металевих кабелях зв'язку робить їх модернізацію економічно недоцільною. В свою чергу, зростання попиту на послуги доступу до мережі Internet призводить до революційних змін у побудові мереж широкосмугового доступу. На заміну мідній парі прийшло оптичне волокно (ОВ).

Так виникла нова технологія побудови широкосмугових мереж доступу FTTx. FTTx – назва узагальненої технології, при якій ОВ від вузла доступу доходить до певної точки X, яка називається точкою присутності. В залежності від розташування точки присутності розрізняють понад тридцять варіантів рішень. Найбільш широкого застосування отримали технології FTTB (Fiber To The Building – волокно до будинку) та FTTH (Fiber To The Home – волокно до квартири).

При використанні технології FTTB волокно доводиться до багатоквартирного житлового будинку, в якому (у підвалі, на сходовому майданчику або спеціально підготованому приміщенні) розташовується Ethernet комутатор. Від Ethernet комутатору до квартири споживача сигнал передається по мідно жильному кабелю 5-ї категорії. До недоліків даної технології слід віднести: потребу у постійному джерелі електроживлення для підтримки роботи Ethernet комутатору, необхідності наявності заземлення, обмеження довжини металевого сегменту абонентської лінії, суттєвих експлуатаційних витратах на обслуговування.

Розгортання нових широкосмугових послуг, таких як надання послуги потокового телебачення високого розрішення (HDTV), 3D телебачення вимагають швидкостей передавання до 100 Мбіт/с і вище. Такі швидкості може забезпечити лише технологія FTTH.

На сьогодні існує два основних варіанти застосування технології FTTH. При першому варіанті кожному користувачу для підключення до комутатора вузла доступу виділяється окреме ОВ (так звана технологія Point-to-Point або P2P). При другому варіанті – група користувачів підключаються до комутатора вузла через проміжні пасивні оптичних пристроїв розділення /об'єднання (сплітери). Така технологія називається Point-to-Multipoint (P2MP) або PON.

Головна перевага архітектури FTTH P2P – це можливість практично безмежного розширення ширини каналу зв'язку. Але вона вимагає значних витрат на лінійно-кабельні споруди, оскільки для підключення 144 абонентів потрібно використання досить коштовного ВОК на 144 ОВ.

Головною перевагою архітектури FTTH PON є, насамперед, значна економія на лінійно-кабельні споруди. Так до одного лінійного кабелю на 144 ОВ в залежності від коефіцієнту ділення (зазвичай 1:32 або 1:64 рідше 1:128) можна підключити від 4,6 до 18,4 тисяч абонентів. Тому технологія FTTH PON є найбільш пристосованою до підключення масового споживача, в той час як застосування технології FTTH P2P більш ефективне для підключення бізнес абонентів, або вимагає істотної фінансової підтримки з боку держави.

Незважаючи на суттєві переваги технології FTTH на сьогодні а Європі переважно застосована технологія FTTB (58%). Це в першу чергу пояснюється тим, що основними замовниками послуг широкосмугового доступу виступають не традиційні оператори зв'язку, а муніципальні структурі та енергопостачальні компанії. Однак, останні роки намітилась чітка тенденція до зростання темпів впровадження технології FTTH. Цю тенденцію чітко можна прослідити по темпам зростання ринку широкосмугового доступу Росії, яка останні роки вийшла у європейські лідери по підключенню абонентів за технологіями FTTB/ FTTH (рисунок 1).

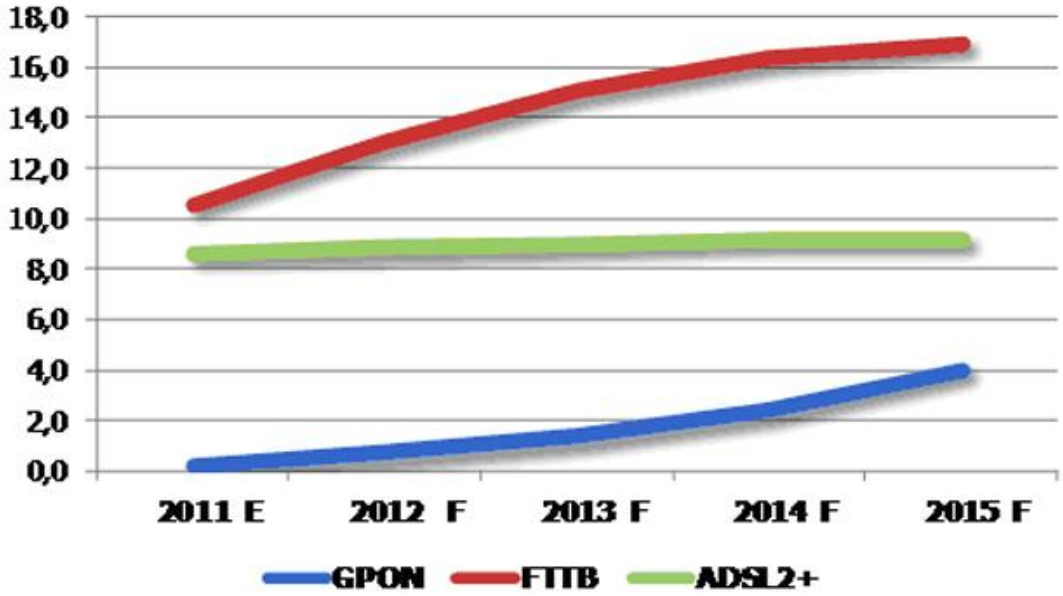


Рисунок 1 - Прогноз кількості абонентів широкосмугового доступу в Росія в млн. домогосподарств на 2011-2015 рр. за даними компанії J'son & Partners Consulting

Заключення: на існуючому етапі розвитку технологій оптичних мереж доступу можна рекомендувати технологію FTTH P2P для підключення бізнес-клієнтів а технологію FTTH xPON для масових користувачів.

УДК 627.372

ДИНАМІЧНЕ УПРАВЛІННЯ РАДІОРЕСУРСОМ У ГЕТЕРОГЕННИХ МЕРЕЖАХ З ТОЧКИ ЗОРУ ВИКОНАННЯ ВИМОГ QOS

Скляр М. О., Кравчук С.О.
maryna_skliar@meta.ua

Abstract – In this work the mechanisms of resource management in wireless technologies are considered and the necessity of additional control is demonstrated. This control is provided by special algorithms for optimization of using radio resource and saving quality of service in network.

Вступ

Питання поєднання мереж різних технологій у еволюційному розвитку набуло особливого статусу. Мова йдеться не просто про здатність мереж забезпечувати свій функціонал, а і підтримувати спільні послуги без розривів із належною якістю згідно вимог QoS. Налагодження взаємодії між мережами дає економічну вигоду, дозволяє вигідно використати потенціали побудованих мереж. Окрім налагодженої роботи гетерогенної мережі, до неї ставиться вимога оптимального використання радіоресурсів. Дана задача має підходи до вирішення майже у всіх безпровідних технологіях. Задача ж комплексного управління радіо ресурсом у гетерогенній мережі залишається особливим питанням, яке потребує додатково розгляду.

Огляд літератури

Досліджена література концентрується на питаннях поєднання різнорідних мереж і подальшого управління ними. Це управління здійснюється централізовано або розподілено. Наприклад, згідно [1] цей підхід реалізується за допомогою неавтоматичного планування зон обслуговування і створення жорсткої моделі використання частот. Схеми динамічного RRM адаптивно регулюють параметри радіомережі відповідно до завантаження трафіку, розміщення користувачів, вимог QoS. У [2] розглядаються основні проблеми, які виникають на стику двох технологій, і шляхи їх вирішення. Задача ефективного хендовера полягає у постановці таких питань: необхідності переходу до іншої мережі, параметри, за якими буде прийматися це рішення, проблема латентності на другому і третьому рівнях. Питання втрати пакетів зазвичай вирішується тунелюванням і передачею пакетів на нову точку доступу до приєднання мобільного термінала до неї. Також у даній статті розглядається ефект пінг-понгу, який полягає у здійсненні кількох непотрібних хендоверів.

У [4] проаналізовані технічні аспекти мобільності в гетерогенних мережах у розрізі трьох категорій: управління ресурсами, інженерної частини, управління послугами. Також у вертикальній перспективі розглянуто їх взаємозв’язки. Таким чином, можна говорити про хендовер з точки зору оптимізації процесу, який залежить від багатьох факторів.

Основна частина

Метою динамічного управління радіо ресурсом є оптимальне використання обмежених ресурсів радіочастотного спектра та інфраструктури радіомережі. У даному випадку мова йде про питання пропускної здатності цілої мережі із багатьма користувачами і зонами обслуговування, а не просто пропускну спроможність каналу «точка-точка». Дані функції можуть бути розділені між канальним і мережевим рівнями з урахуванням вимог до інформації, цільового об'єкта і доступних функцій.

Прикладом мережі без управління радіоресурсом є мережі першої технології IEEE 802.11, в якій не було передбачено жодного подібного механізму [ПОСИЛАННЯ]. Зони застосування даних мереж показали, наскільки необхідний контроль. Тому, починаючи із IEEE 802.11 h, робоча група пропонує три механізми управління радіоресурсом:

- Динамічне присвоєння каналів;
- Динамічний контроль потужності передачі;

- Розподіл навантаження.

У технології UMTS натомість механізми управління радіо ресурсом передбачались початково: контроль прийому, управління перевантаженням і управління навантаженням, контроль хендоверу, контроль потужності, контроль розкладу пакетів.

Управління радіоресурсом (RRC) в UMTS цілком належить площині управління, тому він не має інформаційних даних, тільки сигнальна. Результати вимірювань, отримані на фізичному і MAC-рівні, є сигнальною інформацією Radio Link Control (RLC).

У документах 3GPP представлений підхід динамічного управління радіоресурсами (CRRM). Також 3GPP визначено і узгоджено можливі топології впровадження: CRRM інтегрований з кожною RNC/BSC, із деякими RNC/BSC та CRRM як окремий сервер.

Поняття якості згідно [5] у телекомунікаційних послугах не може бути визначено однозначно. Це пов'язано з тим, що існують кілька можливих позицій для оцінювання. Можлива ситуація, коли ідеальна з точки зору налаштувань і параметрів мережа виявляється непридатною для використання. Це пов'язано з порушенням вимог комфортності для кінцевого користувача.

Постає задача багатокритеріальної оптимізації для знаходження деяких значень параметрів, що зможуть задовольнити якомога більше з поставлених вимог.

У даній роботі були розглянуті мережі на рівні забезпечення безшовної мобільності, особливості здійснення хендоверу у даних мережах. Поєднання мобільної і фіксованої технології попри складну реалізацію дає змогу оператору надавати економічно цікаві користувачу послуги. Взаємодія мереж може бути організована у кількох принципово різних варіантах, кожен з яких відрізняється рівнем спряження мереж. Розглянемо можливі варіанти реалізації архітектури мереж.

Варіант слабкого стикування передбачає незалежність обох мереж між собою. Мобільна станція отримує IP-адресу у своїй початковій мережі, через агент якої і відбувається обслуговування усіх подальших викликів абонента незалежно від його розміщення. Основний недолік цього відносно простого способу взаємодії стають значні затримки через комунікації серверів мереж між собою.

Використання додаткового елемента – шлюзу – дозволяє без передачі управління абонентом іншій мережі здійснювати зв'язок з елементами її ядра. Такий шлюз підтримує з'єднання із SGSN у ситуації, коли абонент із зони WLAN знаходиться у роумінгу у UMTS. Коли абонент UMTS знаходиться у роумінгу у WLAN, шлюз підтримує з'єднання із GGSN.

Остання із наведених реалізацій взаємодії (рис.1) також потребує додаткового структурного елемента. На нього покладається функція взаємодії з елементами мережі UMTS RNC або SGSN. Основною ідеєю тісного стикування є використання мережі WLAN як шару доступу до мережі UMTS. Дане рішення зменшує затримку хендовера, але в той же час робить вузьким місцем процесу передачі пропускну здатність мережі UMTS.

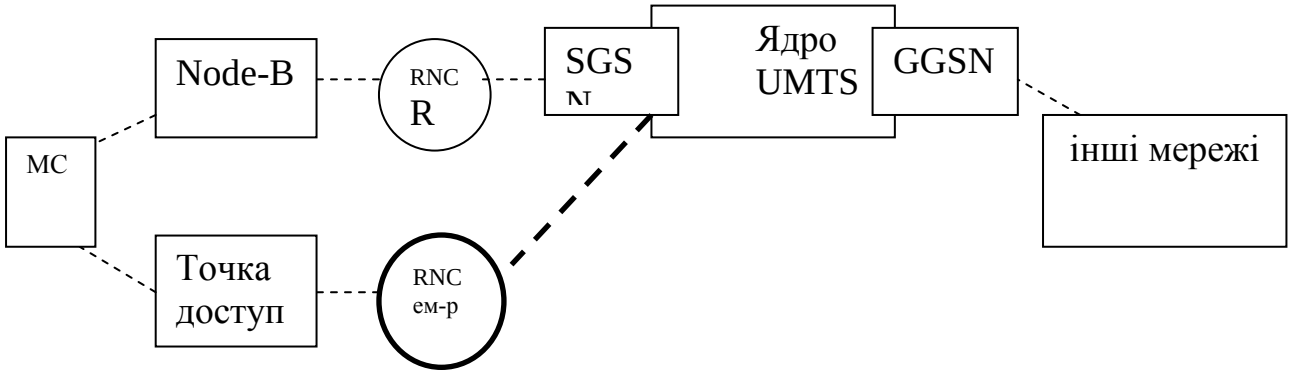


Рис.1 Реалізація стійкого стикування на гетерогенній мережі

Прикладами наведених варіантів взаємодії стали специфікації, які визначають взаємодію між мережами: UMA (Unlicensed Mobile Access) – приклад тісного стикування мереж GSM та WiFi, Bluetooth; GAN (Generic Access Network) – як продовження тієї ж ідеї для мереж 3G. Таким чином, у [6] виділяють кілька рівнів для оцінки QoS: внутрішньо-системний, рівень сприйняття користувача, основна оцінка користувачем.

Особливістю обраної схеми є алгоритм управління радіоресурсом здійснюється за ієрархічним принципом: головним елементом є спеціально призначений для цього CRRM, який обмінюється повідомленнями з локальними RRM кожної мережі. Через певні періоди часу локальні RRM відправляють CRRM звіти із вимірами, базованими на вимогах QoS.На основі такого звіту приймається рішення про передачу управління мобільним терміналом чи перерозподіл ресурсів.

Висновки

Вивчення питання динамічного управління радіоресурсом в гетерогенних мережах логічно має ґрунтуватись на певних критеріях, цілях управління, оскільки в основному вирішується задача багатокритеріальної оптимізації. Для розстановки пріоритетів можна взяти за базові вимоги QoS до гетерогенної мережі. Втілення даного алгоритму на реальні мережі впливає на основні процедури управління мережею, зокрема на прийняття рішення про передачу управління мобільним терміналом. Рішення не може бути прийнятим, базуючись на результатах вимірювання одного показника. Воно також стає об’єктом багатокритеріальної оптимізації, в основі якої показники QoS: не тільки на системному рівні, але і на рівні сприйняття користувачем. Внесення такого роду суб’єктивних критеріїв потребує подальшого удосконалення алгоритму прийняття рішення про хендовер.

Список літератури

[1] N. Vulic, S. Heemstra de Groot та I. Niemegeers, «Vertical handovers among different wireless technologies in a UMTS radio access-based integrated architecture,» *Computer Networks ,* т. 55, № 7, pp. 1533-1548, 2011.

[2] D. C. Soler, «Common Radio Resource Management Strategies for Quality of Service Support in Heterogeneous Wireless Networks,» Valencia, 2010.

[3] M. Qiu, J. Wu, C. J. Xue, J. A. Hu, W.-C. Tseng та E. H.-M. Sha, «QoS for Networked Heterogeneous Real-Time Embedded Systems,» ISCA PDCCS, New Orleans, Louisiana, USA, 2008.

[4] A. MELLOUK, S. Zeadally та P. Mueller, «Routing and QoS over Heterogeneous Networks».

[5] Luis Veloso, Eduardo Cerqueira та Edmundo Monteiro, «Mobility and QoS Support for Multi-user Sessions over Heterogeneous Networks,» *JOURNAL OF INTERNET ENGINEERING,,* т. 2, № 1, pp. 167-180, 2008.

[6] C. Gambetti, Wireless Heterogeneous Networks, Universitμa degli Studi di Bologna, 2007.

[7] F. Filali, «QoS Control and Resource Management in Heterogeneous Wireless Systems,» в *Novembre Project - QoS Seminar,* Paris, 2004.

[8] J. Prokkola, «QoS Measurements Methods and Tools,» в *Easy Wireless Workshop* , Budapest, 2007.

УДК 621.39

МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ MPLS

Маньковский В.Б.

Національний технічний університет України «КПІ», ІТС
E-mail: vmankovskij@yandex.ru

The analysis of throughput network IP/MPLS

Definition of quality service and sizes of the served loading in communication directions tunnel networks MPLS.

Актуальность

С внедрением технологий пакетной коммутации возникли проблемы качества обслуживания трафика пользователей. Одним из наиболее перспективных путей решения этой задачи является разработка новых методов многопутевой маршрутизации и распределения информационных потоков, которые гарантируют оптимальное использование сетевых ресурсов.

Альтернативные подходы решения задач многопутевой маршрутизации предлагаются в рамках потоковых моделей. Такие математические модели позволяют минимизировать или максимизировать какой-либо параметр качества обслуживания и оптимально распределить информацию. Однако, опубликованные в настоящее время методики решают эту задачу частично, в связи со сложностью определения и учета всех возможных путей.

Таким образом, несмотря на большое количество предложенных математических моделей и методов решения задач оценки пропускной способности при использовании многопутевой маршрутизации в настоящее время нет целостной методики, которая позволяла бы решать эту задачу в полном объеме.

Постановка задачи

Определить качество обслуживание и величину обслуженной нагрузки в направлениях связи туннелированной сети MPLS.

Решение задачи предполагает:

1. Анализ процессов функционирования сети MPLS в номинальных условиях эксплуатации.
2. Выбор и обоснование математического аппарата оценки пропускной способности сети, в которой используются методы многопутевой маршрутизации и динамическое распределение информационных потоков.
3. Разработка рекомендаций по повышению эффективности использования ресурсов сети при передаче информации по множеству независимых путей.

Задача предусматривает определение качества обслуживания q (или p = 1-q) и исполненной нагрузки Y = Z(1-p) для каждого направления связи и сравнение полученных значений с заданными нормами[1].

Это задача анализа. Она решается для ТКС уже находящейся в эксплуатации (рис.1) или после окончания проектирования сети с целью проверки выполнения требований, предъявляемых к качеству их функционирования.

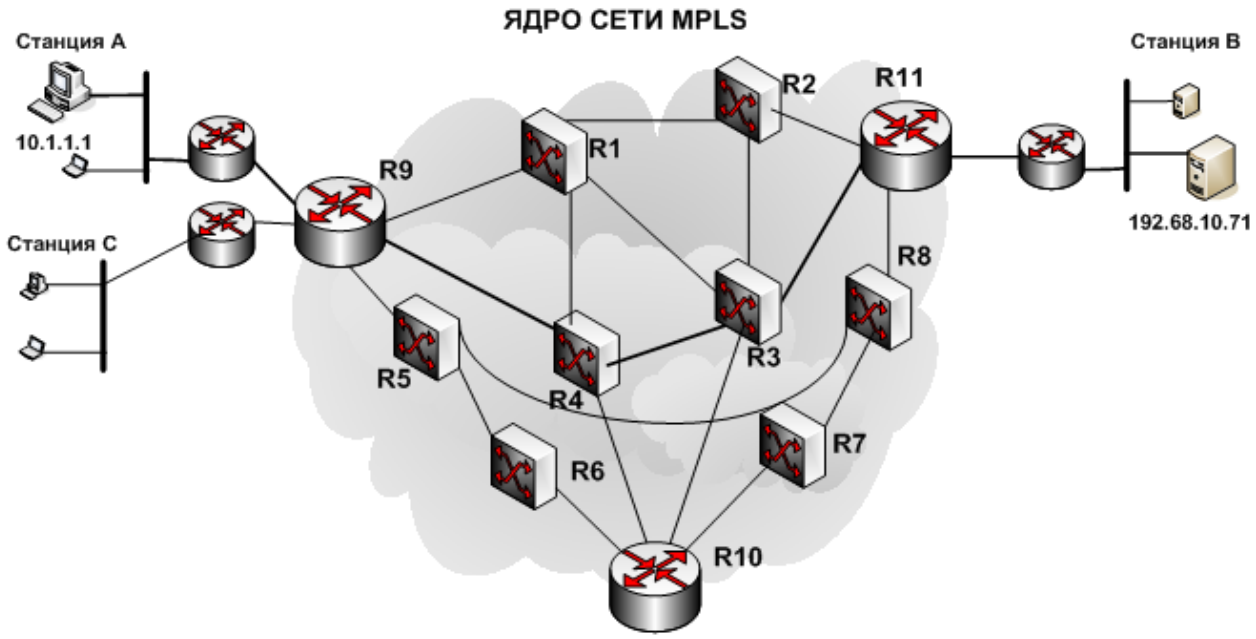


Рис. 1 Виртуальная модель ядра сети

Исходными данными для решения задачи являются:

- структура сети, заданная матрицей связности A = {aij} или графом G(N,M).
- величина нагрузки (в Эрл) Z = {Zij}, поступающей в каждое направление связи для обслуживания в ЧНН.
- групповая скорость трактов или ветвей сети C={cij}
- требуемая канальная скорость передачи голосового сигнала (или тип кодека, используемого для преобразования аналогового голосового сигнала в цифровую форму).

Принятые ограничения:

- поток вызовов, поступающих на обслуживание в каждое направление связи, является простейшим;
- система находится в состоянии статистического равновесия;
- система принимается с явными потерями, т.е. q=1 - p;
- потери, возникающие в КЦ из-за занятости обслуживающих приборов и блокировок в коммутационном поле, малы по сравнению с потерями из-за занятости каналов в ветвях сети и не учитываются.
- время установления тракта (туннеля) для обслуживания заявки равно нулю;
- туннели строятся до начала эксплуатации сети для каждого направления связи;
- число туннелей для каждого направления связи не менее двух;
- Туннели обеспечивают независимые, с точки зрения использования узлов и ветвей, пути передачи информации.

Основные этапы

- определение состава ветвей в туннелях передачи информации;
- определение числа виртуальных каналов в ветвях;
- распределение нагрузки по путям первого выбора и определение ориентировочных значений качества обслуживания на ветвях сети;
- определение качества обслуживания и исполненной нагрузки в направлениях связи и сравнение с заданными требованиями

Определение совокупности путей передачи информации в направлениях связи

С целью увеличения живучести, надежности и качества обслуживания в ТКС в каждом направлении связи предусматривалось несколько путей передачи информации[2].

Определение этой совокупности путей передачи информации производится по структуре сети связи.

Задача определения совокупности независимых путей в направлениях связи может решаться различными путями[3]:

1. Визуально, по структуре сети;

2. С помощью аналитических методов, например, по модифицированной матрице связанности методом последовательного возведения ее в степень.

Был выбран первый метод из-за небольшого количества КЦ на сети. Определенная совокупность независимых путей представляется в виде матрицы маршрутов || M ||:

$$M=\| mnij \|$$

где *mnij* - состав ветвей, входящих в путь установления соединения;

n - номер пути установления соединения.

Определение числа виртуальных каналов в ветвях

Исходными данными для решений этой задачи являются:

- групповая канальная скорость в ветвях;
- требуемая скорость для передачи голосового сигнала;

Алгоритм решения задачи следующий:

За основу организации тракта передачи в направлении связи берется основной цифровой канал (ОЦК). Скорость передачи информации в ОЦК составляет 64 кбит/с. Для организации тракта в потоке Е1 (2 048 Мбит/с) необходимо 32 каналов ОЦК.

Соответственно, расчет количества виртуальных каналов определяется:

Исходные данными для решений этой задачи:

- матрица маршрутов, определенная на предыдущем этапе;
- алгоритм выбора путей в каждом направлении связи.

Распределение нагрузки по путям ветвей сети

Упрощенный алгоритм решения задачи следующий[1]:

- Выбирается любое направление связи Jij например, имеющее минимальный номер.
- По алгоритму выбора путей передачи информации в направлениях связи определяются ветви пути первого выбора.
- Определяется нагрузка Zij, поступающая в данное направление связи, и ее значение приписывается ветвям пути первого выбора.
- Выбирается следующее направление связи, пока не будет распределена нагрузка во всех направлениях связи.
- Определяется суммарное значение Zmij нагрузки обслуживаемой каждой ветвью, поступающих со всех направлений связи.
- По рассчитанным значениям Zmij в каждой ветви сети связи определяются вероятности потерь на этих ветвях.

Определение качества обслуживания и исполненной нагрузки в направлениях связи

Решение этой задачи предполагает выполнение следующих операций:

- Для каждого направления составляется расчетный параллельно – последовательный граф. Его ребрам приписываются значения потерь pmij на ветвях.
- Для каждого направления связи Jij, составляется расчетное выражение. Если в направлении только один путь, имеющий *к* ветвей, то вероятность потерь Pij равна:

$$P_{ij}=1-\prod_{i=1}^{k}(1-p_{mi})$$

Если в направлении независимых путей, то Pij равна:

$$P_{ij}=\prod_{l=1}^{\chi}\left[1-\prod_{n=1}^{k}(1-p_{m_{nl}})\right]$$

- Полученные результаты P={Pij} сравниваются с заданными требованиями Рдоп = {Рдопij} во всех направлениях связи:

$$Dij = Рдопij - Pij$$

Если во всех направлений связи Dij >= 0, то качество обслуживания соответствует требуемым нормам.

- По известным значениям нагрузки, поступающей на обслуживание в каждое направление связи, и значению показателя качества обслуживания в нем определяется величина пропускной способности: Yij(p) = Zij (1-Pij)

Вывод

Поскольку рассчитывается СМО с явными потерями, показателем качества обслуживания может выступать величина, обратная величине вероятности потери заявки (требования) в системе из-за занятости всех доступных каналов

$$q = 1 - p, \quad p \in f(V, \ Z)$$

Согласно классификации систем массового обслуживания (СМО) и в соответствии с символикой по Кендалу, данная система будет иметь вид[4]:

$$(M / M / V / 0),$$

где M – экспоненциальное распределение между моментами поступления заявок; M – распределение длительностей занятия приборов подчиненный экспоненциальному закону; V – количество обслуживающих виртуальных каналов сети; 0 – отсутствие очереди, так как используемая система с потерями;

Показатель $p = f(V, Z)$ имеет нелинейную зависимость от параметров V и Z. Кроме того, изменение данного параметра p хотя бы в одной ветви сети приводит к изменению значения данного параметра, практически в 60 % направлениях связи. А следовательно, модель очень чувствительна к изменениям рассматриваемых показателей и параметров в любой точке сети.

Проанализированные характеристики сетей связи, позволяют количественно оценить степень соответствия их своему целевому предназначению и создавать математические модели, обеспечивающие решение большинства задач управления.

Ввиду того, что доля нагрузки, создаваемая речевыми сообщениями составляет 50% и более, эффективность использования оборудования сетей связи будет во многом определяться способом коммутации информации этого вида связи.

Литература

1. *Романов А.И.* Телекоммуникационные сети и управление. Учебное пособие – К., ИПЦ „Киевский університет”, 2003. – 247 с.

2. Стеклов В.К., Кільчицький Э.В. Основи управління мережами та послугами телекомунікацій. – К., Техніка, 2002. – 407 с.

3. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Компьютерные сети. Принципы, технологи, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

4. *Rosen E.* Multiprotocol Label Switching Architecture / E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon. — RFC 3031, 2001. — 61 с.

УДК 621.391

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАЙПОШИРЕНІШИХ ЗАГРОЗ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЙНОГО КОРПОРАТИВНОГО СЕРЕДОВИЩА

Климаш М.М, Беляєв І.С.
Національний університет «Львівська політехніка»
E-mail: igor@beliaiev.com

Analysis and research of the most common security threats of informational corporate network

An analysis of the most widespread vulnerabilities and attacks of corporate infomedia has been performed. The protection resources against network attacks and unauthorized access to network resources have been proposed and implemented.

На сьогоднішній день, у зв'язку із інтенсивним розвитком інформаційних технологій, більшість людей не може уявити свого життя без сучасних засобів інфокомунікацій. Саме тому проблеми інформаційної безпеки є надзвичайно актуальними та важливими. Вони вимагають поглибленого аналізу та вивчення, адже із розвитком інформаційних технологій, розвиваються і методи та види атак в інформаційному просторі.

У роботі проведено аналіз найпоширеніших віддалених атак та загроз інформаційних мереж на прикладі інформаційного середовища корпоративної мережі одного із вищих навчальних закладів. В результаті проведення аудиту безпеки інформаційного середовища в роботі запропоновано та впроваджено методи і засоби захисту від мережевих атак та несанкціонованого доступу до мережевих ресурсів.

Інформаційна безпека повинна забезпечувати 3 основних функції: доступність, конфіденційність та цілісність інформації. Інформаційні системи створюються для надання певних послуг, тому, якщо внаслідок певних обставин, надати ці послуги стає неможливо, це завдає збитку всім суб'єктам інформаційних відносин. З точки зору інформаційної безпеки, першою загрозою доступності є мережеві атаки типу «розподілена відмова від обслуговування», або, як їх ще називають, DDoS(Distributed Denial of Service) атаками.

DDoS атака – це атака на обчислювальну систему з метою вивести її ресурси з ладу, зробити недоступними для користувачів. Такі атаки організовуються за допомогою ботнетів (botnet) – мережі інфікованих хостів (ботів). Коротко суть мережевої атаки можна описати так: через керуючу консоль зловмисник зв'язується з головними серверами ботнету, з яких безпоседерньо відправляються команди інфікованим хостам, ці хости формують сотні запитів різних типів, якими атакується вузол-мішень. Для аналізу захищеності інформаційного середовища корпоративної мережі від мережевих атак було використано один із популярних ботнетів, що може здійснювати декілька типів атак, таких як UDP flood, SYN flood, HTTP flood. Атака HTTP флудом всього з кількох десятків хостів перевантажила центральний сервер мережі. Фактично ніхто з легітимних користувачів не міг отримати доступ до інформаційних ресурсів ВНЗ.

Внаслідок проведення аналізу захищеності інформаційного корпоративного середовища від атак типу «розподілена відмова від обслуговування», було визначено основні слабкі місця мережі та запропоновано ряд ключових заходів для захисту від мережевих атак. Відповідно до специфіки роботи корпоративної мережі, веб-сервером був Apache, який при великій кількості з'єднань використовував всі ресурси серверу. Тому в якості front-end до Apache було встановлено легкий вебсервер Nginx, а сам Apache відповідно використовувався у якості back-end. Вебсервер Nginx – оптимальний варіант для розподілу статичного контенту, він використовує дуже мало системних ресурсів, має високу завадостійкість, просте керування навантаженням. Усі ресурси мережі було перенесено на новий, потужний сервер. Це необхідно для опрацювання великої кількость запитів, що генеруються інфікованими хостами зловмисника. Сервер було підключено до 1Gb каналу, що дозволить

захистити інформаційне середовище від атак типу UDP-flood, метою яких є перевантаження каналу зв'язку внаслідок генерації шкідливого трафіку, який є більшим пропускної спроможності мережі.

На основі проведених досліджень розроблено алгоритм – програмний модуль для базового захисту від мережевих атак (рис. 1). Він створює масив MasIP, у якому зберігаються IP адреси, що здійснюють запити до ресурсів мережі та кількість запитів з цих адрес за секунду. Якщо певний хост генерує велику кількість запитів (N>10), він автоматично блокується на певний час (Tblok[k]=10 хв) і його адреса заноситься в масив MasIPtmp. Хости, що генерують менше запитів (N<10) вважаються легітимними користувачами і отримують доступ до інформаційних ресурсів мережі. Через час Tblok[k] елементи масиву MasIPtmp аналізуються повторно. Якщо хост і далі продовжує здійснювати велику кількість запитів до мережі, він вважається інфікованим хостом і заноситься в масив MasIPblock, ресурси мережі усі запити від нього відкидають. Значення гранично допустимої кількості запитів з однієї IP адреси за одиницю часу та період блокування вибрані експериментально, як оптимальні для аналізованої мережі. Залежно від потужності атаки та серверного обладнання, значення змінних алгоритму можна корегувати.

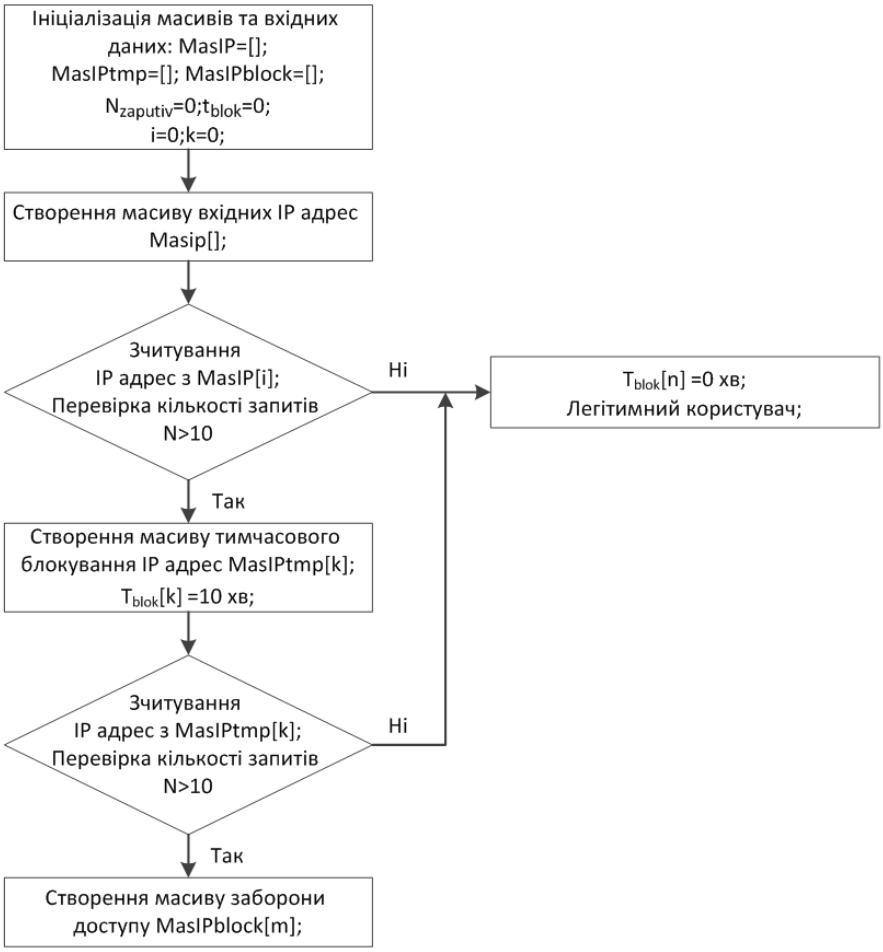


Fig.1. Алгоритм аналізу вхідного мережевого трафіку для захисту від атак типу «розподілена відмова від обслуговування»

Наступними аспектами інформаційної безпеки є забезпечення конфіденційності та цілісності інформації. Якщо загрози для першої функції інформаційної безпеки полягали у виведенні ресурсів ІС з ладу, то загрози для другої та третьої функцій ІБ є більш небезпечними і полягають у несанкціонованому доступі до конфіденційних даних, їх перехопленні, заміні, тощо. Основними методами, з допомогою яких може бути порушена конфіденційність та цілісність інформації, є мережева розвідка, сканування портів, ідентифікація мережевих сервісів, перехоплення трафіку, та інші.

Запропоновано розпочати аудит безпеки інформаційного корпоративного середовища із мережевої розвідки та ідентифікації мережевих сервісів, які допоможуть отримати якомога більше даних про досліджувану інформаційну систему. В даному випадку було отримано інформацію про: тип операційної системи серверу – FreeBSD; версії систем управління контентом (cms) веб-сервісів – typo, joomla, phpbb; список сервісів, що функціонують в ІС – наприклад php 5.2.6; список доменних імен,що розміщені на сервері. В результаті аналізу мережі було визначено, що на сервері функціонують майже всі стандартні сервіси(ftp, ssh, smtp, http, imap, mysql, https). Було знайдено вразливість на одному із доменів мережі, аналіз системи управління контентом якого показав, що її версія сильно застаріла і була вразливою. З допомогою експлойту (exploit – фрагмент програмного коду, що використовує вразливості в програмному забезпеченні та призначений для проведення атаки на інформаційну систему) було отримано доступ до панелі адміністрування сайту. Проаналізувавши всі сервіси та додатки панелі адміністрування, було знайдено застарілу версію html-редактора FCKeditor, яка дозволяла завантажити на сервер будь-який php файл, що і було зроблено. Використовуючи спеціально сформований пакет віддаленого адміністрування – так званий shell, отримано доступ до багатьох функцій адміністрування серверу, зокрема до командної стрічки. Shell, який було завантажено на сервер, відкрив доступ до всіх веб-ресурсів корпоративної мережі, але з обмеженими правами. За допомогою вразливостей операційної системи FreeBSD 6.1 було отримано повний доступ (root) до інформаційного середовища корпоративної мережі. Тобто, якщо б ці дії провів зловмисник, то будь-яка інформація з серверу, починаючи від паролів користувачів різних сервісів, і закінчуючи базами даних студентів, була б у його руках.

Отже, в результаті проведення аудиту безпеки інформаційного корпоративного середовища, було знайдено ряд критичних вразливих місць в захисті, що дозволяють отримати повний root доступ до всіх ресурсів інформаційної мережі. Для захисту від несанкціонованого доступу запропоновано ряд заходів і втілено їх у життя спільно із системними адміністраторами ВНЗ:

- оновлено версію операційної системи серверу;
- оновлено версії усіх систем управління контентом, програмних скриптів та модулів;
- налаштовано обмеження і розділення прав доступу користувачів. Це, навіть якщо зловмисник отримає доступ до одного із веб-сайтів мережі, не дозволить йому отримати доступ до всіх даних серверу;
- максимально приховано інформацію про програмне забезпечення та усі модулі серверу, що значно ускладнює мережеву розвідку.

Висновок

Внаслідок проведення аналізу захищеності інформаційного корпоративного було розглянуто основні загрози для інформаційних мереж та сформовано перелік типових слабких місць у захисті інформаційних систем більшості веб-сайтів.

Розроблена концепція заходів для забезпечення інформаційної безпеки корпоративної мережі втілена у життя разом із системними адміністраторами корпоративної мережі. Дані заходи дозволили значно підвищити рівень захищеності інформаційного середовища від мережевих атак типу «розподілена відмова від обслуговування» та несанкціонованого доступу до інформаційних ресурсів. Проведені дослідження та запропоновані заходи можуть бути використані у більшості інформаційних систем та мереж, що мають вихід у глобальну мережу Internet.

Література

1. Щербаков А. Ю. «Современная компьютерная безопасность. Теоретические основы. Практические аспекты.» — М.: Книжный мир, 2009
2. Джеймс С. Фостер «Защита от взлома - сокеты, эксплойты, shell-код» — 2006.
3. Тимошенко А.А. «Защита информации в специализированных информационно-телекоммуникационных системах» — 2010.

УДК 621.391

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИН ВОЛН В СЕТИ DWDM С ПОМОЩЬЮ МЭТА-ЭВРЕСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА BCO–RWA

Агеев Д.В., Переверзев А.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

E-mail: pereverzev_aa@mail.ru

Wavelength Assignment in DWDM network using meta-heuristic algorithm BCO–RWA

Among the tasks that must be solve in the planning of transport networks based on technologies DWDM, one of the main problems is the task of fixing the wavelength of light paths. To solve the optimization problem in this work was used by the meta-heuristic algorithm Bee Colony Optimization Routing and Wavelength Assignment (BCO-RWA). The main advantage of this algorithm is – a low computational complexity.

В современных телекоммуникационных сетях активно внедряются мультисервисные услуги, в том числе — мультимедийные, что приводит к увеличению трафика, а следовательно, возникает потребность в увеличении пропускной способности транспортных сетей. Основным методами для обеспечения качества передачи современного трафика являются: увеличение пропускных способностей сети, эффективное управление потоками в сети и др. Технология позволяющая предоставить высокую скорость передачи является DWDM. Среди задач, которые необходимо решить при планировании транспортной сети на основе технологии DWDM, к основной можно отнести задачу закрепления длин волн за световыми маршрутами (Routing and Wavelength Assignment — RWA).

В рамках проводимых исследований задача RWA сводится к задаче линейного программирования, данная постановка рассмотрена в работе [1] и может быть решена специализированными математическими пакетами. Эта задача решалась [2] с помощью специфицированных математических пакетов, однако при решении возникают «комбинаторные взрывы» – резкое увеличение числа ограничений при росте размерности сети. Поэтому в данной работе предлагается использовать мэта-эвристический алгоритм Bee Colony Optimization Routing and Wavelength Assignment (BCO-RWA) [3].

В основе мэта-эвристического алгоритма BCO-RWA лежит моделирование поведения пчел в процессе сбора нектара. Главным достоинством этого алгоритма является – невысокая вычислительная сложность. Работа алгоритма разделается на два этапа: forward pass and back pass. При forward pass, каждая пчела вылетает с улья и облетает все цветки (где под цветком подразумевается пары источник и назначение). В back pass, все пчелы возвращаются в улей, затем происходит сравнение и поиск лучшего решения. После того, как выбрана пчела с лучшим решением, увеличивается вероятность выбора тех маршрутов, которые выбрала пчела с лучшим решением.

Решение задачи распределения использованных длин волн световым маршрутам в сети на основе технологии WDM с помощью алгоритма BCO-RWA была описано в работе [4]. Однако при анализе данного алгоритма были выявлены следующие недостатки: не решается задача выбора расположения оптического конвектора в сети (устанавливается в первый узел маршрута при отсутствии возможности установки соединения); на этапе расчета вероятности выбора маршрута не учитываются конвекторы в узлах, через которые проходит маршрут; в рамках алгоритма ограничиваются только одним конвектором.

В рамках данной работы нами предлагаются следующие модификации базового алгоритма.

На этапе вычисления вероятности выбора маршрута было модифицировано расчетное выражение с целью учета условия, что на узле, через который проходит маршрут, может находиться оптический конвектор. Модифицированное выражение вероятности выбора маршрута пчелой:

$$V_r^{s,d} = \{a\frac{1}{h_r - h_{r\min} + 1} + (1-a)\frac{W_r^*}{W_{\max}}\},$$

где r – порядковый номер маршрута между парой узлов (s,d), $r = 1,2,..k, r \in \{R^{s,d}\}$;

h_r – длина маршрута; $h_{\min}$ – длина кратчайшего маршрута; W_r^* – число длин волн доступных на маршруте r с учетом, что на узлах маршрута может находиться оптический конвектор, $r = 1,2,..k, r \in \{R^{s,d}\}$; $W_{\max}$ – максимальное число длин волн доступных на всех маршрутах.

В базовый алгоритм была добавлена процедура выбора местоположения оптического конвертора. В работе исследовано два варианта модификации, условно названые «узким» и «широким» методом.

Суть метода «узкий» заключается в поиске узкого места в сети (узел через который установлено наибольшее количество соединений) в котором устанавливается оптический конвектор.

Суть метода «широкий» заключается в поиске широкого места в сети (узел через который установлено наименьшее количество соединений) в котором устанавливается оптический конвектор.

Результаты сравнения методов размещения конвекторов представлены в таблице 1.

В таблице следующие обозначения – количество оптических конвекторов в сети; Ω – количество длин волн.

Таблица 1

Число узлов в сети	Базовый метод			Метод «широкий»			Метод «узкий»		
	k=1 Ω=30	k=2 Ω=15	k=3 Ω=40	k=1 Ω=30	k=2 Ω=15	k=3 Ω=40	k=1 Ω=30	k=2 Ω=15	k=3 Ω=40
6	220	138	245	222	140	246	219	139	246
7	260	156	307	261	156	310	258	156	308
8	275	159	335	272	161	335	276	162	335
9	302	174	371	301	175	369	306	177	374
10	331	192	403	332	192	402	336	195	408
11	363	207	448	363	207	447	368	210	456

Из таблицы 1 видно, что при небольших размерностях топологий 6,7 узлов метод «широкий» и базовый метод лучше, чем метод «узкий». Однако при росте размерности топологий методы «узкий» позволяет установить больше соединений за счет более рационального расположения конвектора. При росте числа диапазона длин волн, выигрыш использования широкого метода возрастает.

В результате проведенного в работе исследования можно сделать вывод, что ранее известный метод использующий алгоритм BCO-RWA имеет следующие недостатки: не решается задача выбора расположения оптического конвектора в сети, на этапе расчета вероятности выбора маршрута не учитываются конвекторы в узлах, через которые проходит маршрут; в рамках алгоритма ограничиваются только одним конвектором. В результате модификаций алгоритма BCO-RWA было устранены эти недостатки, что привело к увеличению эффективности алгоритма.

Литература

1. Агеев Д.В., Переверзев А.А. Распределение потоков в транспортной сети мультисервисной телекоммуникационной системы с использованием математической модели многослойного графа // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб., 2010. — Вып.163. – С. 85-91.

2. Агеев Д.В., Ковальчук В.К., Переверзев А.А. Планирование распределения длин волн при проектировании транспортной сети DWDM// Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. — № 5/3(53). — С. 25 - 29.

3. Markovic G., Raspopovic V.A. Solving the RWA Problem in WDM Optical Networks Using the BCO Meta-Heuristic // Telfor Journal. — Vol.2, No1., 2010 — P. 38 - 42.

4. Teodorović D. Bee Colony Optimization (BCO) // Swarm Intelligence for Knowledge-Based Systems. – Berlin: Springer-Verlag, 2009. — P. 39 - 60.

УДК 621.39

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТУНЕЛІВ В ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ IP/MPLS

Романов О.І., Пасько С.П., Пелих Ю. О.
Національний технічний університет України «КПІ», ІТС
E-mail: yuriypelykh@gmail.com

Tunnel efficiency research in the transport IP/MPLS networks

Tunnel efficiency research in the transport IP/MPLS networks and definition of rational use of MPLS tunneling and datagram transfer mode. The paper implies an obvious case of research.

Основний механізм інжинірингу трафіку (Traffic Engineering – TE) в технології багатопротокольної комутації за мітками MPLS (Multiprotocol Label Switching) – використання однонаправлених тунелів для задання шляху проходження певного трафіку, механізми створення яких ґрунтуються на стекуванні міток. [1] При використанні MPLS тунелювання значно зменшується час обробки пакета кожним маршрутизатором в порівнянні з дейтаграмним режимом передачі, але в такому випадку необхідно спершу сформувати MPLS тунель, а лише потім передавати трафік, тоді як дейтаграмний режим передачі не потребує попереднього встановлення з'єднання. [2]

Метою роботи є дослідження ефективності організації тунелів в транспортних мережах IP/MPLS, визначення області раціонального використання механізму MPLS тунелювання та дейтаграмної передачі в залежності від кількості вузлів на шляху проходження пакетів, кількості пакетів в повідомленні, яке необхідно передати, та завантаженості мережі.

Тунель доцільно використовувати, якщо сумарний час на його встановлення через MPLS-домен та на передачу пакетів через тунель буде меншим за час, необхідний для передачі пакетів при традиційній IP-маршрутизації: $T_{TUN} < T_{IP}$.

Представлення MPLS-тунелю у вигляді системи масового обслуговування з послідовними чергами дозволяє використовувати формулу для моделі M/M/m обчислення середнього часу перебування пакета в тунелі з N вузлів: [3]

$$T_{TUN}(N,\rho) = \ln\left[(N-2)!\left(\frac{\rho}{1-\rho}\right)^{N}\right] + N(1+\gamma),$$

де: $N > 2$, γ – постійна Ейлера, γ=0,577, ρ - коефіцієнт завантаженості.

У режимі дейтаграмної передачі час ппроходження пакета доцільно описати за допомогою моделі M/M/1/K.[4]

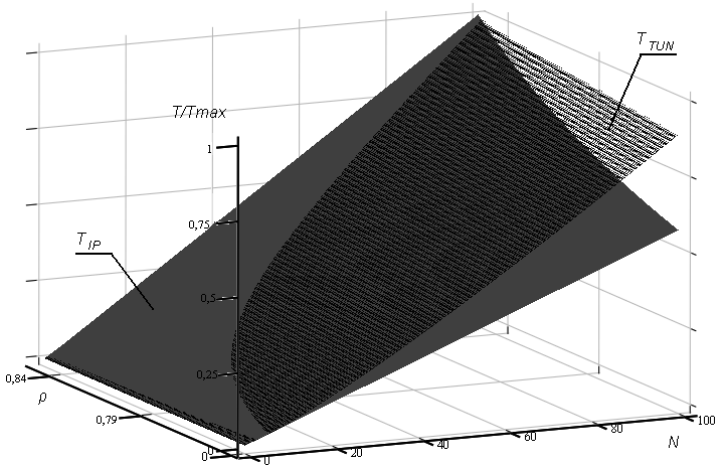


Рис. 1. Час перебування пакетів в мережі

Розрахунок часу перебування пакета в MPLS-тунелі і часу передачі пакета без організації MPLS-тунелю як функції від двох змінних: кількості вузлів N і коефіцієнта завантаженості ρ показані на рисунку 1.

Для коефіцієнта завантаженості близького до 0,8 (рис. 1) спостерігається подвійний перетин графічних залежностей двох режимів передачі, що говорить про недоцільність використання технології MPLS при високій

завантаженості тракту передачі та великій кількості вузлів у ньому. Це суперечить дійсності та принципам використання MPLS тунелювання взагалі.

Тому більш точну оцінку часу передачі пакетів в усьому діапазоні коефіцієнта завантаженості в двох режимах було проведено за сумарним часом обробки пакетів на всіх вузлах тракту передачі, враховуючи додатково залежність від кількості пакетів в повідомленні, яке необхідно передати. [5]

Розрахунок часу перебування пакета в MPLS-тунелі і часу передачі пакета без організації MPLS-тунелю, як функції від трьох змінних – кількості вузлів *N*, кількості пакеті в повідомленні *K* та навантаження *ρ,* показано на рисунку 2.

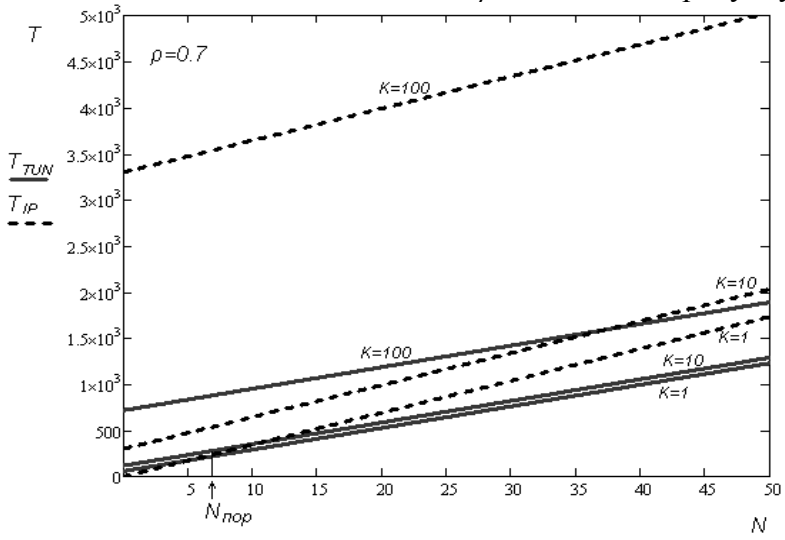


Рис.2. Залежності часу передачі повідомлення від кількості пакетів *K* та маршрутизаторів *N* в тунельному та дейтаграмному режимах при $\rho = 0,7$

До деякого порогового значення кількості вузлів $N_{пор}$ в тракті передачі доцільно використовувати технологію IP. Після перевищення цього значення час передачі пакета в тунельному режимі стає меншим за час передачі в дейтаграмному режимі, оскільки час передачі в дейтаграмному режимі значно залежить від завантаженості тракту передачі, а пакет-запит на встановлення тунелю просувається із найвищим пріоритетом, тобто час його передачі не залежить від коефіцієнта завантаженості.

Таким чином, технологія MPLS має переваги у випадках, коли значення коефіцієнта завантаженості більше за деяке порогове і сформований тунель використовується для передачі повідомлень, які складаються з великої кількості пакетів, або для передачі групи повідомлень.

Література

1. Рекомендація IETF з MPLS: RFC 2702 «Requirements for TE Over MPLS»
2. *Гольдштейн А. Б.,.Гольдштейн Б. С.* MPLS технология и протоколы – Санкт-Петербург.: БВХ,2005 – 304с.
3. *Гольдштейн А.Б.* «Исследование механизма туннелирования мультимедийного трафика в сети MPLS» // Весник связи. – 2004. – №2 – с. 4-16.
4. *Клейнрок Л.* Теория массового обслуживания. Том 1. Пер. с англ.. И. И. Грушко, под ред. В. И. Нейман – М. Машиностроение, 1979 – 432с.
5. *Романов О.І., Пасько, С.П.* Порівняльна оцінка часу обслуговування повідомлень в мережах IP і MPLS // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ» №3-2011, с.83-93.

УДК 621.391

МЕТОД ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ДИНАМІЧНОЇ ПРІОРИТЕЗАЦІЇ КЛАСІВ ТРАФІКУ В МУЛЬТИСЕРВІСНІЙ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ

Климаш М.М., Лаврів О.А., Бугиль Б.А.
Національний університет «Львівська політехніка»
E-mail: lavriv@polynet.lviv.ua

The method of the dynamic priorities association for multiservice telecommunication network traffic classes

The approach to the association of priorities and traffic classes for multiservice telecommunication network is proposed. It had been solved a subtask of buffer resources distribution between priority traffics.

Аналіз проблематики пріоритезації класів трафіку в мультисервісній телекомунікаційній мережі

Для розгортання телекомунікаційних мереж необхідно розв'язувати задачі двох типів: перший тип охоплює сферу планування мережевих ресурсів, другий тип передбачає управління і розподіл наявних мережевих ресурсів за рахунок заходів управління трафіком. Проте, існує задача, вирішення якої однаково важливе як на етапі планування, так і на етапі управління мережевими ресурсами. Йдеться про задачу пріоритезації класів трафіку відповідно до рівнів якості обслуговування. Пріоритезація передбачає розподіл різновидів трафіку за жорсткістю вимог до обсягу мережевих ресурсів, що необхідні для забезпечення якості сервісу.

Сучасні роботи по управлінню трафіком з метою оптимального розподілу мережевих ресурсів детально вирішують питання маршрутизації, комутації, буферизації, проте пріоритети класам трафіку надаються здебільшого емпірично чи на основі відповідних рекомендацій ITU-T. При цьому виникає ситуація, коли неможливо гнучко керувати ресурсами обслуговуючих вузлів з метою уникнення перевантажень та покращення параметрів якості обслуговування у випадку, коли кількість класів трафіку не обмежується встановленими ITU-T п'ятьма різновидами. Тому актуальним завдання є розроблення методу пріоритезації класів трафіку за критерієм якості обслуговування, оскільки якість обслуговування є основним показником ефективності планування та управління мережевими ресурсами.

В даній роботі пріоритет пропонується розуміти як функціонал, який об'єднує можливі параметри QoS та необхідні для їх забезпечення структурно-функціональні параметри мережевих вузлів.

Клас трафіку, у свою чергу, також є функціоналом і характеризується необхідними для нього параметрами якості обслуговування.

Завданням пріоритезації є забезпечити поєднання у множину функціоналів класу трафіку та пріоритету, причому таке об'єднання є неоднозначним і виходить у сферу математики нечітких множин. У випадку рівної кількості класів трафіку та пріоритетів дана задача набуває однозначного характеру та переходить у сферу чітких множин.

Аналітична модель динамічної пріоритезації класів трафіку

В загальному формулювання задачі пріоритезації зводиться до модифікованої задачі лінійного програмування, де необхідно досягнути цільової функції (1), при цьому здійснюючи операцію (2), задовольняючи початкові умови (3).

$$\min(\tau_{C_i} \cdot j_{C_i} \cdot plr_{C_i}),\ i=\overline{1,N_C};\ j=\overline{1,N_P} \qquad (1)$$

де τ_{C_i} – затримка пакетів і-го класу трафіку в мережі (від відправника до одержувача); j_{C_i} – джитер пакетів і-го класу трафіку в мережі; plr_{C_i} – відсоток втрачених пакетів і-го класу

трафіку в мережі; N_C – кількість класів трафіку в мережі; N_P – кількість пріоритетів обслуговування в мережі.

$$x_l = \{C_i, P_j\},\ l = \overline{1, N_n} \qquad (2)$$

де C_i – функціонал і-го класу трафіку; P_j – функціонал j-ого пріоритету; x_l – змінна пріоритезації в l-ому вузлі; N_n – кількість вузлів мультисервісної телекомунікаційної мережі.

$$\tau_{C_i} \le T_{C_i},\ j_{C_i} \le J_{C_i},\ plr_{C_i} \le PLR_{C_i} \qquad (3)$$

де T_{C_i} – нормована затримка для і-го класу трафіку; J_{C_i} – нормований джитер і-го класу трафіку; PLR_{C_i} – нормований відсоток втрачених пакетів і-го класу трафіку.

Розв'язок задачі пріоритезації передбачає формування сукупності об'єднань виду (4), при якій досягнуто значення цільової функції (1) при заданих початкових умовах (3). Це означатиме оптимальне гарантування мінімально необхідних параметрів якості обслуговування кожному класу трафіку в телекомунікаційній мережі.

$$X = \left[x_1 ... x_l ... x_{N_n}\right] \qquad (4)$$

де X – таблиця динамічної пріоритезації.

Розв'язування часткової задачі виділення буферного ресурсу пріоритетним класам трафіку

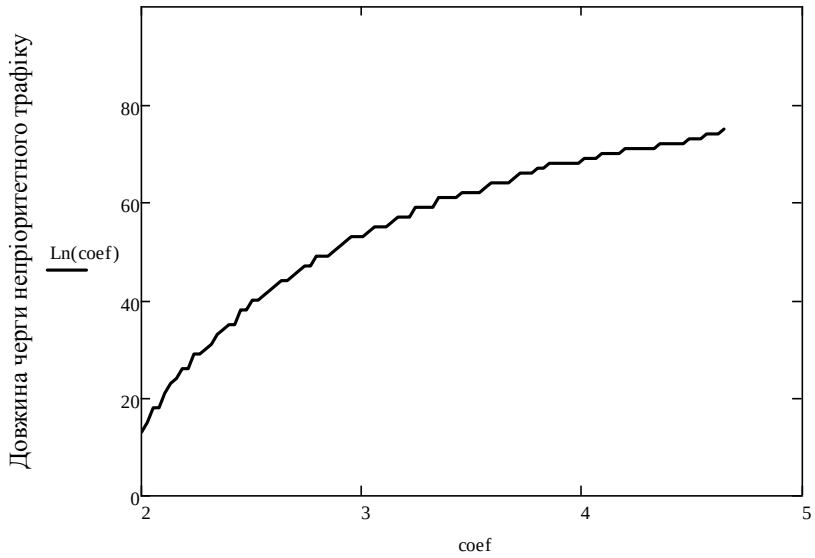
При врахуванні у функціоналі пріоритету буферного ресурсу необхідно зважати на обсяг буферу для конкретного класу трафіку та розташування буфера конкретного пріоритетного класу трафіку у загальній черзі на обслуговування. Таким чином, планування буферного ресурсу для пріоритетних класів трафіку є частковим питанням загальної задачі пріоритезації.

В роботі розглянуто два підходи до планування буферного ресурсу системи обслуговування мультисервісного трафіку.

Перший підхід передбачає розрахунок розміру буферів для класів трафіку, виходячи із загального обсягу буфера, кількості пріоритетів, що надаються в мережі та коефіцієнту помноження розміру буфера. Коефіцієнт помноження розміру буфера – це відношення між розмірами буферів двох сусідніх пріоритетних класів трафіку. В залежності від його значення змінюється співвідношення між жорсткістю вимог трафіків певних пріоритетів. Якщо девіація вимог якості між пріоритетами значна, то коефіцієнт помноження варто вибрати якомога більшим, враховуючи обмеження, які будуть розглянуті далі. В даному випадку вважаємо, що різниця між загальним обсягом буферу та сумою всіх обсягів буферів пріоритетних класів трафіку відводиться під буфер непріоритетного трафіку, який, по замовчуванню, перебуває останнім у черзі на обслуговування (5).

$$L_{нп} = M - \sum_{j=1}^{N_p} \left\lfloor \frac{M}{c^j} \right\rfloor \qquad (5)$$

де $L_{нп}$ – довжина черги пакетів непріоритетного трафіку; M – розмір буфера системи обслуговування; c – коефіцієнт помноження довжини черги.



Коефіцієнт помноження

Другий підхід до планування буферного ресурсу передбачає апріорі рівність між обсягом буфера мінімального пріоритету та обсягом буфера непріоритетного трафіку. Даний підхід доцільно застосовувати у випадку, якщо в мережі передбачається мінімальний обсяг передавання даних нереального масштабу часу (6). Далі логіка підходу мало чим відрізняється від попереднього випадку. Фіксуючи різні значення довжини черги мінімального пріоритету, можна отримати площину визначення довжини черги непріоритетного трафіку в залежності від довжини черги трафіку мінімального пріоритету та коефіцієнту помноження довжини черги (7).

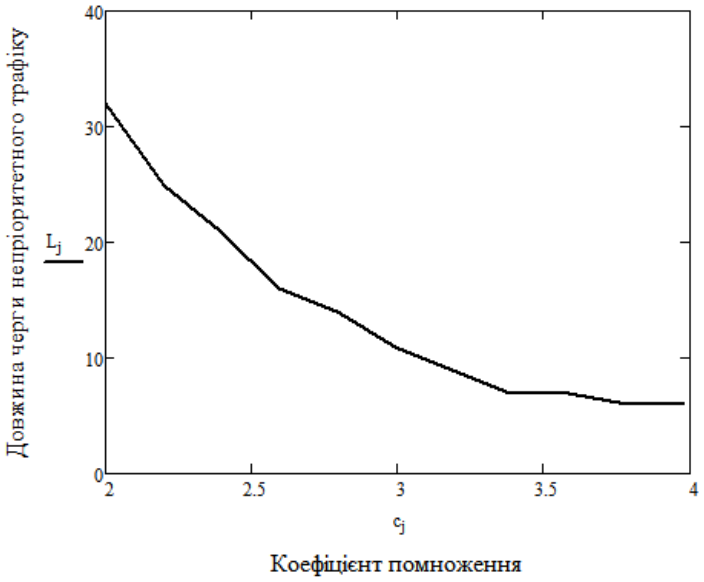
$$L_{нп} = M - \sum_{j=1}^{N_p-1} \left\lfloor \frac{M \cdot c^j}{1 + \sum_{j=1}^{N_p-1} c^j} \right\rfloor \qquad (6)$$

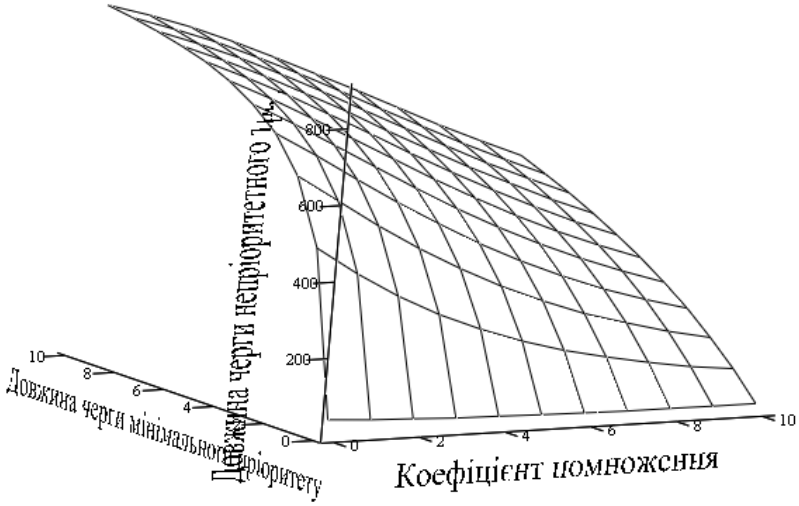
$$L_{нп} = M - \sum_{j=1}^{N_p-1} \left\lfloor \frac{M \cdot c^j}{L_{\min} + \sum_{j=1}^{N_p-1} c^j} \right\rfloor \qquad (7)$$

Для розрахунку та вибору довжини черг кожного пріоритету для двох запропонованих підходів виведено аналітичні залежності та побудовано поверхні для інженерного застосування. Керуючись запропонованими залежностями, можна вирішити питання планування буферного ресурсу задачі пріоритезації класів трафіку у мультисервісній мережі.

Вирішення даної часткової задачі вводить додатковий параметр у функціонал пріоритету, який передбачає врахування, окрім місця у черзі на обслуговування, також довжини черги певного пріоритету.

В подальшому задача пріоритезації вирішується ітеративним методом, здійснюючи перебір об'єднань функціоналів класів трафіку та функціоналів пріоритетів в кожній ітерації. Задача вважається вирішеною, коли для кожного класу трафіку у кожному вузлі мережі виконуються умови (3). Дана задача може призвести до формування множини розв'язків, оптимальним з яких вважається той, для якого виконується критерій оптимальності (1).





Висновок

В роботі запропоновано метод пріоритезації класів трафіку в мультисервісній телекомунікаційній мережі та вирішено питання розподілу буферного ресурсу між пріоритетними трафіками. Задачу динамічної пріоритезації класів мережевого трафіку зведено до розв'язку модифікованої задачі лінійного програмування. Вирішення задачі запропоновано здійснювати методом ітеративного наближення на основі нечітких асоціацій.

Література

1. М.М. Климаш, О.А. Лаврів, Б.А. Бугиль, Р.І. Бак. Модель забезпечення параметрів якості обслуговування системи розподілу мультисервісного трафіку. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Радіоелектроніка та телекомунікації. – 2011. № 705. С. 138-144.

2. Лемешко А.В., Симоненко А.В. Управління чергами на вузлах активної мережі // Радіотехніка: Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2007. – Вип. 151. – С. 92–97.

3. Abhishek Jain. An Adaptive Prediction based Approach for Congestion Estimation in Active Queue Management (APACE) [Електронний ресурс]/ Abhishek Jain, Abhay Karandikar and Rahul Verma. GLOBECOM 2003. P. 4153-4157. Режим доступу до статті: http://dspace.library.iitb.ac.in/jspui/bitstream/10054/441/1/28138.pdf

4. К. К. Васильев. Математическое моделирование систем связи [Електронний ресурс] : учебное пособие / К. К. Васильев, М. Н. Служивый. – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 170 с. Режим доступу до посібника: http://www.sernam.ru/mm_522.php.

УДК 621.39

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ З АМПЛІТУДНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ БАГАТЬОХ СКЛАДОВИХ

Климаш М.М., Горбатий І.В.
Національний університет "Львівська політехніка"
E-mail: giv@polynet.lviv.ua

Modeling and research of the data transmission telecommunication systems and networks with the amplitude modulation of many components

The new offered variety of signal modulation – amplitude modulation of many components (AMMC) was explored. The possibility of application of offered variety of modulation for the rise of efficiency of the data transmission telecommunication systems and networks witch build on the basis of wired, fiber optic and wireless cannels was shown.

Вступ

У XXI столітті активно розвиваються телекомунікаційні системи й мережі передавання даних, що пов'язано зі значним зростанням об'ємів інформації, яку передають у цифровому вигляді. Найбільш поширеними є телекомунікаційні системи й мережі, побудовані на основі симетричних, волоконно-оптичних і радіоліній. Важливим показником є ефективність таких систем і мереж. Тому актуальним завданням залишається підвищення їх ефективності.

Одним із напрямків забезпечення високої ефективності телекомунікаційних систем і мереж є розроблення сучасних методів модуляції сигналів. Незважаючи на значну кількість публікацій, присвячених цій тематиці [1], такий напрямок потребує подальших досліджень.

Метою цієї роботи є дослідити підвищення ефективності різних телекомунікаційних систем та мереж передавання даних за рахунок використання нового різновиду модуляції сигналу – амплітудної модуляції багатьох складових.

Амплітудна модуляція багатьох складових

Для підвищення ефективності телекомунікаційних систем і мереж передавання даних запропоновано використовувати новий різновид модуляції сигналу – амплітудну модуляцію багатьох складових (АМБС, амплитудная модуляция многих составляющих – АММС, amplitude modulation of many components – AMMC) при цьому модульований сигнал формують у вигляді суми N гармонічних складових, що відрізняються початковими фазами φ_n, та має вигляд [2]:

$$u_{АМБС}(t) = \sum_{n=1}^{N} U_0 a_n u_{м_n}(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \varphi_n), \qquad (1)$$

де a_n – коефіцієнти пропорційності для n-их каналів модулятора, що є параметрами модулятора; $u_{м_n}(t)$ – модулюючі сигнали на n-их входах модулятора.

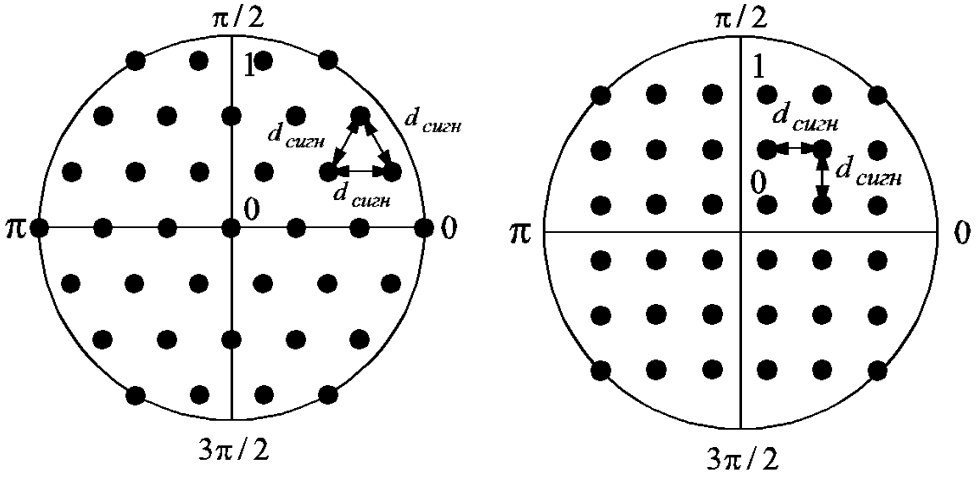
Ця запропонована модуляція в загальному (за винятком випадку, коли $N = 2$ і $\varphi_1 - \varphi_2 = \pi/2$) належить до класу неортогональних амплітудно-фазових модуляцій. Її частковим випадком є запропонована амплітудна маніпуляція багатьох складових (АМнБС, амплитудная манипуляция многих составляющих – АМнМС, amplitude shift keying of many components – ASKMC), при якій модулюючі сигнали є дискретними.

Заслуговує увагу АМБС-сигнал, при формуванні якого використовують складові, зсунуті між собою на фазові кути

$$\Delta\varphi = \pi / N. \qquad (2)$$

Приклади сигнальних решіток 37-АМБС-сигналу із трьома складовими та чотирма можливими рівнями модулюючих сигналів, а також 36-КАМ-сигналу із двома складовими та

шістьма можливими рівнями амплітуди модулюючих сигналів зображені на рис. 1, а та рис. 1, б відповідно. Результати розрахунку енергетичної β, частотної γ та інформаційної η ефективностей телекомунікаційних систем із використанням деяких відомих (квадратурної фазової маніпуляції – КФМн, М-фазної маніпуляції – М-ФМн, квадратурної амплітудної маніпуляції – М-КАМ) та нового (М-АМБС) видів модуляції сигналу при ймовірності символьної помилки $P_{сим} = 10^{-5}$ та різній можливій кількості символів М наведено в табл. 1.



а) б)

Рис. 1. Сигнальні сузір'я: а) 37-АМБС-сигналу б) 36-КАМ-сигналу

Таблиця 1

Ефективність телекомунікаційних систем і мереж при використанні різних видів модуляції сигналу

Модуляція	β, **дБ**	γ, **дБ**	η
КФМн	-9,9	3,0	0,46
12-ФМн	-16,1	5,6	0,50
19-АМБС	-14,1	6,3	0,63
36-КАМ	-16,7	7,1	0,65
37-АМБС	-16,2	7,2	0,67

Таким чином, при використанні АМБС можливо забезпечити більшу відстань $d_{сигн}$ між сигнальними точками на сигнальній площині, за рахунок чого підвищити ефективність телекомунікаційної системи чи мережі передавання даних.

Моделювання та дослідження ефективності різних телекомунікаційних систем і мереж передавання даних

У сучасних телекомунікаційних мережах, побудованих на основі симетричних телефонних ліній зв'язку, для передавання даних переважно використовують стандарти xDSL. Серед них найбільш уживаними є стандарти ADSL (Asymmetrical Digital Subscribe Line) (ITU G.992.1 Annex), ADSL2 (ITU G.992.3 Annex), ADSL2+ (ITU G.992.5) і ADSL2+M (ITU G.992.5 Annex M). Міжнародна спілка електрозв'язку (MCE, ITU) включила в нові стандарти багато різних доповнень, що збільшують продуктивність і функціональність. Для подальшого підвищення ефективності таких мереж та більш плавної зміни швидкості передавання даних при зміні характеристик лінії зв'язку запропоновано разом із використанням КФМн, КАМ і трелліс-модуляції застосовувати запропоновану АМБС. При цьому для забезпечення тієї ж завадостійкості при передаванні даних з використанням 37-АМБС необхідно на 1,43 дБ менше відношення потужності сигналу до потужності шуму в каналі (меншу середню потужність модульованого сигналу) порівняно з 36-КАМ. При однаковій максимальній потужності модульованого сигналу 37-АМБС характеризується

вищою завадостійкістю порівняно з 36-КАМ. У загальному використання АМБС дозволяє підвищити ефективність телекомунікаційних мереж, побудованих на основі симетричних телефонних ліній зв'язку.

У телекомунікаційних системах на основі волоконно-оптичних ліній зв'язку перспективним є впровадження різновидів амплітудно-фазової модуляції для передавання даних, зокрема КАМ і АМБС. Новим напрямком є застосування двополяризаційної КФМн (ДП КФМн), що передбачає формування суми двох когерентних ортогонально-поляризованих оптичних коливань з однаковою частотою, кожне з яких модульоване з використанням КФМн. У подальшому доцільно застосовувати двополяризаційну КАМ та двополяризаційну АМБС. Якщо експериментальні зразки модуляторів та демодуляторів ДП КФМн компаній, що є провідними в галузі розробки телекомунікаційного обладнання, забезпечують передавання даних зі швидкістю 100 Гбіт/с [3], то використання ДП 61-АМБС дозволить підвищити швидкість передавання даних до 297 Гбіт/с, а також підвищити ефективність телекомунікаційних систем на основі волоконно-оптичних ліній зв'язку.

Телекомунікаційні системи на основі радіоліній у багатьох випадках характеризуються значними змінами енергетичного потенціалу радіоканалу в часі. У випадку відсутності релеєвських завмирань для підвищення швидкості передавання даних через такі канали та підвищення середньої ефективності телекомунікаційних систем доцільно застосувати адаптивну зміну методу модуляції та завадостійкого кодування в залежності від імовірності бітової помилки декодування на виході вирішуючого пристрою приймального пристрою. На основі здійсненого моделювання встановлено, що при формуванні КФМн-, 7-АМБС-, 9-КАМ-, 16-КАМ- та 19-АМБС-сигналів у телекомунікаційному радіоканалі для передавання даних дистанційного зондування Землі з космічного апарата на коловій орбіті до наземного інформаційного комплексу можливо передати в 1,6 раз більше даних порівняно із застосуванням лише КФМн [4], що забезпечує збільшення в 1,6 раз середньої інформаційної ефективності. При цьому за допомогою АМБС-модулятора можливо формувати всі згадані сигнали, а АМБС-демодулятора – демодулювати такі сигнали, що спрощує структуру приймального та передавального пристроїв. Аналогічно можливо досягнути підвищення середньої ефективності в супутникових системах зв'язку, що використовують космічні апарати на еліптичних орбітах.

Висновки

За результатами досліджень установлено, що новий запропонований різновид модуляції сигналу АМБС характеризується вищою ефективністю порівняно з КАМ. Показано можливість застосування запропонованого різновиду модуляції для підвищення ефективності телекомунікаційних систем і мереж передавання даних, побудованих на основі симетричних, волоконно-оптичних та радіоліній.

Література

1. Simon M.K. Bandwidth-Efficient Digital Modulation with Application to Deep-Spase Communications / M.K. Simon. – California : Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 2001. – 228 p.

2. Пат. №91942 Україна, МПК (2009) H04L27/34, H04L27/20, H03D3/00, H04L5/00. Спосіб передавання даних за допомогою інформаційного сигналу, сформованого на основі амплітудної модуляції багатьох складових / І.В. Горбатий. – №a200905785 ; заявл. 5.06.2009 ; опубл. 10.09.2010, Бюл. №17. – 8 с.

3. Климаш М.М. Метод передавання інформації у волоконно-оптичній системі з використанням двополяризаційної диференційної восьмифазної маніпуляції оптичної хвилі / М.М. Климаш, І.В. Горбатий // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". - №705. Львів: 2011. – С. 90-97.

4. Горбатий І.В. Системи дистанційного зондування Землі з космосу [Текст] : монографія / І.В. Горбатий. – Львів : СПОЛОМ, 2011. – 612 с.

УДК 621.39

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОПЕРАЦІЙНИХ ВИТРАТ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ПАКЕТІВ НА МАГІСТРАЛЯХ IP І MPLS

Нестеренко М.М., Манкіський В.Б., Хазрон І.О., Куриленко Д.М.
Національний технічний університет України «КПІ», ІТС
E-mail: yuriypelykh@gmail.com

Tunnel efficiency research in IP/MPLS transport networks

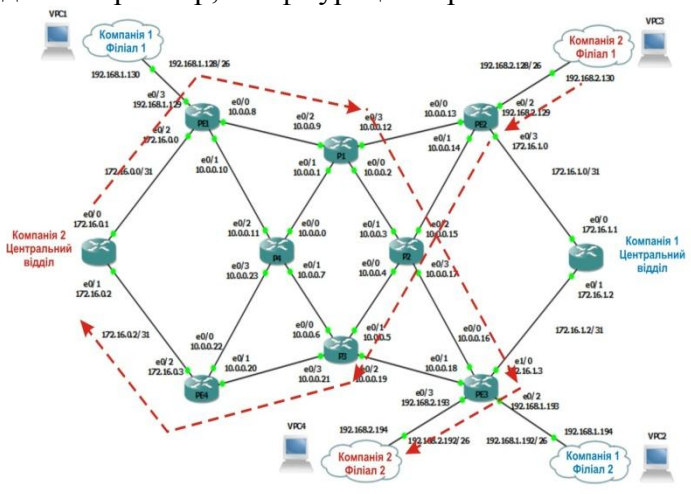
To estimate the operating costs of active equipment in IP and MPLS networks was proposed analytical model based on simulation method and Boolean algebra.

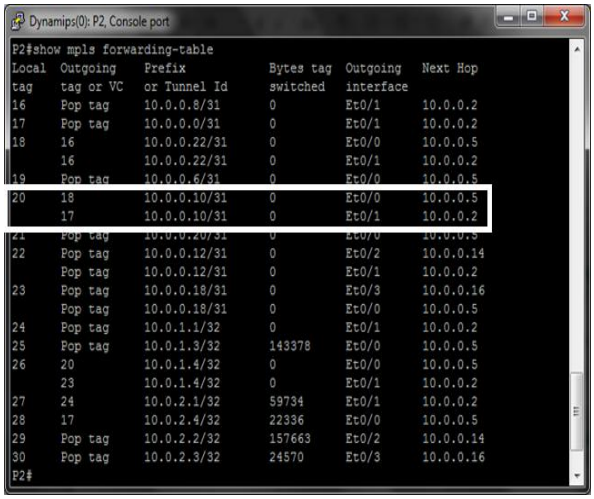
Застосування таких сучасних мережевих технологій як MPLS вимагає використання достатньо великих матеріально-технічних затрат, що обумовлює необхідність створення адекватних моделей для оцінки величини ефекту від її впровадження в залежності від області застосування [1].

В IP-мережах маршрутизатору необхідно здійснювати перегляд всієї таблиці маршрутизації для кожного вхідного пакету, що може обмежувати загальну пропускну спроможність мережі. MPLS-заголовок коротший за IP-адресу та для його обробки передбачені більш ефективні алгоритми [2].

Метою дослідження є аналіз швидкості обслуговування пакетів в IP та MPLS мережах на базі імітаційної моделі в GNS3. GNS3 дозволяє моделювати та аналізувати функціонування мереж із складною топологією при застосуванні існуючих сучасних мережевих протоколів. Вбудовані засоби GNS3 здійснюють емуляцію мережевих операційних систем активного обладнання, що дає можливість проводити необхідну конфігурацію для проведення експерименту.

Проведемо дослідження сегменту мережі, топологія якої задана на рис. 1, а. Порядок обміну інформацією показано пунктирними лініями. Введемо наступні обмеження та допущення: мережа будується на базі однотипних маршрутизаторів Cisco, які підтримують IP та MPLS; побудова таблиці маршрутизації реалізується протоколом OSPF [3]; побудова таблиці просування реалізується протоколом LDP [2]; розглядається IP4; використовуються високонадійні канали передачі; не враховується час на запис (зчитування) даних в регістр; конфігурація мережі оптимальна.





а) б)

Рис. 1 Віртуальна модель мережі а) та таблиця просування Р2 б)

В результаті моделювання отримаємо таблицю просування для P2 (рис. 1, б), яка має 15 записів вхідних міток та використовує 20 *IP*-підмереж (див. стовпець Prefix на рис 1, б), які є обов'язковими для таблиці маршрутизації.

Для проведення кількісної оцінки, з врахуванням протоколів обробки пакетів (кадрів), можна застосовувати наступні формули, які базуються на використанні елементарних логічних функцій:

а) при IP-маршрутизації на кожному маршрутизаторі [4]:

перевірка контрольної пакету $KS = KS_{вх.}$ NOTAND $KS_{розрах.}$,

де *NOTAND* – операція „Шефера"; $KS_{вх.}$– значення поля контрольної суми заголовку вхідного IP-пакету; $KS_{розрах.}$ – розраховане значення при прийомі.

коректування часу життя пакету $TTL_{ip} = TTL_{ip}$ OR одиниця,

де *OR* – логічне додавання для всіх розрядів даного поля, оскільки віднімання апаратно замінюється операцією додавання, а також може виникати операція переносу в старший розряд.

пошук не специфічного маршруту $NSR = IP_{отримувача}\ AND\ M_i$,

де M – значення маски; i – номер запису в таблиці маршрутизації ($i \in \overline{1, K}$).

б) аналіз *MPLS*-заголовку включає наступні характерні операції [5]:

коректування часу життя мітки $TTL_{Label} = TTL_{Label}$ OR одиниця;

знаходження значення вихідної мітки $LV_{вих.} = LV_{вхідна}$ AND $LV_{FT\ i}$, ,

де $LV_{вих..}$– значення вхідної мітки; AND – операція логічного множення;

$LV_{FT\ i}$ – відповідний запис значення мітки в таблиці просування.

перевірка ознаки стеку міток *Bottom of Stack = S AND* одиниця.

На основі розглянутих вище результатів моделювання та досліджених аналітичних моделей нескладні розрахунки показують, що загальна сума елементарних операцій на одному IP-маршрутизаторі або LER складає, в середньому, 664 операції, а на одному LSR - 309 операцій. Таким чином, протокол *MPLS* збільшує швидкість просування пакетів за рахунок зменшення кількості операцій в процесі аналізу таблиць просування замість таблиць маршрутизації.

Література

5. *Романов О.І., Пасько С.П.* Порівняльна оцінка часу обслуговування повідомлень в мережах IP і MPLS // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ" №3-2011.

6. *Rosen E.* Multiprotocol Label Switching Architecture / E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon. — RFC 3031, 2001. — 61 с.

7. *Томас Т.* Структура и реализация сетей на основе протокола OSPF. Руководство Cisco / Том Томас. — М. : Вильямс, 2004. — 816 с.

8. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологи, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

9. *Олвейн В.* Структура и реализация современной технологии MPLS. Руководство Cisco / Вивек Олвейн. — М. : Вильямс, 2004. — 480 с.

УДК 627.372

ДЕГРАДАЦІЯ СИГНАЛУ ЕТАЛОННОЇ ЧАСТОТИ ПРИ ПЕРЕДАЧІ ПО ВОЛЗ

Дундяк Ю. Р., Бірюков М. Л.
Інститут Телекомунікаційних Систем НТУУ «КПІ»
E-mail: rutenj@gmail.com, nlbir@mail.ru

The degradation of frequency standart signal transmitted through FOCS

The methods of frequency standart signal transmission and degradation factors that influence signal stability are examined.

На сьогодні звірення просторово віддалених один від одного стандартів частоти можливо за допомогою перевозимих стандартів і за допомогою супутників глобальної навігаційної системи. Але точність проведення таких звірень обмежена характеристиками перевозимих стандартів і приймально-передавальною частиною глобальної навігаційної системи. Перспективним альтернативним методом для передачі еталонних частот є використання наземних каналів волоконно-оптичних ліній зв'язку (каналів ВОЛЗ).

Для передачі еталонної частоти по каналу ВОЛЗ можна використати як переносник інформації про частоту: безпосередньо оптичне випромінювання, еталонна частота якого визначається оптичним стандартом; або здійснити модуляцію оптичного сигналу радіочастотним сигналом для звірень мікрохвильових стандартів. Другий метод не пред'являє дуже високих вимог до спектральних характеристик оптичної несучої. Предметом дослідження даної доповіді є фактори, що впливають на деградацію еталонного сигналу.

Головна мета передачі еталонного радіочастотного сигналу, що використовується для амплітудної модуляції оптичної несучої, - отримати після детектування на віддаленому кінці каналу вихідний сигнал з незначним підвищенням відносного рівня його фазових шумів. При досягненні цієї мети сигнал на виході буде відповідати поданому на вхід каналу еталонному сигналу й максимально точно відтворювати частоту. До основних фізичних закономірностей і факторів, що впливають на поширення модульованого по амплітуді оптичного випромінювання по каналі ВОЛЗ, і приводять до його деградації - ослабленню, зміні форми, і варіаціям фази еталонного сигналу, а, в остаточному підсумку, і до погіршення точності передачі еталонної частоти можна віднести: загасання, хроматичну дисперсію, стимульоване розсіювання Мандельштама-Брілльюена (МБ); дисперсію поляризаційної моди (PMD); варіації оптичної довжини каналу ВОЛЗ при впливі акустичних коливань і механічних вібрацій, при зміні температури навколишнього середовища; нестабільність параметрів компонентів передавально та приймального обладнання. При малому часі усереднення найважливішу роль в точності відтворення фази відіграє хроматична дисперсія, значення якої становить 17 пс/км·нм для волокон, які відповідають Рекомендації МСЕ-Т G.652, і є найбільш поширеними з на сьогодні прокладених, та 6 пс/км·нм для волокон, які відповідають Рекомендації МСЕ-Т G.655, які застосовуються при прокладанні нових ВОЛЗ.

Проаналізувавши фізику загасання оптичного випромінювання, розсіювання Мандельштама-Брілльюена (МБ) і механізму дії хроматичної дисперсії можна зробити наступні висновки. Існує оптимальне значення частоти переданого по каналу ВОЛЗ еталонного радіосигналу, що визначається при фіксованій довжині каналу конкуренцією двох обставин. Перша обставина вимагає підвищення частоти переданого еталонного радіосигналу, що модулює оптичне випромінювання, тому що це поліпшує відношення сигнал/шум на виході каналу за рахунок зменшення впливу розсіювання МБ на більш високих частотах модуляції. Друга обставина обумовлена хроматичною дисперсією й

вимагає зниження частоти модуляції, тому що зниження частоти модуляції зменшує вплив хроматичної дисперсії.

Важливим також є вибір джерела випромінювання. Аналіз характеристик існуючих типів лазерів [1] й їхньої вартості приводить до наступного висновку. Для цілей передачі еталонного радіочастотного сигналу оптимальним можна розглядати вибір температурно-стабілізованого DFB лазера з довжиною хвилі випромінювання 1550 нм. Такий напівпровідниковий DFB лазер має помірну вартість, у нього ширина спектра порядку 1 МГц, температурний коефіцієнт варіацій довжини хвилі $\Delta\lambda/\Delta T$ становить всього 0,07-0,09 нм/°С, і його потужність випромінювання може досягати 80 мВт.

На рис. 1 показано результати експериментального дослідження нестабільності частоти еталонного сигналу 100 Мгц на виході каналу ВОЛЗ довжиною 3 км щодо частоти сигналу подаваної на вхід такого каналу [2]. Еталонний сигнал передавався шляхом амплітудної модуляції лазерної несучої без використання системи компенсації шумів каналу. Його аналіз дозволяє зробити наступні висновки. Хід кривих нестабільності еталонного сигналу має характерний підйом на інтервалах усереднення від 10^4 до 10^5 секунд. Підйом обумовлений впливом добових температурних варіацій, добової міської активності й відповідним періодичним підвищенням вібрацій й акустичних шумів.

Якщо порівняти отриманий результат з кривими відносних нестабільностей частоти водневого стандарту й еталона на основі цезієвого фонтану, то вони будуть перебувати нижче кривих, що характеризують нестабільність частоти, внесену волоконним каналом.

Отже, без вживання спеціальних заходів по компенсації внесених каналом збурювань фази переданого еталонного сигналу, не можливо передати по ВОЛЗ еталонний

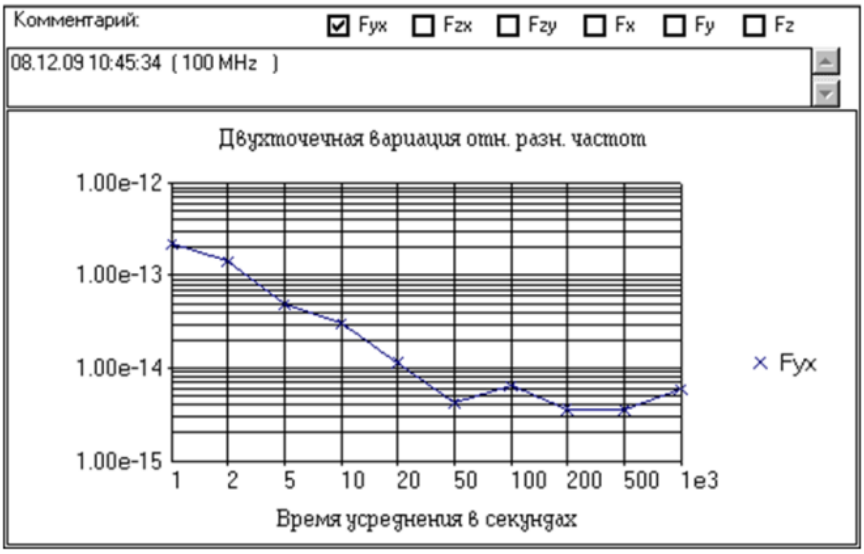


Рисунок 1. Рисунок 1. Результати експериметального дослідження нестабільності частоти еталонного сигналу 100 Мгц на виході каналу ВОЛЗ

сигнал кращих стандартів частоти без втрати його високої точності й стабільності.

Подальшому дослідженню підлягає питання розробки оптимальних схем компенсації фазових шумів, а також дослідження питання прямої передачі оптичного еталону частоти по ВОЛЗ.

Література

1. Р. Фріман. Волоконно-оптические системы связи, М. Техносфера, 2003. 590 ст.
2. В.Г.Пальчиков, С.Н.Слюсарєв. Исследования по передаче эталонных сигналов времени и частоты по оптоволокну, Санкт-Петеребург, 2009 р., 85 ст.

УДК 621.391

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ЕМКОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Гайворонская Г.С., Домаскин О.М.
Одесская государственная академия холода
E-mail: gayvoronska@osar.odessa.ua

Usage of logistics function for the description of process of telecommunication networks' capacity's change

Efficiency, possibilities and features of logistics functions' usage in telecommunication networks are researched and shown.

В общем случае поступление требований на увеличение емкости сети - это стохастический процесс, однако, приемлемые результаты могут быть получены и с помощью детерминированной функции времени. В [1] исследуется влияние стохастических запросов по проблеме оптимального расширения емкости, и доказано, что рассматриваемые стохастические процессы запросов на подключение пользователей к сети, могут быть заменены эквивалентными детерминированными запросами.

В телекоммуникационных сетях используется предположение, что требования являются линейной функцией времени, однако в докладе показано, что гораздо более эффективным является использование логистических функций. Использование логистической функции вида

$$Y = \frac{a}{1 + be^{-ct}},$$

где Y – показатель насыщения емкости сети;

t – текущая координата времени;

a – предельное значение величины насыщения емкости сети;

b – коэффициент, характеризующий начальные условия процесса;

c – коэффициент прироста, удобно для описания развивающихся процессов, при наличии ограничений роста [2].

Если абсолютный прирост показателя развития сети пропорционален достигнутому уровню развития и, одновременно с этим, существуют некоторые факторы действующие в противоположном направлении, например, износ существующего оборудования, не позволяющий использовать его в дальнейшем для предоставления услуг связи, то эта ситуация может быть описана выражением

$$\frac{dY}{dt} = (\chi - \psi)Y,$$

где χ – коэффициент, определяющий скорость роста емкости сети;

ψ – коэффициент, учитывающий скорость износа существующего оборудования.

В зависимости от конкретных значений параметров логистической функции и соотношений между ними можно получить разные виды развития сети:

- отсутствие развития имеет место при условии $\eta + \zeta t + \varepsilon Y = 0$;
- неограниченный рост сети соответствующий условию $\eta + \zeta t + \varepsilon Y > 0$;
- неограниченное убывание – $\eta + \zeta t + \varepsilon Y < 0$;
- логистическое или экологическое развитие.

Основными признаками логистического процесса являются: положительное значение характеристики процесса в начальный момент времени; относительно быстрый рост кривой

в начальной стадии процесса; наличие точки перегиба; медленный рост кривой после точки перегиба; асимптотическое приближение процесса к пределу насыщения $a = \frac{\eta}{|\varepsilon|}$.

Математическими условиями логистического характера процесса являются следующие условия [3] $\varepsilon = 0$, $\zeta = 0$, $\eta > 0$, $a > Y(0)$.

Первое условие означает, что абсолютный прирост уровня развития сети и уменьшение неудовлетворенных потребностей в средствах и услугах этой сети во времени совпадают. Это условие справедливо для сетей типа телефонной, когда подключение каждого нового пользователя означает уменьшение требований на одну заявку. Второе условие показывает, что на процесс уменьшения потребностей в средствах и услугах связи оказывают влияние и другие факторы, кроме роста количества этих средств и услуг. Третье условие означает, что в начальный момент времени уровень развития сети не обеспечивал все имеющиеся требования для реализации возможностей предоставления услуг этой сетью, то есть исследование процесса начинается в период дефицита необходимых сетевых ресурсов. Четвертое условие определяет, что состояние насыщения средствами связи превышает начальный уровень ее развития, то есть формулирует требование возрастания процесса. Логистическое развитие возможно только, если c и ψ –функции уровня развития сети, то есть $c = f(Y)$; $\psi = f(Y)$. Если хотя бы одна из этих функций не зависит от Y, а является функцией времени развития процесса, то логистический процесс переходит в экологический, при котором вместо насыщения на конечном этапе развития сети происходит отмирание.

Литература

3. *Freidenfelds J.* Cable sizing with stochastic demand // In Proc. Sixth Annual Pittsburg Conf. Modeling and Simulation, Apr. 1975. – Pittsburg, 1975. – P. 765-773.
4. *Galyna Gayvoronska* Formalization of Variation Process of Information Networks' Users' Quantity / Galyna Gayvoronska, Oleg Damaskin // “Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science”. Proceedings of the XIth International Conference TCSET’2012. – 2012. – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic. – P. 338.
5. *Гайворонская Г. С.* Исследование модели требований на развитие информационной сети / Г.С. Гайворонская, Д.А. Сомсиков // Холодильна техніка і технологія.– 2006.– №3 (101). – С. 99-104.

УДК 004.725.5

КОРЕКЦІЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ВУЗЛІВ ДОСТУПУ ПРИ НАЯВНОСТІ ПЕРЕШКОД

Сахарова С.В., Бондаренко А.А.
Одеська державна академія холоду
E-mail: switchonline@rambler.ru

Correction of the access node location in the presence of obstructions

A method is proposed which takes into account the influence of local conditions on the optimal location of the access node to minimize cost overruns on the access line in overcoming obstacles

Перспективна концепція доступу до базових мереж, сформульована в рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ) G.902, передбачає створення єдиної системи доступу до всіх мереж та інфокомунікаційних послуг. Одним з етапів побудови мереж доступу (МД) є визначення місць розташування вузлів доступу (ВД), при цьому накладається обмеження на довжину локального сегменту ліній доступу (ЛД), оскільки цей сегмент характеризується достатньо високою вартістю. Для визначення оптимальних місць розташування ВД запропоновані методи [1, 2], які дозволили оцінити кількість користувачів інфокомунікаційних послуг, місця їх розміщення та мінімізувати довжину і витрати на локальний і транспортний сегменти ЛД. У реальних умовах можуть виникнути причини (наприклад, водні простори, перепад висот, скелястий ґрунт, залізничні споруди і т. д.), які не дозволяють здійснювати прокладку ЛД. Якщо місця розташування користувачів встановлені, то необхідність подолання перешкоди залежить від положення ВД.

У доповіді розглянута можливість корекції місць розташування ВД при наявності на території обслуговування МД декількох перешкод. Для мінімізації перевитрати на лінію доступу при подоланні об'єктів, що перешкоджають їх прокладці, запропонований метод, який дозволяє врахувати вплив місцевих умов на оптимальне місце розташування ВД. В якості критеріїв оптимізації обрана вартість мережі і довжина локального сегменту ЛД. Якість надання послуг та вимоги до мережі та її обладнання задаються у вигляді обмежень. Розрахунки виконуються за допомогою растрової сітки до тих пір, поки однозначно не локалізується квадрат з мінімальними витратами (капітальні вкладення, витрата обладнання та інші витрати).

Для скорочення обсягу обчислень спочатку необхідно визначити місця розташування рядків і стовпців при відсутності перешкоди, після цього знову розраховують сукупні витрати на ЛД («горизонтальні» і «вертикальні» компоненти) для початкового квадрата растрової сітки і для всіх восьми суміжних квадратів, що враховують необхідні напрямки ліній (рис. 1).

Якщо мінімум витрат розташовується в центрі дев'ятого досліджуваного напряму, то визначення місця розташування можна припинити. В іншому випадку треба продовжувати розрахунки за допомогою растрової сітки до тих пір, поки не буде знайдено однозначне рішення. На рисунку 1Б наведено розрахунок для заданої території з урахуванням перешкод, показаних на рис.1А. Числа в квадратах відповідають розрахованим витратам на ЛД.

Для всіх кінцевих пристроїв, що підключаються до ВД, розташованих ліворуч від стовпця *sk*, можна визначити «горизонтальний» компонент витрат наступним чином:

$$A_{sk_л} = A_{sk-1_л} + \sum_{j=1}^{k-1} N_{sj} \qquad (1)$$

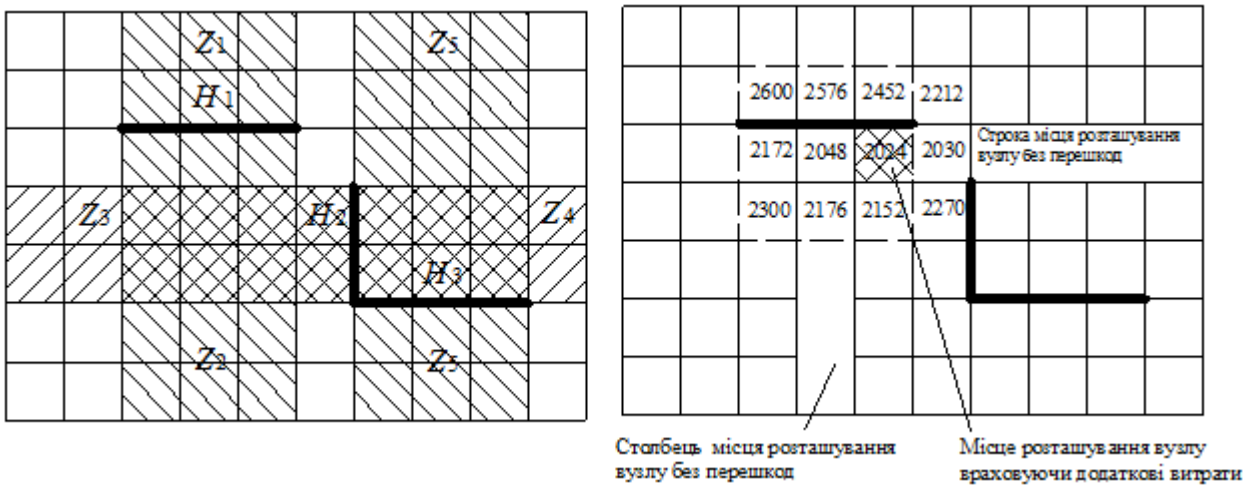


Рис. 1. А – Територія, яка обслуговується мережею доступу, при наявності декількох перешкод; Б - Визначення місця розташування вузла при наявності декількох перешкод

Таким же чином можна визначити «горизонтальний» компонент витрат для всіх кінцевих пристроїв, розташованих праворуч від стовпця *sk:*

$$A_{sk_n} = A_{sk+1_n} + \sum_{j=k+1}^{n} N_{sj} \qquad (2)$$

Загальні витрати на лінію A_{sk} отримуються у вигляді сум обох компонентів (1) и (2)

$$A_{sk} = A_{sk-1_л} + A_{sk+1_n} + \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{n} N_{sj} \qquad (3)$$

Критерій вибору місця розташування стовпця має вигляд $A_{sk} \to \min$.

Аналогічно (3) після підсумовування витрат на лінію для кінцевих пристроїв, які підключаються до ВД, що розташовані зверху та знизу від строки *zl*, справедливий вираз

$$A_{zl} = A_{zl-1_в} + A_{zl+2_н} + \sum_{\substack{i=1 \\ j\neq l}}^{m} N_{zi} \qquad (4)$$

Місце розташування рядка, яке визначається, має задовольняти умові $A_{zl} \to \min$.

Обчислення витрат, які необхідні для вибору місця розташування рядка і стовпця за допомогою цього методу, більш значні. Тому для великих територій, що обслуговуються МД, зручно застосовувати розроблену автоматизовану підпрограму визначення місць розташування ВД. Якщо на території існує ділянка дії перешкоди, то очевидно, що горизонтально розташовані перешкоди можуть викликати принципово тільки «горизонтальний» компонент, а вертикально розташовані - «вертикальний» компонент перевитрати вкладених коштів. Якщо перешкода займає непарну кількість стовпців, наприклад $\{(l-p),(l-2)(l-1),(l),(l+1),(l+2),(l+p)\}$, і очікуване місце розташування ВД лежить вище перешкоди, то виходить перевитрата на лінію *Mj*, яка може обчислюватися за сумами кінцевих пристроїв, що підключаються до ВД, для стовпців нижче перешкоди *Nsj_н*. Якщо очікуване місце розташування ВД лежить вище перешкоди, то визначальну роль відіграють суми кінцевих пристроїв, що підключаються до ВД для стовпців вище перешкоди *Nsj_в*. Дослідження показали, що загальні перевитрати *MAj* так само, як перевитрати *Mj*, залежать від довжини перешкоди. Якщо цю залежність висловити через множник *fj*, то перевитрати на лінію можна обчислити як:

$$MA_j = 2\sum_{k=j-p}^{j+p} f_k M_k \,. \qquad (5)$$

Якщо перешкода розташована на лінії растрової сітки між строками *h* і *h+1* то для *Mj* справедливо:

$$M_{j_в} = 2\sum_{i=h+1}^{n} q_{ij} \;\text{ або }\; M_{j_н} = 2\sum_{i=1}^{h} q_{ij}\,, \qquad (6,7)$$

де q_{ij} — кількість джерел і приймачів інформації в квадраті $A_{ij.}$

Приклад використання методу оптимізації місця розташування ВД для випадку якщо перешкода відповідає лише частині лінії растрової сітки представлений на рисунку 2.

A_{Sk} зверху	2130	1650	1546	1482	1398	1268	1462	1728	2070	2550	N_{Zi}	A_{Z} зверху	A_{Z} знизу	A_{Zi}
MA_k зверху	0	0	250	340	250	0	0	0	0	0				
		15	15				9	9	9	9	66	0	1332	1332
	10	15	15	15	12	9	9	9	9		103	66	878	944
	10	15	20	20	15	9	9	9	9		116	235	527	762
		10	15	15	15	9	9				73	520	292	812
			10	15	15	10			11		61	878	130	1008
			15	15				11	20	11	72	1297	29	1326
		8	10						11		29	1788	0	1788
Q_{Sj}	20	63	100	80	57	37	36	38	69	20				
$A_{Sk\,зліва}$	0	20	103	286	549	869	1226	1579	2050	2550				
$A_{Sk\,справа}$	2130	1630	1193	856	599	399	236	109	20	0				
A_{Sk}	2130	1630	1269	1142	1148	1268	1462	1728	2070	2550				
$MK_{k\,знизу}$	0	0	224	294	224	0	0	0	0	0				
$A_{Sk\,знизу}$	2130	1650	1520	1436	1372	1268	1462	1728	2070	2550				

Розрахунок без врахування перешкоди

Рис. 2. – Визначення місця розташування вузла при необхідності додаткових витрат

При застосовуванні представленого методу розроблений ітеративний спосіб визначення місць розташування ВД і меж території, що обслуговуються цими вузлами, реалізований в програмній моделі. Коректне визначення місця розташування ВД дозволяє знизити витрати на МД на етапі побудови та експлуатації.

Література

1. *Гайворонська Г.С.* Метод определения местоположения узлов при использовании прямоугольной модели сети доступа / Г. С. Гайворонская, С.В. Сахарова // Холодильна техніка і технологія. – Одеса : ОДАХ, 2011. – №1 (129). –с.73-76.
2. *Гайворонська Г.С.* Особенности определения местоположения узлов доступа при использовании радиальной модели обслуживаемой территории. / Г.С. Гайворонская, С.В. Сахарова // Наукові праці ДонНТУ. – Донецк: ДонНТУ, 2011.– №21 (183). – с. 82-86.
3. *Сахарова С.В.* Применение метода определения мест расположения узлов доступа / С.В. Сахарова // Материалы НТК «Проблеми телекомунікацій»: Збірник тез. - Київ: НТУУ КПІ. – 2011. – с.174.

УДК 621.391

МОЖЛИВИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ УЗАГАЛЬНЕНОЇ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ КОНВЕРГЕНТНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЗІ ЗОВНІШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Соломицький М.Ю.
Одеська державна академія холоду
E-mail: sage89@mail.ru

A possible approach to development of a generalized model of interaction between the convergent telecommunication network and environment

The research is based on the convergent telecommunication network's architecture's formal description. Approaches to the formal description of interaction between the convergent telecommunication network and environment are offered.

Об'єктом дослідження, деяким аспектам якого присвячено доповідь, є конвергентна телекомунікаційна мережа (КТМ), а саме її взаємодія зі зовнішнім середовищем.

Визначення КТМ наведено в постановочній роботі [1], де КТМ розглянуто з системних позицій, сформульовані деякі формальні уявлення та підхід для рішення задачі аналізу й синтезу КТМ. Встановлено, що КТМ неможна безпосередньо віднести ні до жодного з таких відомих класів мереж, як інформаційно-обчислювальні, передачі даних, телефонні, які покликані реалізувати обслуговування користувачів лише у визначеній чітко обмеженій області. Тому існуючі моделі функціонування мереж, моделі навантаження та методи розрахунку мережного обладнання у вихідному вигляді неприйнятні для рішення задач аналізу й проектування КТМ.

Формально архітектура КТМ описана у вигляді зовнішнього середовища и мережного середовища. Кожне з цих середовищ представляється у свою чергу у вигляді двох середовищ: зовнішнє середовище – середовищами генерації та розповсюдження, мережне середовище – середовищами взаємодії та обробки. Виділення середовищ генерації та взаємодії дає можливість описати мережу в цілому, як єдину систему, що взаємодіє зі зовнішнім середовищем на системному рівні [1].

Розгляд передачі різноманітних видів інформаційних повідомлень користувачів, що надходять зі зовнішньої інформаційної метаструктури до транспортної системи КТМ, у вигляді потоків комутованих інформаційних одиниць дає можливість перейти до формального опису середовища генерації, що зводиться до опису впливу вхідних потоків викликів на мережу.

Модель потоку викликів й способи його завдання вивчаються досить давно. В [2] встановлено неможливість використання у вихідному вигляді існуючого математичного апарату для визначення ймовірнісно-часових характеристик КТМ, а також визначено, що для опису потоків, які надходять й циркулюють в КТМ, доцільно використовувати суперпозицію моделей потоків [3] найбільш адекватних сформульованим уявленням щодо КТМ, з урахуванням того, що трафік, який формується цими потоками, є самоподібним. Питання моделювання взаємодії КТМ зі зовнішнім середовищем з урахуванням фактору самоподібності залишається відкритим.

Згідно [4] середовище взаємодії представлено як деяке однорідне інформаційно-обчислювальне середовище, яке складається з вузлів комутації. Конфігурацію вузлів задано у матричній формі з використанням квадратних матриць зв'язності (МЗ) вузлів даного рівня розмірністю N_i x N_i, де N_i – число вузлів відповідного i-го рівня, та прямокутних МЗ вузлів суміжних рівнів розмірністю N_i x N_{i-1}, де N_{i-1} – число вузлів нижнього рівня.

Матриці вузлів одного рівня мають наступний вигляд:

$$\left\| M_{ii} \right\| = \begin{matrix} m_{ii}^{11} & m_{ii}^{12} & \ldots. & m_{ii}^{1N_i} \\ m_{ii}^{21} & m_{ii}^{22} & \ldots. & m_{ii}^{2N_i} \\ \ldots. & & & \\ m_{ii}^{N_i 1} & m_{ii}^{N_i 2} & \ldots. & m_{ii}^{N_i N_i} \end{matrix},$$

де елемент МЗ має вигляд:

$$m_{ii}^{ki} = \begin{matrix} 0, \text{коли зв'язок між вузлами } k \text{ й } i \text{ відсутній;} \\ 1, \text{у протилежному випадку.} \end{matrix}$$

Замість одиниці в МЗ можуть стояти означення числового значення деяких параметрів, що характеризують відповідні зв'язки.

Для відображення зв'язків вузлів сусідніх рівнів складаються прямокутні МЗ виду:

$$\left\| M_{i,i+1} \right\| = \begin{matrix} m_{i,i+1}^{11} & m_{i,i+1}^{21} & \ldots. & m_{i,i+1}^{N_i 1} \\ m_{i,i+1}^{12} & m_{i,i+1}^{22} & \ldots. & m_{i,i+1}^{N_i 2} \\ \ldots. & & & \\ m_{i,i+1}^{1N_{i+1}} & m_{i,i+1}^{2N_{i+1}} & \ldots. & m_{i,i+1}^{N_i N_{i+1}} \end{matrix}.$$

На визначених запропонованим чином МЗ, використовуючи деякі додаткові засоби та поняття, наприклад, поняття рангу вузла, рангу шляху, перетину мережі та рангу перетину мережі, здається можливим проведення оптимізації структури мережі, а також пошук оптимального шляху з'єднання двох абонентів.

Література

1. *Соломицкий М.Ю.* Возможный подход к разработке модели трафика конвергентной телекоммуникационной сети / М.Ю. Соломицкий // Applicable Information Models. – Sofia: ITHEA, 2011. – № 22. – P. 189-198.
2. *Гайворонская Г.С.* Анализ возможности использования математического аппарата теории телетрафика для описания взаимодействия конвергентной телекоммуникационной сети с внешней средой / Соломицкий М.Ю., Гайворонская Г.С. // Холодильна техніка і технологія. – Одеса: ОДАХ, 2011. – № 2 (103) – С. 61-67
3. *Гайворонская Г.С.* Исследование параметров объединенного потока вызовов / Г.С. Гайворонская // Труды УГАС "Информатика и связь". – 1997. – С. 222-226.
4. *Советов Б.Я.* Построение сетей интегрального обслуживания / Советов Б.Я., Яковлев С.А.– Л.: Машиностроение, 1990. – 332 с.

УДК 621.391

МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИЩЕННОГО КАНАЛА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ

Альфалуджи С.
Одесская государственная академия холода
E-mail: samer84@mail.ru

Method of the organization of the protected channel for telecommunication networks' control

New algorithm that provides organization of the protected channel for telecommunication networks' control is proposed.

В докладе рассмотрен метод повышения быстродействия защищенного канала, предназначенного для передачи управляющей информации в процессе установления и поддержания соединений в телекоммуникационных сетях. Проблема защиты информации не нова вследствие чего систем, шифрующих защищаемую информацию достаточно много. Но у большинства из них есть один существенный недостаток: информацию нетрудно обнаружить и определить, что она зашифрована. А если информация зашифрована, значит, на то есть причины, то есть информация секретна и ею следует поинтересоваться.

Криптографический анализ практически всегда позволяет за конечное время раскрыть смысл зашифрованной информации, а иногда и создать программу – расшифровщик любой информации, защищенной при помощи взломанной системы. Гораздо сложнее раскрыть смысл защищенной информации, если неизвестен, сам факт ее существования. Систем позволяющих скрывать информацию гораздо меньше, и они, как правило, узкоспециализированные, например, предназначенные для сокрытия текста в изображении или звуковых файлах. Поэтому в данной работе сокрытие и защита управляющей информации осуществляется путем организации в открытом канале дополнительного закрытого канала связи, реализованного стеганографическими методами.

Целью работы является создание системы, позволяющей как скрыть факт существования защищаемой информации, так и воспрепятствовать установлению смысла этой информации. Для достижения поставленной цели необходимо решены следующие задачи: разработан и реализован алгоритм сокрытия информации и обеспечено шифрование защищаемой информации.

В работе под пропускной способностью канала передачи скрываемых сообщений или просто под скрытой пропускной способностью (СПС) понимаем максимальное количество информации, которое может быть вложено в один элемент контейнера. Поскольку канал скрытой связи образуется внутри канала открытой связи, СПС будет меньше пропускной способности канала открытой связи [1], в котором за одно использование канала передается один элемент СС, содержащего ДИ [2].

Очевидно, что при организации канала связи, используемого для передачи секретной информации, чрезвычайно важным является обеспечение большой СПС, существующие СМ, информация о которых доступна из открытой печати, не могут в полной мере удовлетворить этому требованию. Действительно, многие СМ, используя в качестве элементов контейнера 8×8-блоки, погружают в блок лишь от 1 до 8 бит секретной информации, обеспечивая при этом СПС, равную от $1/64$ до $1/8$ бит/пикс. Дальнейшее увеличение СПС за счет увеличения количества модифицированных битов может привести к нарушению надежности восприятия СС. Таким образом, проблема разработки алгоритмов, обладающих большой СПС является актуальной и нерешенной до настоящего момента.

Существуют методы для сокрытия информации в звуковых и видео файлах. Однако

практически все методы позволяют скрывать информацию только среди данных определенного типа, т.е. в изображении, текстовом файле и т.п. В связи с этим разработан алгоритм, при использовании которого защищаемая информация разбивается на блоки определенной длины, затем каждый блок шифруется отдельным ключом, и помещается в специальные контейнеры. Роль контейнеров выполняют особые файлы: либо уже существующие, либо специально создаваемые. После этого исходный файл уже больше не существует в том виде, в котором он существовал первоначально, а в каких конкретно контейнерах находятся блоки, из которых состоит файл неизвестно даже пользователю. Такой подход в полной мере соответствует решаемой задаче: во-первых, нет никаких сведений о наличии защищенной информации, во-вторых, без информации о расположении блоков, восстановить сокрытую информацию практически невозможно [3].

Среди проанализированных шифров для данной работы выбран способ «одноразового заполнения». Основным условием для его применения является необходимость безопасного хранения ключа. Это условие выполнить несложно, поскольку, на ключ (в отличие от защищаемой информации) взломщик повлиять не может, найти ключ сложнее, а длина ключа существенно меньше объема защищаемой информации, поэтому скрыть ключ проще [4].

Литература

1. *Шеннон К.* Работы по теории информации и кибернетики / Пер. с англ. – М.: Иностранная литература, 1963. – 829 с.
2. *Kobozeva A.A.* The Basis of New Approach of Providing High Carrying Capacity of Covert Communication Channel / Kobozeva A.A., Alfaludji S. // “Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science”. Proceedings of the XIth International Conference TCSET’2012. – 2012. – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic. – P. 263.
3. *Гайворонская Г.С.* Система захисту та приховування інформації довільного типу / Г.С. Гайворонская, Д.А. Сомсиков // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ КПІ. – Київ. – 2010. – № 2 С. 30-37.
4. *Гайворонская Г.С.* Система защиты авторских программных продуктов / Г.С. Гайворонская, Д.А. Сомсиков // «Цифровые технологии». – Одесса. – ОНАТ. – №7. – 2010. – С. 22-27.

УДК 004.725.5

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОТОРЫХ ЦЕЛЕСООБРАЗНО НА СЕТЯХ ДОСТУПА

Котова А. И., Конышев Е.Б.
Одесская государственная академия холода
E-mail: kotisa@mail.ru

Analysis features of technology use are suitable for access networks

The object of research is technologies, whose use is recommended in the access networks. This paper focuses on the research of subscriber networks characteristics, determining the possibility of transmission of digital information using xDSL technologies. Identifies parameters which determine the possibility of using a particular type of xDSL equipment in the subscriber networks.

Объектом исследования, некоторым аспектам которого посвящен доклад, является технологии, использование которых рекомендуется на сетях доступа (СД). Абонентские сети ТфОП не предполагали широкополосного доступа от отдельных пользователей, СД должны либо создаваться заново, либо использовать имеющиеся ресурсы.

В работе сделан акцент на исследование характеристик АС, определяющих возможность передачи дискретной информации с использованием технологий семейства *xDSL*. Для этого проанализированы рекомендации МСЭ, касающиеся технологий семейства *xDSL*, а также документация к оборудованию систем *xDSL*, применяемых в Украине. В результате анализа выделены параметры, определяющие возможность использования конкретного типа оборудования *xDSL* на АС. Для того чтобы двухпроводные АЛ обеспечивали передачу телефонных сигналов, они должны отвечать нормам, касающимся длины АЛ, что обусловлено допустимым затуханием сигнала. Предварительная проверка АЛ позволит оператору ИКУ заранее, до поступления заявки от пользователя, оценить возможность предоставления услуг телефонной связи, доступа в Интернет, высокоскоростной ПД без привлечения технических специалистов и специального тестирующего оборудования, за счет предварительного выявления линий, не отвечающих определенным критериям (по длине, сечению проводника, наличию неоднородностей и т.д.). Дальнейшая проверка АЛ одинакова и в том случае, когда проводится по инициативе компании, предлагающей услугу, для определения групп потенциальных клиентов, и когда проводится по требованию пользователя, желающего эту услугу получить. К длине линии чувствительны все технологии *xDSL*, причем скорость ПД обратно пропорциональна длине АЛ (табл. 1). Поэтому оценка длины АЛ и диаметра жилы позволяет сразу же выявить неподходящие абонентские линии.

Таблица 1. Некоторые параметры передачи данных технологий *xDSL*

Рек.	Дата выпуска	Рассматриваемые параметры	Характеристики кабеля	Магистральный участок	Распределительный участок
G.991.1	10-1998	Техника передачи *HDSL*, требования и параметры передачи.	Диаметр жилы	0,3-1,4 мм	0,3-1,4 мм
			Структура	ТК звездной скрутки или витая пара	
			Макс. кол-во пар	2400 (0,4 мм) 4800 (0,32 мм)	600 (0,4 мм)
			Изоляция проводника	*PE, paper pulp*	*Paper, PE, Cell PE*

	Допустимая длина линии без регенераторов обеспечиваемая оборудованием *HDSL*				
	Диаметр жилы, мм	*WATSON* (производство *Schmid Telecom AG*, Швейцария) различных серий			*PairGain* (производство *PairGain Tecnologies*, США)
		WATSON 2 (2B1Q)	*WATSON 3 (CAP-64)*	*WATSON 4 (CAP-128)*	
	0,4	до 4 км	4-5 км	3-4 км	2,8 км
	0,6	до 6 км	6-7 км	4-5 км	4,8 км
	0,51			4,5-8,8 км	3,7 км
	0,8	до 9 км	10-12 км	6-7 км	
	0,91				6,8 км
	1,2	До 18 км	14-18 км	10-13 км	

G.991.2	02-2001 11-2001	Техника передачи *SHDSL*.	Количество пар	Диаметр жилы	Максимальная скорость	Максимальная дальность
			1	0,4 мм	2320 бит/с	2 км
					192 бит/с	6 км
			2		4624 бит/с	2 км
					384 бит/с	6 км

G.992.1 G.992.2	07-1999, … , 03-2003	Техника передачи *ADSL*	0,6 мм	1,54 Мбит/с от пользователя; 8 Мбит/с к пользователю	5,4 км
			0,5 мм		4,5 км

G.993.1	11-2001 03-2003	Техника передачи *VDSL*	Расстояние	Скорость ПД к абоненту, Мбит/с	Скорость ПД от абонента, Мбит/с
			1500 м	12,96-13,8	12,96-13,8
			1000 м	25,92-27,6	19,2
			300 м	51,84-55,2	1,6-2,3

Анализ основных характеристик работы *xDSL* показал, что предварительная проверка АЛ должна включать исследование распределения длин и сечений проводников, что выполнено в [1]. Среди всех технологий, работающих на СД, технология асимметричного широкополосного доступа (*Asymmetrical Digital Subscriber Loop, ADSL*) занимает особенное место, являясь прообразом абонентской линии в телекоммуникационных сетях следующего поколения (*Next Generation Networks, NGN*). Альтернативные варианты построения СД, такие как *Gigabit Ethernet* и *PON*, требуют реконструкции абонентского кабельного хозяйства, в то время как *ADSL* обеспечивает мягкий переход от обычной телефонной сети к широкополосной.

Многие альтернативные технологии постепенно сближаются по своим функциональным возможностям и качественным характеристикам. Выравниваются также и стоимостные показатели. Кроме того, современные технологии способны сделать работу в сети столь же комфортной, как и в автономном режиме. Например, на скорости 100 Мбит/с абсолютно незаметны различия в доступе к информации, размещенной на жестком диске, и в сети Интернет [2].

На рисунке 1 показана предлагаемая классификация технологий, используемых в сетях доступа. Рассматриваются три элемента ТС, для которых существенны технологические изменения – оборудование коммутации, передачи и среда распространения сигналов. В левой части рисунка перечислены технологии, доминировавшие в конце XX века. Технологии, начала XXI века, представлены в правой части рассматриваемой модели.

Рис. 1 – Классификация технологий. используемых в

Литература

1. *Гайворонская Г.С.* Структурные характеристики абонентских линий / Гайворонская Г.С., Котова А.И. // Холодильна техніка і технологія. – Одеса: ОДАХ, 2009. – №4 (120). – С. 78- 81.

2. Соколов Н.А. Телекоммуникационные сети. – М.: Альварес Паблишинг, 2004. - 258 с.

УДК 621.391

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ НА СЕТЯХ ДОСТУПА

Крыжановская А. А.
Одесская государственная академия холода
E-mail: gammyanna@yandex.ua

Assurance of quality of services for access networks

The object of research is the access network to multi-service network. The report proposed a method to ensure quality of service calls, taking into account the specifics of access networks, and constant change of load incoming on them.

Объектом исследования, рассмотренного в докладе, являются сети доступа к мультисервисной сети. Сеть доступа, согласно рекомендации международного союза электрсвязи G.902 содержит линии и узла доступа (УД). Сеть доступа к мультисервиным сетям (СДМсМ) должна обеспечить реализацию требований пользователя на обслуживание в любой момент времени с заданным качеством (нормами на допустимую задержку в передаче информации, вероятность отказа и т. п.) [1]. Для этого СДМсМ рассчитывается на передачу информации с заданным качеством обслуживания для максимальной матрицы требований

$$\Lambda_{\max} = \left\| \lambda_{ij}^{\max} \right\|, \tag{1}$$

каждый элемент которой равен максимальному из одноименных элементов всех матриц требований:

$$\lambda_{ij}^{\max} = \max_{t \in T} \lambda_{ij}(t). \tag{2}$$

При реальных условиях функционирования сети из-за неравномерности поступления поступающих потоков вызовов качество обслуживания последних между различными парами узлов сети может быть неодинаковым. Кроме того, на сети могут быть пары «пользователь – УД», важность связи ε между которыми неодинакова. Поэтому все множество пар «пользователь – УД» сети доступа $\{U_1, \ldots, U_J\}$ разбивается на непересекающиеся подмножества $\{U_1, \ldots, U_j, \ldots, U_f\}$, пар «пользователь – УД» для которых важность связи имеет одно и то же значение, т. е. для всех пар «пользователь – УД», входящих в подмножество U_j, важность связи одинакова и составляет величину ε_j.

Если в УД$_t$ включены z групп линии пользователей имеющих различный набор предоставляемых услуг, и соответственно, имеющих различные приоритеты в обслуживании, для которых важность связи должна быть принята различной, тогда этот УД$_t$ можно представить в виде z фиктивных узлов, в каждый из которых включены линии пользователей с одинаковым набором услуг, и, соответственно, с одинаковыми приоритетами [2].

С учетом заданных приоритетов среднесетевой коэффициент качества можно определить из выражения

$$K_c = \left(\sum_{j=1}^{f} \sum_{i=1}^{\gamma_j} \varepsilon_j \, p_i^j \, \lambda_i \right) \Big/ \Xi, \tag{3}$$

где f - число непересекающихся подмножеств пар «пользователь – УД»;

γ_j – число пар «пользователь – УД» в j–м подмножестве;

ε_j – коэффициент, учитывающий приоритет связи для пар «пользователь – УД», входящих в *j*-е подмножество;

p^j_i – вероятность потерь между *i*-й парой «пользователь – УД», входящей в подмножество U_j,

λ_i – интенсивность потока вызовов для *i*-й пары «пользователь – УД»;

Ξ – число пар «пользователь – УД» на сети.

Если принять, что приоритет связи для всех, пользователей и пар «пользователь – УД» сети доступа одинаков, то вместо (3) получаем

$$K_c = \left(\sum_{i=1}^{\Xi} p_i \lambda_i \right) \Big/ \Xi . \tag{4}$$

При оценке качества обслуживания вызовов будем считать, что диапазон изменений значений коэффициента K_c разделен на r областей, каждая из которых ограничена двумя значениями коэффициента качества обслуживания: K_i и K_{i-1} где $K_i > K_{i-1}$, i = 1, 2, ..., r, называемыми соответственно верхним и нижним порогами. При этом верхний порог области (i) совпадает с нижним порогом области (i+1).

Пороговым критерием качества обслуживания вызовов служит многозначный предикат $\pi = K\left(K_0 < K_x \le K_1 ;\ \ldots ; K_{r-1} < K_x \le K_r\right)$, принимающий одно из K_r значений:

$$\pi = \begin{cases} K_1, & \textit{если} \quad K_0 < K_x \le K_1 ; \\ \vdots & \\ K_r , & \textit{если} \quad K_{r-1} < K_x \le K_r , \end{cases} \tag{5}$$

где K_x - текущее значение коэффициента качества обслуживания вызовов.

На основании этого в докладе предложен метод обеспечения качества обслуживания вызовов, учитывающий как специфику создаваемых сетей доступа, так и постоянное изменение поступающей на них нагрузки [3].

Литература

1. *Гайворонская Г.С.* Основные задачи модернизации сетей пользовательского доступа / Г.С. Гайворонская, А.И. Котова // Зв'язок. – 2010. – №2 (90). – С.32-36.
2. *Крижановска А.О.* Дослідження особливостей навантаження мультисервісних мереж і вимог для забезпечення нормативної якості обслуговування/ А.О. Крижановская // Холодильна техніка і технологія. – Одеса. – ОДАХ, 2011. – № 5 (133). – С. 83-85.
3. *Гайворонська Г.С.* Особенности нагрузки разнородных телекоммуникационных сетей / Г.С. Гайворонская, И.В. Ганницкий, С.В. Сахарова, А.А Крыжановская // Збірник тез VI МНТК «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології». – К. – ДУІКТ. – 2010. – С.61.

УДК 621.391:006

ЗВІРЕННЯ ШКАЛ ЧАСУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОСИЛЕНОГО АЛГОРИТМУ ДВОХСТОРОННЬОГО ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ ТОЧНОГО ЧАСУ

Бірюков М.Л., Тріска Н.Р., *ІТС НТУУ "КПІ",*
Худинцев М.М., *Одеський державний екологічний університет*
E-mail: nlbir@mail.ru

Аналізуються задачі забезпечення синхронізації сучасних телекомунікаційних мереж з пакетним режимом передавання. Запропоновано для посилення протоколів двохстороннього обміну повідомленнями точного часу (NTP, PTP v.2 IEEE1588 та інші) при оцінюванні статистик обміну повідомленнями застосовувати методи максимальної вірогідності та нові метрики відхилів часового інтервалу.

Time scales comparison using the enhanced algoritm of two-way precise time messages interchange

The synchronization issues in the packet-based telecommunication networks are analyzed. The enhancement of two-way precise time messages interchange protocols (such as NTP, PTP v.2 IEEE1588) using the maximum likelihood methods and new time interval error metrics for estimation of messages interchange statistics is proposed.

В сучасних умовах на транспортні телекомунікаційні мережі з пакетним режимом передавання (як правило, на базі технології Ethernet) все частіше покладаються функції розподільчої мережі сигналів тактової синхронізації (ТС), а також повідомлень точного часу (ПТЧ). Зокрема, актуальним напрямком досліджень є методи оцінювання точності та стабільності частоти та шкал часу при використанні різних сценаріїв синхронізації пакетних мереж [1, 2]. В цьому контексті представляють інтерес можливості поширення традиційних оцінок відхилу часового інтервалу (ВЧІ), стандартного відхилу часового інтервалу СВЧІ(τ) та максимального відхилу часового інтервалу МВЧІ(τ) на тракти з пакетним, асинхронним режимом передавання, а також пошуку нових метрик, що задовольняли б новим умовам передавання з практично некерованими затримками [3].

В даній роботі, на основі аналізу алгоритмів обміну ПТЧ, пропонується використання нових метрик [2], які за своїми властивостями є близькими до функції МВЧІ(τ), розглянутої в [3], а з іншого боку, близькі до параметрів оцінювання, які отримані при застосуванні принципу максимальної вірогідності до статистики вимірів.

Оцінку часу розходження між годинниками веденого "В" та провідного "М" вузлів – $\hat{\varphi}^{BM}$ в одному циклі обміну можна записати у вигляді [2, 3]:

$$\hat{\varphi}^{(\mathrm{BM})} = \frac{1}{2}\cdot[(T_2^M - T_1^B) + (T_3^M - T_4^B)] \qquad (1)$$

де T_1^{B} та T_4^{B} – часові мітки в повідомленні, виміряні на веденому вузлі "В";
T_2^{M} и T_3^{M} – часові мітки в повідомленні, виміряні на провідному вузлі "М".

Позначивши затримку в вихідному повідомленні від вузла "В" до вузла "М" як $U = T_2^{\mathrm{M}} - T_1^{\mathrm{B}}$, а у вхідному повідомленні від "М" до "В" – як $D = T_4^{\mathrm{B}} - T_3^{\mathrm{M}}$, для затримки маємо:

$$U = T_2^{\mathrm{M}} - T_1^{\mathrm{B}} = \varphi^{\mathrm{BM}} + d^{\mathrm{BM}} + \varepsilon^{\mathrm{BM}}, \qquad (2)$$

$$D = T_4^{\mathrm{B}} - T_3^{\mathrm{M}} = \varphi^{\mathrm{MB}} + d^{\mathrm{MB}} + \varepsilon^{\mathrm{MB}}, \qquad (3)$$

де $\varphi^{\text{ВМ}} = -\varphi^{\text{МВ}}$ – розходження показань годинників “В” та “М”, а $d^{\text{ВМ}}$, $d^{\text{МВ}}$ и $^{\text{ВМ}}$, $\varepsilon^{\text{МВ}}$ – детермінована d та випадкова ε складові затримок передавання повідомлення від вузла “В” до вузла “М” – індекс (ВМ) і навпаки.

Під час багатократного обміну N повідомленнями буде одержано масив даних про затримки у вихідному та вхідному напрямках: $\{U_i\}$ и $\{D_i\}$ i=1,2,…,N.

Якщо затримки в тракті незначні і об’єднуються в кінці циклу підстроювання, то логічно припустити, що в силу центральної граничної теореми функція розподілу ймовірності затримок ПТЧ має розподіл Гауса. Застосовуючи принцип максимальної вірогідності і вважаючи розподіл статистик затримок $\{U_i\}$ и $\{D_i\}$ нормальним з середнім значенням μ та дисперсією σ^2, отримаємо оцінку розходження шкал часу $\hat{\varphi}^{(\hat{A}\grave{i}\ )}$ у вигляді [1]:

$$\hat{\varphi}^{(\hat{A}\grave{i}\ )} = \arg\max_{\varphi^{(BM)}}[\ln L(\varphi^{BM})] = \frac{\overline{U} - \overline{D}}{2} \tag{4}$$

або

$$\hat{\varphi}^{(BM)} = \frac{1}{2N}\left[\sum_{i=1}^{N} U_i - \sum_{i=1}^{N} D_i\right] = \frac{1}{2N}\sum_{i=1}^{N}[U_i - D_i] = \frac{\overline{U} - \overline{D}}{2}. \tag{5}$$

Як показано в [4], розподіл затримок змінюється в часі, має нестаціонарну складову, а стратегія прийняття рішення може змінюватися, залежно від поведінки функції ВЧІ, на різних інтервалах спостереження. Для поєднання даних спостережень на інтервалах часу (наприклад, 100 с), які потребують дотримання певної точності, доцільно використати функції родини максимальних відхилів часового інтервалу МВЧІ(τ, Т), а саме minВЧІ(τ) та mid ВЧІ(τ), запропоновані в [2]:

$$\text{minВЧІ}(\tau) = \min[\text{PtP}(\tau)] \cong \min_{1\le k\le N-n}[\max_{k\le i\le k+n} x_i - \min_{k\le i\le k+n} x_i], \quad n = 1,2,...,N-1 \tag{6}$$

$$\text{midВЧІ}(\tau) = \text{mid}[\text{PtP}(\tau)] \cong \frac{1}{N-n}\sum_{k=1}^{N-n}[\max_{k\le i\le k+n} x_i - \min_{k\le i\le k+n} x_i], \quad n = 1,2,...,N-1, \tag{7}$$

де x_i – величина відхилу часового інтервалу ВЧІ, зафіксованого під час взяття i-го відліку: $x_i = x(i\tau_0)$, i=1,2,…,N ; N – об’єм вибірки ВЧІ $x(t)$, що взяті з інтервалом часу τ_0; Т = $(N-1)\tau_0$ – інтервал часу вимірювань; $\tau = n\tau_0$ – інтервал спостереження з n даних; k – порядковий номер інтервалу спостереження. Вираз у квадратних дужках в (6), (7) являє собою максимальний розмах (pick-to-pick = PtP).

Основні властивості МВЧІ, які залишаються вірними для всієї родини функцій, розглянуто в [3]. Якщо функція МВЧІ(Т,τ) може застосовуватись як верхня границя відхилу, якої слід дотримуватись під час підстроювання шкал часу за протоколами обміну повідомленнями (мітками) точного часу – ПТЧ, то використання функцій ВЧІ minВЧІ(τ) та midВЧІ(τ) (6), (7) дасть покращені метрики оцінювання:

$$\min[\text{PtP}(\tau)] \le \text{mid}[\text{PtP}(\tau)] \le \max[\text{PtP}(\tau)] \equiv \text{МОВИ}(\tau). \tag{8}$$

Поєднуючи дані про затримки повідомлень протоколу двохстороннього обміну ПТЧ (2), (3) з метриками (6), (7) та застосовуючи принцип максимальної вірогідності, отримуємо усереднену на різних інтервалах спостереження τ оцінку статистик $\{U_i\}$ и $\{D_i\}$ відносно еталону, або ведучого годинника $\hat{\varphi}^{(BM)}(\tau)$, в вигляді:

$$\hat{\varphi}^{(BM)}(\tau) = \frac{mid[PtP_U(\tau)] - mid[PtP_D(\tau)]}{2}. \tag{9}$$

Оцінювання за (9) згідно з (8) дає покращену оцінку порівняно з МВЧІ(T,τ), за визначенням співпадає з формою оцінювання при нормальному розподілу ймовірності затримок ПТЧ та має прозорий фізичний зміст, пов'язаний з вимірюванням ВЧІ. Більш щільне обмеження статистик $\{U_i\}$ и $\{D_i\}$ згідно (8) дає метрику minВЧІ(τ) (6), яка відповідає експоненціальному розподілу затримок. Дане припущення відносно розподілу затримок має достатнє експериментальне підтвердження (розглянуте, наприклад, в [1, 4]) та теоретичне обґрунтування (з точки зору властивостей потоку на виході системи обслуговування). Наприклад, потік ПТЧ на виході каналу після проходження комутаторів та маршрутизаторів має експоненційну функцію розподілу затримок з середнім значенням λ. В цьому випадку максимально вірогідна оцінка затримок пакетів, що використовується для обчислення часу, може бути отримана за різницею мінімальних значень розмахів (ширини вибірки) на різних інтервалах часу:

$$\hat{\varphi}^{(BM)}(\tau) = \frac{\min[PtP_U(\tau)] - \min[PtP_D(\tau)]}{2}. \qquad (10)$$

Таким чином, запропоновані вирази для оцінювання протоколів двохстороннього обміну повідомленнями точного часу (NTP, PTP v.2 IEEE1588 та інші) забезпечують посилення оцінки $\hat{\varphi}^{(BM)}(\tau)$ розходження шкал часу за рахунок максимально вірогідного оцінювання випадкової ε складової затримок. Крім того, для обчислення розходження шкал часу годинників, використовуються вимірювання затримки надходження ПТЧ, як при традиційних вимірюваннях ВТЧ ТС, які мають відпрацьовану методичну підтримку. В подальшому планується проведення порівняння алгоритмів (5) та (9), (10) на реальних каналах PTP та з використанням моделювання.

Література

1. Анализ использования двухстороннего протокола для подстройки сигналов тактовой синхронизации по сигналам времени // Бирюков Н.Л., Макурин Н.А., Триска Н.Р. Наукові записки УНДІЗ, №4(16), 2010, с. 5-11

2. Оцінювання якості двохстороннього обміну повідомленнями точного часу за функціями відхилу часового інтервалу // Бірюков М.Л. – Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ” № 1 – 2011, с. 24-29

3. Использование функции максимальной ошибки временного интервала для оценки состояния цифровых трактов.// Бирюков Н.Л., Триска Н.Р. –“Зв’язок”-2004, № 1 – с. 50-54

4. Оценка качества подстройки сигналов тактовой синхронизации по сообщениям точного времени// Бирюков Н.Л., Макурин Н.А., Худинцев Н.Н., Синхроинфо-2011// Материалы международного НТС “Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов инфокоммуникациях”,17-30.06.2011. Одесса/Под ред.. чл..-корр. РАН В.В. Шахгильдяна.- М. 159 стр. 87-89.

Секція 3. Інформаційні ресурси і мережі

СИСТЕМА МОНІТОРІНГУ СТАНУ КАНАЛІВ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ MRTG

Глоба Л.С., Донченко О.Ю., Донченко Ю.П.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
e-mail: donchenko.alex@gmail.com

Поширення Internet має особливий вплив на способи ведення бізнесу й керування ним на глобальному рівні. Лідери світового бізнесу безперечно визнають стратегічну роль Internet у справі збереження життєздатності й конкурентноздатності їхніх компаній в XXI сторіччі. Споживачі й кінцеві користувачі бажають мати надійно захищені засоби комунікацій і ведення електронної торгівлі. На жаль, через те, що Internet споконвічно була заснована на відкритих стандартах, що забезпечують простоту зв'язку, були упущені деякі ключові компоненти захисту, до яких, наприклад, можна віднести контроль віддаленого доступу, таємницю комунікацій і захист від перешкод у наданні сервісу. Необхідність захисту комунікацій в Internet викликала бурхливий розвиток технологій захисту мереж взагалі.

Останнім часом постала проблема: як реалізувати й удосконалювати засоби й методи захисту, щоб зменшити уразливість бізнесу в умовах постійного росту погрози порушення захисту, викликаного розвитком хакерських методів. Оптимальне для всіх рішення проблеми мережної безпеки запропонувати важко, оскільки для локальної мережі навчального закладу ефективними можуть виявитися одні рішення, а для глобальної мережі - зовсім інші. Вихід в Internet створює додаткову погрозу безпеки у зв'язку з тим, що мережний зловмисник одержує потенційну можливість доступу до інфраструктури даних компанії.

Проблема захисту, що постала перед сучасним бізнесом, зводиться до задачі розгляду всього спектра наявних рішень і вибору правильної їхньої комбінації. Сьогодні пропонується чимало технологій і відповідних засобів захисту. Особлива увага приділяється системам спостереження та збору статистичної інформації в каналах зв'язку. Так як саме системи моніторингу дозволяють вчасно розпізнавати та реагувати на аномалії що відбуваються в мережі. Нажаль на даний момент не існує систем які б в повній мірі задовільняли усім потребам моніторингу.

Призначення системи моніторингу полягає в наступному:

- Забезпечення інформаційно-аналітичної підтримки основних управлінських функцій розподіленої мережі передачі даних.
- Забезпечення моніторингу й контролю вилучених об'єктів, передача обробленої інформації й можливість оперативного реагування якщо буде потреба.
- Забезпечення оперативною моніторинговою інформацією органи керування й реагування для визначення проблемних моментів й ухвалення рішення із приводу усунення аномалій мережі.

Характеристики об'єкту впровадження системи:

КІМ - корпоративна інформаційна мережа, що представляє собою сукупність локальних обчислювальних мереж головного підрозділу, філій і підлеглих їм заправлень, нафтобаз і регіональних відділень, об'єднаних між собою вузлами маршрутизації пакетів і каналами передачі даних, інформаційних ресурсів і процесів, покликана забезпечувати сучасний технологічний рівень керування підприємством.

Об'єкт, для якого предназначена данна система, має наступні характеристики:
центральний офіс – 1, філіали – 40, автозаправочні станції, нафтобази – 183.

КІМ повинна забезпечувати безпечне підключення філій і підлеглих їм ряд заправок, нафтобаз, можливо також регіональних відділень і функціонування сучасних автоматизованих систем обробки інформації.

КІМ призначений для:

- Забезпечення цілодобового інформаційного обміну між всіма підрозділами незалежно від їхнього територіального розміщення й організаційного підпорядкування;
- Передачі даних інформаційних систем (систем керування підприємством, систем електронного документообігу, електронної пошти, доступ до централізованих ресурсів, Інтернет додатків, транзакцій пластикових карток і т.п.);
- Передачі голосових потоків засобами КІМ у рамках корпоративної телефонної мережі;
- Забезпечення централізованого моніторингу мережі;
- Вилученого адміністрування;

Можливості організації різних додаткових IP-сервисов у рамках корпоративної мережі (використання для систем відеоспостереження, відеоконференцій і т.п.).

Загальні відомості про мережу

Структура КІМ відповідає організаційній інфраструктурі компанії (Рис. 1).

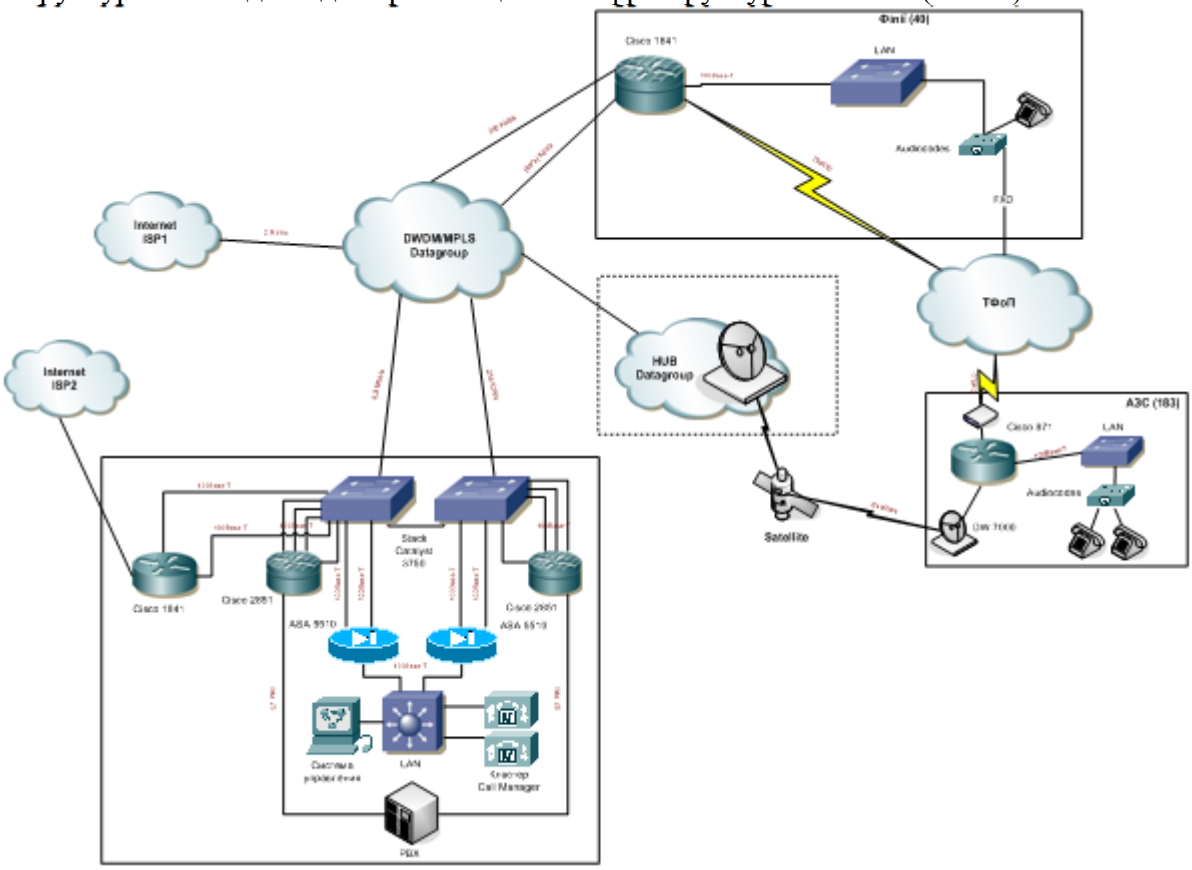


Рис. 1. Загальна схема побудови мережі

Система моніторінгу стану каналів супутникового зв'язку на основі програмного забезпечення MRTG. MRTG — Multi Router Traffic Grapher. Збирає інформацію з мережевих пристроїв, що підтримують обмін інформацією із протоколу SNMP. Програма генерує html-сторінки, що представляють витрату мережевого трафіка. Програма працездатна не тільки на операційних системах *NIX, але й у середовищі MS Windows.

MRTG являє собою зручний інструмент для побудови графіків завантаження мережі. Програма одержує інформацію із протоколу SNMP з різних пристроїв вашої мережі. Результатом роботи програми є сгенеровані html-файли й картинки у форматі png із графіками завантаження мережі. Програма дозволяє робити настройку вигляду html-сторінок зі статистикою на ваше бажання. Можливе застосування шаблонів, які настроюються в конфігураційному файлі програми. Також можливе використання отриманих зображень у складі ваших власних веб-страниц зі статистикою.

Недоліком MRTG, як і більшості програм моніторингу, є необхідність повністю ручного настроювання. Всі параметри, такі як: перелік IP адрес, настроювання протоколу SNMP, MIB параметрів, що знімають параметри трафіка що моделюється, спосіб побудови графічних

звітів необхідно задавати для кожного об'єкта окремо. Це досить важко якщо не неможливо в великих розподілених мережах у яких відбувається динамічне підключення й відключення обладнання.

Саме для цих цілей був написаний xml скрипт який автоматично збирає із центрального комутатора всю інформацію про підключене встаткування, а також показник MIB лічильників. Відображення деталізованої інформації по заданому хосту (Рис. 2).

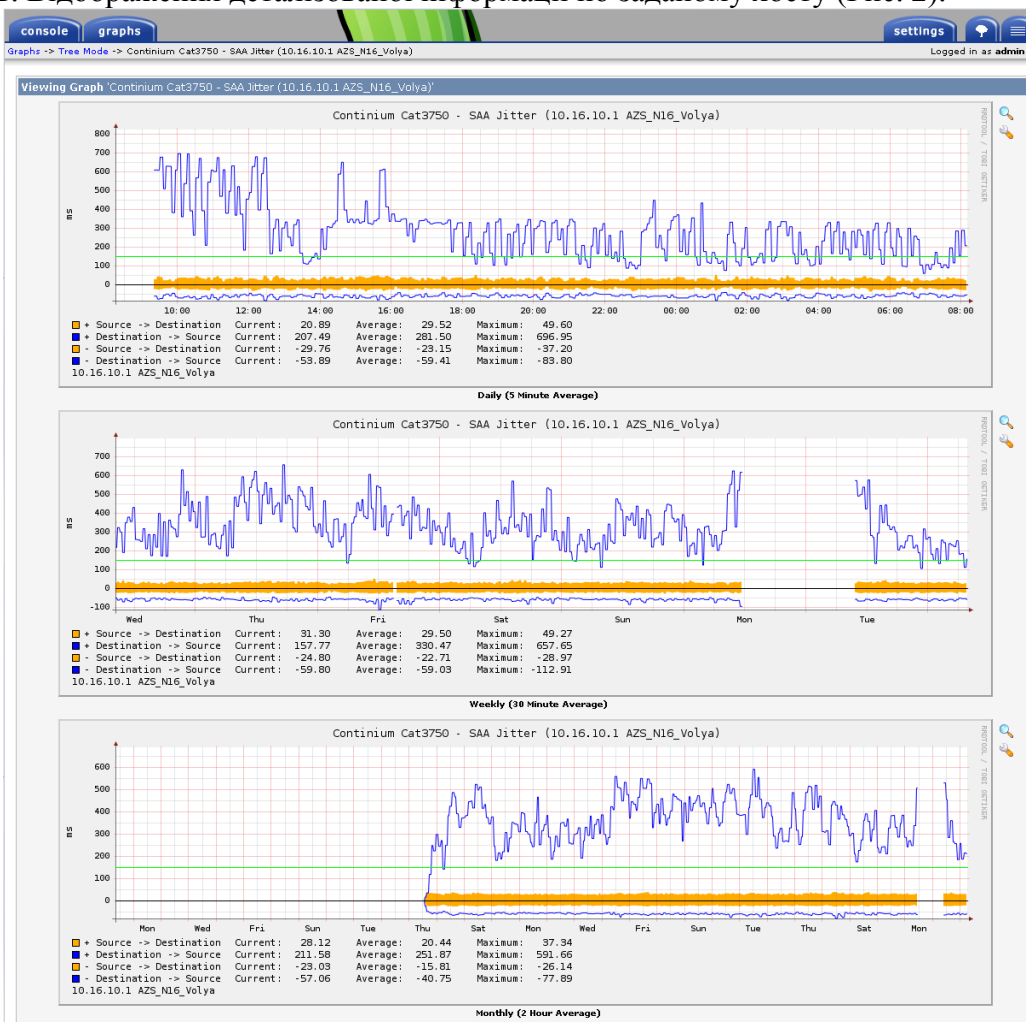


Рис. 2. Деталізований графік обраного хоста

На графіку видно що джиттер для першого пристрою значно перевищує припустимі 150 мс, отже необхідно прийняти міри для приоритизації трафіка й зменшення рівня затримки. На другому й третьому пристрої рівень джиттера перебуває в припустимих межах. Однак на третьому пристрої відбуваються періодичні сплески що також може привести до більше тривалих затримок трафіка й обривам голосових сесій. Можливо відображати інформацію зняту з пристрою за день, за тиждень, за місяць та за рік.

В статті запропоновано систему моніторингу яка дозволяє збирати статистику стану супутникових каналів зв’язку за допомогою опитування MIB параметрів віддалених хостів по протоколу SNMP.

Література

1. Catherine Paquet, Warren Saxe, Network Security, The: Advocacy, Governance, and ROI, Cisco Press. 2005, - 408c
2. Kunjal Trivedi, Building or Buying VPNs (Digital Short Cut), Cisco Press. 2007; - 80c
3. Jeff Doyle, Jennifer Carroll, CCIE Professional Development Routing TCP/IP, Volume I, Second Edition, Cisco Press, 2005, 936
4. Ramesh Kaza, Salman Asadullah. Cisco IP Telephony: Planning, Design, Implementation, Operation, and Optimization, CiscoPress 2005, 672

УДК 004.7

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА SDR С ПОДДЕРЖКОЙ ДИНАМИЧЕСКИ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Алексеенко К.А., Глоба Л.С., Курдеча В.В.
Институт телекоммуникационных систем,
НТУУ «Киевский политехнический институт», Украина, Киев
E-mail: lgloba@its.kpi.ua

Sdr functonal architecture supporting dynamic reconfigurable terminals

In this paper it is proposed a modified SDR functional architecture with dynamic reconfigurable terminals, which allows to simplify the system and to improve overall efficiency.

На сегодняшний день большая часть оборудования сетей операторов построена на основе аппаратных или аппаратно-программных модулей. Это дает возможность модернизировать оборудование, но только в пределах одного стандарта. Переход к другой технологии - очень дорогостоящий процесс, так как требует полной замены аппаратной части. Поскольку новые технологии развиваются очень быстро, то каждый раз закупать новое оборудование - экономически не выгодно.

Технология Software Defined Radio (SDR) становится все более актуальной и может быть эффективным решением этой проблемы. Она позволяет выбирать различные сети связи для получения требуемой услуги. Абонентские устройства SDR имеют возможность работы в нескольких стандартах радиосвязи. Технологии реконфигурации позволяют эффективно управлять доступом к терминалам, в дополнение к гибкости в работе с радио сетью. Реконфигурация позволит реализовать основные требования к адаптации в системах 4G, где ожидается значительный шаг вперед в улучшении возможностей системы.

Сейчас очень актуальной является проблема разработки наиболее эффективной архитектуры для SDR-оборудования. Многии организации, такие как IST, Motorola, WWRF и другие активно занимаются разработками в этом направлении и предлагают свои функциональные архитектуры для SDR-устройств. В данном документе предлагается модификация архитектуры разработанной в проекте IST TRUST [1], которая позволяет упростить работу системы и повысить ее эффективность.

В проекте TRUST [1] разработана функциональная архитектура SDR [2]. В работе предлагается модифицировать архитектуру терминала (рис.1), которая будет состоять с реконфигурируемых компонентов и частей, относящиеся к терминальной ресурсной системе (изображены зеленым цветом), а с другой стороны – контроль процесса реконфигурации и конфигурационные части (показаны красным цветом), которые лежат в основе этой архитектуры. Кроме того, также рассмотрено участие сети на протяжении процесса настройки (сущности фиолетового цвета). Стрелки между сущностями представляют взаимодействия типа хранение/загрузка, если одна из сущностей представляет собой совокупность данных, какой-либо триггер или операцию запроса [2].

Модуль определения режима и мониторинга (MIMM) обнаруживает, идентифицирует и контролирует существующие альтернативные режимы в рамках ограничений возлагаемых, с одной стороны, на ресурсы/возможности терминала, а с другой стороны на текущий режим. В процессе обнаружения терминал должен будет просканировать различные частотные диапазоны с целью выявления возможных режимов в соседних для пользователя географических зонах. MIMM должен определить, какая внешняя поддержка доступна (если таковая имеется), а также ограничения в текущем режиме, из информации, полученной от модуля управления реконфигурацией (RMM). Он также должен определить, из информации, полученной от модуля управления ресурсами системы (RSMM), имеются ли достаточные ресурсы (мощность батареи, мощность процессора, память и т.д.), доступные на терминале,

для достижения требуемого режима обнаружения и контроля без ущерба для уровня обслуживания в текущем режиме [3].

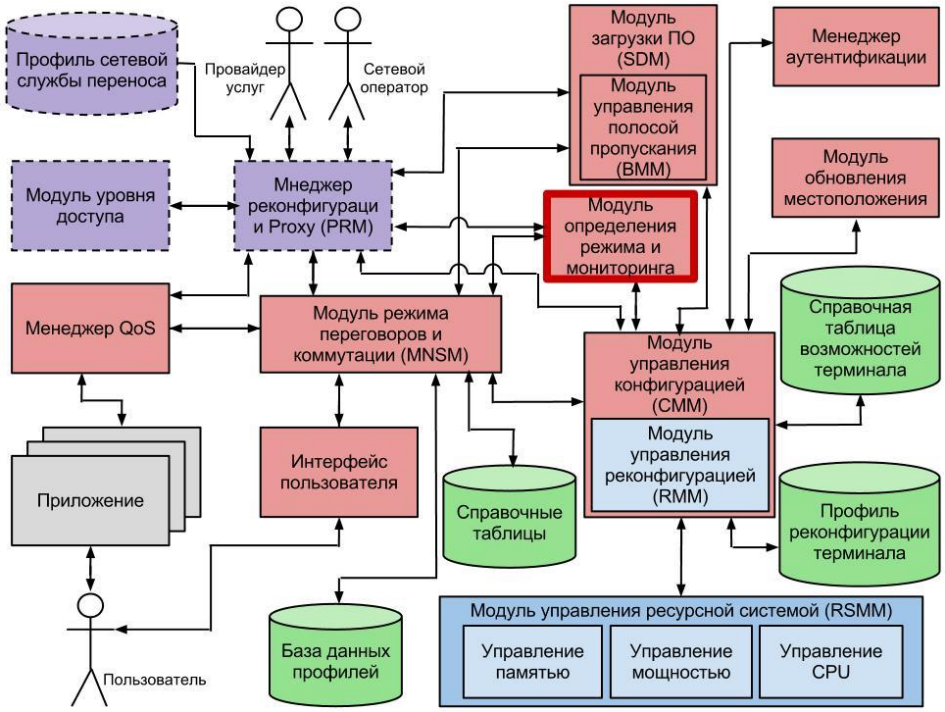


Рис. 1 Модифицированная функциональная архитектура для SDR оборудования

В модифицированной функциональной архитектуре MIMM может взаимодействовать с сетевым сервером провайдера услуг или оператора сети. Это позволяет упростить работу модуля, так как анализ и обработка информации о текущем режиме и его возможных ограничениях, полученной от RMM, а также информации о доступных ресурсах памяти, батареи, процессора и т.д., полученной от RSMM, осуществляется на сервере.

Модуль режима взаимодействия и коммутации (MNSM) управляет процессом режима взаимодействия. Он проверяет доступность сервиса в целевой RAN (Radio Access Network), взаимодействует со службами переноса и гарантирует, что терминал может обеспечить необходимый уровень производительности в целевом режиме, касающемся загрузки системы и качества связи. Весь процесс следует стратегии, основанной на предварительных знаниях о доступных режимах. Таким образом, процесс фильтрации сгенерирует рейтинг полученных из профиля пользователя состояния терминала и инициирующего события. Затем, также имея в виду выходы из других модулей, принимается решение о том, переходить в целевой режим или нет. Для принятия решения важно определить:

- предпочтения пользователей, хранящиеся в базе данных профилей (Profile Databases)
- качество уровня связи, предоставляемое MIMM
- сложность реконфигурации, предоставляемая модулем управления конфигурацией
- ожидаемое время загрузки программного обеспечения, полученное от модуля загрузки программного обеспечения (SDM) и его влияние на активные услуги
- доступность ресурсов
- взаимодействие с пользователем в случае, если его профиль не задан в деталях.

Результаты этих взаимодействий хранятся в справочных таблицах, которые будут использованы для потенциальных будущих доступов к тем же режимам и сетям

Модуль управления конфигурацией (CMM) контролирует текущую и возможные будущие конфигурации терминала. Для того чтобы сделать возможной настройку различных отдельных частей программного и аппаратного обеспечения ядра терминала, согласованных без ограничения гибкость реализации, предложено архитектуру управления конфигурацией с различными доменами ответственности. Для возможности взаимодействия между этими доменами ответственности вводятся менеджеры домена и агенты терминала.

Менеджеры доменов несут ответственность за контроль взаимодействия между терминальными агентами в различных доменах и предоставляют общую информацию о конфигурации, что является обязательным для всех терминальных агентов. Терминальные агенты:

- несут ответственность за выполнение конкретных операций по управлению конфигурацией, включающие поиск подробной информации о текущей и возможной будущей конфигурациях терминала и контроль реконфигурации отдельных частей программного и аппаратного обеспечения терминала
- взаимодействуют с RSMM для того, чтобы получить информацию о доступных ресурсах до осуществления реконфигурации
- отвечают за запрос других конфигураций для активации или деактивации и для уведомления других терминальных агентов о любых изменениях в статусе конфигурации, контролируемых терминальным агентом
- выполняют необходимые функции управления реконфигурацией

CMM также доставляет информацию, касающуюся текущих и возможных будущих режимов в модуль переключения режимов и другие терминальные модули.

Модуль загрузки программного обеспечения (SDM) содержит модуль управления пропускной способностью (BMM), который, в зависимости от нескольких переменных значений, рассчитывает оптимальную стратегию загрузки и передает ее в SDM. После этого SDM заботится либо о загрузке программного обеспечения с некоторой сущности в сети, либо получает его из справочных таблиц, то есть библиотек, которые могут содержать необходимый модуль из предыдущей конфигурации. Он также отвечает за определение того, кто может инициировать, включать и отключать загрузку программного обеспечения [3].

В модифицированной функциональной архитектуре SDM и BMM так же, как и MIMM взаимодействуют с сетевым сервером. Это позволяет осуществлять загрузку необходимого программного обеспечения непосредственно с сервера провайдера услуг или оператора сети.

QoS менеджер заботится в первую очередь об отображении параметров QoS из требований пользователей/приложений к уровням базовых технологических компонентов, которые формируются операционной системой (объединение программной и аппаратной платформ) и компонентов связи; а во-вторых, заботится о получении ресурсов вышеупомянутых компонентов. Кроме того, он следит за состоянием услуг, если они касаются уровня удовлетворения пользователя/приложения и динамически адаптируют требования к потенциальным изменениям в доступности ресурсов каждого компонента [3].

Выводы.

Предложенная функциональная архитектура может быть использована для создания физической архитектуре базовых станций, построеных по технологии SDR. Она определяет функциональные модули, необходимые для поддержки динамической реконфигурации SDR терминалов. Что при дальнейшем исследовании позволит снизить нагрузку на сеть и SDR-терминалы, уменьшить задержки, увеличить скорость загрузки программного обеспечения и повысить общую производительность сети.

Таким образом, предложенная архитектура может быть использована при создании стандартизированного подхода в поддержке реконфигурируемых терминалов SDR.

Литература

1. "Mobile Execution Environment (MExE); Functional Description; Stage 2," Third Generation Partnership Project, Technical Specification 3GPP TS 23.057, 2011.
2. D. Bourse et al, "WWRF WG3 White Paper: ' Reconfigurable SDR Equipment and Supporting Networks Reference Models and Architectures '," WWRF WG 3 White Paper, 2002.
3. M. Dillinger, K. Madani and N. Alonistioti, "Software Defined Radio: Architectures, Systems and Functions," John Wiley & Sons, 2003.
4. TRUST homepage: http://www.ist-trust.org

УДК 004.7

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ФАЙЛОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Богомолов С.А., Алєксєєв М.О.
Институт телекоммуникационных систем,
НТУУ "Киевский политехнический институт", Украина, Киев
E-mail: serhiy143@yandex.ru; alexeyev@its.kpi.ua

Analysis of Distributed File Systems for Self-organizing Data Storage Network Implementation

Abstract - This report gives on overview of existing file systems that may be used for data grid organization. It provides an analysis of the requirements that are relevant for such grids, which is used to compare the different products. The table comparison divides all technologies in two groups: candidate products and non-candidate products.

Современные технологии хранения данных и компьютерных сетей, а также удешевление скоростных каналов в Интернет предоставляют возможность онлайн хранения персональной и корпоративной информации большой группе пользователей. Современные услуги хранения в "облаке" предоставляют поддержку высокой производительности и доступности размещенных там приложений. Для локального хранения данных используются, как правило, сети хранения данных (SAN) или сетевые устройства хранения данных (NAS). Другой вид технологии онлайн хранения - распределенная файловая система с параллельным доступом и функциями отказоустойчивости[1]. В такой системе локальные ресурсы хранения, также как ресурсы на удаленных объектах, объединяются для поддержки одновременного доступа нескольких клиентов к копиям одних и тех же данных. Кроме того, данные доступны и в случае выхода из строя компонентов на одной из сторон.

В докладе содержится обзор решений для организации хранилища данных гетерогенной среды с динамической архитектурой для размещения и выполнения высоконагруженных веб-сервисов - компонентов распределенных информационных систем на основе существующей ресурсной базы ИТС НТУУ «КПИ» с подключением некластеризованных рабочих узлов вычислительной сети.

Рассмотрим варианты использования распределенных систем хранения данных на предмет использования при построении самоорганизующейся сети хранения данных. Все варианты предполагают наличие хранилищ в разных локациях, которые связаны друг с другом высокоскоростной IP-сетью.

1. Виртуальные машины для распределенного хранения.

В последние годы аппаратная виртуализация стала основной технологией, используемой во многих серверных средах для консолидации ресурсов и обеспечения гибкости конфигурации серверов. Виртуальные машины могут быть перемещены с одного физического сервера на другой с минимальной задержкой, что очень важно для тех приложений, которые отвечают требованиям высокой доступности.

В конфигурациях, где аппаратные ресурсы рассредоточены на большой территории, виртуальные машины могут быть перемещены на новые физические компьютеры, находящиеся на большом расстоянии от начальной физической машины.

2. Репликация баз данных.

Базы данных играют важную роль в ИТ-инфраструктуре многих организаций, так как имеют решающее значение в ежедневных операциях. Они могут хранить, например, сообщения электронной почты, результаты транзакций, информацию о клиентах, информацию по управлению документооборотом и т.д. Как правило, большое внимание уделяется безопасности, то есть, базы данных должны храниться надежно.

В таком случае, базы данных реплицируются на различные узлы среды хранения данных, в места, которые далеки друг от друга. В отличие от ситуаций, когда данные реплицируются в близлежащие районы (в порядке километров), географическое распределение данных на большой площади гарантирует высокую надежность данных.

3. Хранение научных данных.

Научные эксперименты генерируют данные в виде измерений. Инструменты, используемые в различных научных областях, такие как структура ДНК в биологии, спутниковые дистанционные датчики в геологии, и сталкивающиеся частицы в области экспериментальной физики, генерируют огромные объемы данных за короткий промежуток времени [2].

Эксперименты с использованием этих инструментов требуют значительных объемов не только для хранения необработанных данных измерений, но и для хранения данных результатов анализа и шагов обработки. Как правило, после записи результатов экспериментов, производительность хранилища и высокая доступность не столь важны. Надежность хранимых данных, низкие затраты на хранение, а также возможность делиться результатами экспериментов между группами ученых, разбросанных по всему миру, имеют важное значение.

Принимая во внимание варианты использования, описанные выше, становится ясно, что система должна быть общего назначения. Для организации самоорганизующихся сетей хранения данных необходимо, чтобы файловые системы отвечали следующим требованиям.

- Масштабируемость. Система должна быть масштабируемой по объему, производительности и с точки зрения одновременного доступа. Например, она должна легко увеличивать общий объем хранилища без снижения производительности и параллелизма.
- Высокая доступность. Система должна иметь высоко доступную функциональность, которая хранит данные для приложений и клиентов даже в случае неисправности программного или аппаратного обеспечения. Это означает, что система должна быть способна к репликации данных во множественные локации.
- Надежность. Система должна хранить данные надежно, т. е. когда один программный или аппаратный компонент выходит из строя, данные не теряются.
- Производительность на уровне традиционных SAN/NAS сред. Система должна поддерживать уровень производительности (пропускная способность и задержка) на уровне традиционных (не распределенных) SAN/NAS сред.
- Рентабельность. Должно быть возможным построить, настроить, запустить и содержать систему экономически эффективным образом.
- Универсальные интерфейсы. Система должна предлагать универсальные интерфейсы для приложений и клиентов. В частности, предпочтительна поддержка интерфейса POSIX [3], насколько это возможно. Таким образом, может быть поддержан широкий спектр различных приложений. Стандарт POSIX определяет операции локальной файловой системы и семантику, которая может быть выборочно расширена и адаптирована для большей производительности в распределенной среде.
- Протоколы, основанные на открытых стандартах. Система должна быть построена с использованием протоколов, основанных на открытых стандартах, настолько, насколько это возможно.
- Множественный доступ. Система должна поддерживать доступ нескольких географически разнесенных сторон одновременно.

В работе проведен сравнительный анализ существующих решений и технологий, которые могут быть использованы для реализации грида хранения данных и в наибольшей мере соответствуют выдвинутым требованиям, его результаты представлены в таблице 1.

Рисунок 1. Таблица 1. Сравнение распределенных файловых систем

Свойства	Файловые системы									
	NFS v.4.1	Lustre	GlusterFS	GFS	Hadoop	MogileFS	XtreemFS	Gfarm	Ceph	GPFS
Тип лицензии	Открытая	GNU GPL	GNU GPL	GNU GPL	Apache License	GNU GPL	BSD	X11	GNU LGPL	Проприетарное ПО
Наличие головного узла метаданных	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Нет
Необходимость резервирования головного узла	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Да	Да	Нет	Да	Нет
Posix-совместимость	Да	Да	Да	Да	Нет (через API)	Нет (через API)	Да	Нет (через API)	Да	Да
Прозрачность доступа к данным	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Межузловое резервирование	Нет	Зеркалирование	Зеркалирование	Зеркалирование	Многократное	Многократное	Зеркалирование	Многократное	Зеркалирование	Многократное
Необходимость внутриузлового резервирования	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет	Да	Да
Работа в WAN сетях	Нет	Да	Да	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Производительность на уровне SAN/NAS	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Да	Да	Да
Является предпочтит.	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да

Выводы

На основе проведенного обзорного анализа были выдвинуты требования к файловым системам. И чтоб удовлетворить этим требоаниям из рассмотернных наилучшим образом подходят четыре продукта - Lustre, GlusterFS, GPFS. Только один из этих продуктов, а именно GPFS, имеет чисто коммерческую лицензию, другие предоставляются с открытым исходным кодом. GPFS и Lustre - самые зрелые продукты и известны в качестве файловых систем в высокопроизводительных вычислительных средах. GlusterFS также достаточно широко представлен, а Ceph находится в стадии разработки.

Литература

1. Survey of Technologies for Wide Area Distributed Storage / [Peddemors A., Kuun C., Spoor R. and others]; manager Spoor R. – 2010. – pp. 23.
2. Shoshani A. Scientific Data Management: Challenges, Technology and Deployment / Shoshani A., Rotem D. - Chapman & Hall, CRC, 2010. – pp. 590.
3. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Standard 1003.1 – 2008 / POSIX: 2008, Base Specifications, Issue 7, December 2008.
4. Зобнин Е. Сеть из файлов. Распределенные файловые системы наших дней / Зобнин Е. - Журнал «Хакер», выпуск №152, сентябрь 2011. – С. 122 – 128.
5. Fadden S. An Introduction to GPFS Version 3.2 / Fadden S. - IBM Corporation, September, 2007. – pp. 17.
6. FAQ – Ceph wiki [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ceph.newdream.net/wiki/FAQ.
7. Tim Jones M. Ceph: A Linux petabyte-scale distributed file system / Tim Jones M. - IBM Corporation, May 2010. – pp. 11.

УДК 621.391

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ТОПОЛОГІЙ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ З ДИНАМІЧНОЮ МАРШРУТИЗАЦІЄЮ ЗА КРИТЕРІЄМ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБРАНИХ ШЛЯХІВ

Бугиль Б. А., Лаврів О. А.
Національний університет "Львівська політехніка"
E-mail: bugil.bogdan@gmail.com

The dynamic routed telecommunication networks topologies evaluation method by the effectiveness of selected paths

It has been analyzed the influence of the transmission paths in telecommunication networks at providing service quality. It is proposed to consider the features of routing protocols to define the optimal paths at high network utilization when choosing the topology.

Поширення інформації через телекомунікаційну мережу відбувається по заздалегідь визначених шляхах, що встановлюються статично – оператором мережі, або динамічно – протоколами маршрутизації. Мережа представляє собою набір вузлів, якими є обслуговуючі пристрої, та ребер між ними, що еквівалентно представляють графом. Перевагою використання графів є максимальне охоплення властивостей ребер, що дозволяє аналізувати пропускну здатність та затримку каналів передавання інформації. Не менш важливим є поєднання послідовності ребер для утворення маршруту за встановленими критеріями. Водночас, враховувати параметри та характеристики вузлів, а також зміну властивостей потоків при обробці можливо лише по їх впливу на параметри ребер.

Вибір оптимального шляху – це багатокритеріальна задача, яку вирішують зі спрощеннями та обмеженнями, викликаними тривалістю прийняття рішення. В кожен момент роботи мережі її вузли та канали характеризуються деяким рівнем завантаження. Зростання цього рівня негативно впливає на параметри якості сервісу для пакетів інформації, що в той же момент часу тільки розпочинають транспортуватись мережею по попередньо вибраному шляху, при формуванні якого не врахували поточну завантаженість. Звісно, логічно припустити, що в кожен момент часу оптимальний маршрут буде іншим, тому потрібно постійно його визначати повторно. Зрештою, всі ресурси вузлів будуть зосереджені на перманентному аналізі завантаженості та повторному визначенні шляхів, і нічого не залишиться для основного завдання – обробки і транспортування інформації. Звідси випливає простий висновок: потрібно наперед передбачити завантаженість мережі та, при певних обмеженнях, яких неможливо уникнути, вибрати оптимальні шляхи.

Перший крок із аналізу завантаженості мережі розглядається у [1] шляхом дослідження властивостей мультисервісних потоків та визначення адекватних імовірнісних моделей їх опису. Планування структурно-функціональних параметрів мережевих пристроїв для обробки реального мультисервісного трафіку розглядається у [2]. Дані дослідження дозволяють сформулювати стратегію потокової маршрутизації, за якої основним критерієм оптимальності вибору шляху є забезпечення мінімально необхідних параметрів якості сервісу для транспортованих потоків. Оскільки в роботі використовується теорія графів, основний акцент дослідження спрямований на з'єднувальні ланки, котрі дозволяють врахувати лише два параметри якості сервісу: пропускну здатність та затримку поширення.

Вищезгадані роботи по аналізу трафіку є ресурсовитратними, а також вимагають довготривалого спостереження за змінами стану мережі для визначення її усталеного режиму роботи. Об'єднання характеристик потоків із вибором шляхів у області теорії графів є наступним кроком досліджень, тому в роботі пропонується їх спрощене врахування. Також припускаються наступні обмеження: для того, щоб завантаження вузлів мережі було

однаковим, пропускна здатність шляху визначається найменшою пропускною здатністю ланки маршруту. Це відповідає правилу теорії графів про пропускну здатність шляху, однак, введемо наступне обмеження: пропускна здатність ланки (ребра) графа рівномірно ділиться між всіма шляхами, що проходять через неї. Така ситуація нагадує традиційну схему виділених каналів, коли потоку надається ресурс строго визначеного об'єму, тому великі потоки починають відчувати зменшення якості сервісу, а малі недовантажують ланку. Саме в даному твердженні поєднуються вплив властивостей потоків та лінійна орієнтація теорії графів. Однак, в роботі основну увагу зосереджено на аналізі та підвищенні ефективності обраних маршрутів в заданій топологічній структурі досліджуваної мережі.

Варто зазначити, що вибір топології мережі у більшій мірі враховує фінансові затрати при реалізації такої структури, а також усталені фактори переваг та недоліків обраної топології. Після встановлення мережі протоколи динамічної маршрутизації або адміністратор визначають оптимальні шляхи за правилом "найкращі з можливих". Тому, доцільно здійснити аналіз всіх можливих структур мережі на предмет вибору оптимальних шляхів.

Для аналізу топологічних структур будемо частково використовувати метод аналізу ієрархій. Кінцевим результатом використання даного методу є об'єктивна оцінка поставленої мети за висунутими критеріями. Отже, для кожної досліджуваної топології буде сформована оцінка, що характеризує ступінь придатності топології для застосування динамічних протоколів маршрутизації.

На початку дослідження необхідно сформувати матриці суміжності та пропускних здатностей графа, для досліджуваної топології мережі. Матриця пропускних здатностей для конкретної досліджуваної мережі буде сформована відповідно до пропускних здатностей ланок, однак, для загального випадку вони всі будуть рівними. Наступним етапом є пошук шляхів для кожного із вузлів. Алгоритми Дейкстри та Беллмана-Форда є найбільш підходящими для даної задачі, причому, для реальних мереж пропонується використовувати алгоритм Дейкстри, а алгоритм Беллмана-Форда буде застосований лише для загального випадку. Це здійснено тому, що при однокових вагових коефіцієнтах ребер дані алгоритми дають однаковий результат за різну тривалість роботи, яка для алгоритму Дейкстри є дещо більшою. Тому, для дослідження загального випадку графа мережі та пошуку шляхів використовується алгоритм Беллмана-Форда.

Після визначення найкоротших шляхів для кожного із вузлів формується матриця, в якій записано для кожного ребра кількість маршрутів, що через нього проходять. Здійснюючи аналіз даної матриці, можна наперед сказати, чи можливо підвищити ефективність вибраних маршрутів чи ні. У випадку, коли кількість шляхів, що проходить по окремій ланці, є однаковою для всіх ланок графа мережі, то шляхи вибрані оптимально, і єдиним коректівом їх оптимальності є застосування характеристик потоків. Це відповідає однорідності значень, занесених у матрицю. В таких мережевих топологіях протоколи динамічної маршрутизації ефективно функціонують, вибираючи найбільш вдалі шляхи. Матриці, в яких хоча б одне значення відрізняється від інших, розцінюються як потенційно неоптимальна система вибраних шляхів. При виконанні описаних вище обмежень отримана неоднорідна структура матриці призведе до зменшення пропускної здатності шляхів, що проходять через найбільш завантажену ланку, і, в результаті, це відобразиться у недовантаженості решти ланок шляху. У такому випадку, вибрані маршрути можна скорегувати шляхом зміни топології мережі, що не завжди раціонально, або перевизначенням вагових коефіцієнтів ребер та застосуванням алгоритму Дейкстри для вибору шляхів.

Використовуючи побудовану матрицю визначається пропускна здатність ланок кожного з маршрутів. Мінімальне значення пропускної здатності ланки шляху буде визначати загальну пропускну здатність маршруту. Це призведе до зниження пропускної здатності інших ланок шляху, створюючи недовантаження мережі в цілому. Затримки

кожного маршруту будуть визначатись як сума обернених значень пропускної здатності кожної ланки шляху. Зазначеними маніпуляціями отримуються матриці пропускних здатностей, затримок та завантаження мережі, які будуть виступати критеріями для отримання оцінки досліджуваної топології. За методом аналізу ієрархій потрібно сформувати четверту матрицю (А) що визначає порівняльну важливість критеріїв між собою. Дана матриця є частковим недоліком, а можливо – і перевагою даного методу, оскільки, визначає ступінь впливу кожного критерію на кінцеву оцінку. Будемо вважати, що усі критерії є рівноважливими, і дана матриця жодного впливу на результат не матиме. Для зведення трьох матриць-критеріїв до єдиної оцінки необхідно для кожного рядка матриці знайти вектор локального пріоритету (B_i), використовуючи середнє геометричне із подальшим нормуванням даного значення по відношенню до решти пріоритетів рядків матриці. Кінцева оцінка топології буде визначатись наступним співвідношенням:

$$P = A_1 \cdot B_{(1,1)} + A_2 \cdot B_{(1,2)} + \ldots + A_n \cdot B_{(m,n)},$$

де P – оцінка досліджуваної топології, m – індекс матриці одного із критеріїв, n – індекс локального пріоритету відповідної матриці-критерію.

Висновок

З метою підвищення ефективності функціонування протоколів динамічної маршрутизації запропоновано при виборі топології телекомунікаційної мережі враховувати інтегральну оцінку, що формується шляхом зведення параметрів пропускної здатності, затримки та завантаження за методом аналізу ієрархій.

Література

1. Климаш М.М., Бугиль Б.А., Масюк А.Р. Аналіз властивостей вихідного потоку в системі розподілу інформації із самоподібним вхідним трафіком і обслуговуванням за порядком черги. Науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій": Збірник тез. К.: НТТУ "КПІ", 2011. С. 41-43.
2. М.М. Климаш, О.А.Лаврів, Б.А. Бугиль. Вплив властивостей трафіку на параметри якості обслуговування вузла мультисервісної мережі. 4-й Международный радиоэлектронный форум "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития" МРФ-2011. Сборник научных трудов. Том II. Международная конференция "Телекоммуникационные системы и технологии". – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ. 2011. – С. 315-318.

УДК 681.513

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Зайченко Ю.П., Васильев В.И., Вишталь Д.М.
НТУУ «КПИ»
E-mail: d.vishtal@kpi.ua

Structurally-parametrical analysis of reliability of communication networks

Questions of designing of estimations of network characteristics for networks of a big dimension with complex structural organization are considered.

Структурно-параметрический анализ надежности коммуникационных сетей на стадии проектирования, эксплуатации и развития предполагает установление характера зависимости ее вероятностно-временных характеристик от соответствующих характеристик элементов, структурной организации сети и потоковой нагрузки.

В качестве простейшей модели коммуникационной сети, моделирующей ее поведение во времени, рассматривается стохастический граф.

Пусть G(Y;X) – связный граф, представляющий структурную организацию сети, где

$Y=[y_{1,\dots,}y_m]$ – множество вершин (узлов сети);

$X=[x_{1,\dots,}x_n]$ – множество ребер (дуг).

С целью упрощения узлы сети считаются абсолютно надежными.

Состояние ребер (дуг) задается индикаторами

$$x_k(t) = \begin{bmatrix} 1, \text{åñëè â ì î ì åí ò t ýëåì åí ò } x_k \text{ ðàáî ò î ñïî ñî áåí;} \\ 0, \text{â ï ðî ò èâí î ì ñëó÷àå} \end{bmatrix}$$

Каждому k-му ребру x_k поставим в соответствие альтернирующий случайный процесс (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.

Предполагается, что альтернирующие процессы, моделирующие поведение элементов сети, независимы в совокупности. Случайные длительности времени работоспособности k-го элемента независимы и одинаково-распределены с конечным математическим ожиданием $M[\Theta_k]<\infty$. Случайные длительности времени восстановления $\{\xi_k\}$ независимы и одинаково-распределены с конечным математическим ожиданием $M[\xi_k]<\infty$.

Определим вероятность существования k-го элемента $p_k = \dfrac{M[\theta_k]}{M[\theta_k]+M[\xi_k]}$.

Состояние сети в момент времени t определяется n-мерным вектором $X(t)=(x_1(t),\dots, x_n(t))$.

Сопоставим пространству состояний графа сети [1] векторное пространство W_G по mod(2).

$$|W_G| = 2^n;\ \dim(W_G) = n.$$

W_G относительно естественного отношения порядка на множестве векторов пространства состояний графа образует булеву решетку. Для сетей связи представляет интерес вероятность существования заданного отношения связности на множестве вершин графа сети и среднее стационарное время пребывания в подмножестве состояний связности.

В качестве критериального пространства графа можно рассматривать свободную булеву алгебру $U_\Phi = \langle x_1, x_2, \dots, x_n; \wedge; \vee; \bar{} \rangle$.

Принятые допущения:

1. Вектор состояния элементов сети однозначно определяет состояние сети.
2. Сеть обладает свойством монотонности, что позволяет представить отношение связности произвольного подмножества узлов сети в виде решеточного полинома [2].
3. Сеть рассматривается как восстанавливаемая система с полнодоступным восстановлением.
4. При заданном режиме потоковой нагрузки на сеть устанавливается стационарный режим.

Формализация задачи оценки стационарной вероятности связности произвольного подмножества узлов сети и задачи оценки среднего стационарного времени пребывания сети в состоянии связности в виде пригодном для машинной реализации основана на изоморфизме булевой алгебры свойств $U_{\Phi} = \langle x_1, x_2, \ldots, x_n; \wedge; \vee; \bar{} \rangle$ и соответствующей ей булевой алгебры классов $U_K = \langle P(W_G); \cap; \cup; ' \rangle$. Основная проблема, возникающая при решении этих задач – трудновычислимость. Для снижения вычислительной трудоемкости используются алгоритмы минимизации сложности представления структурной функции (решеточного полинома) и алгоритм ортогонализации представления структурной функции [3]. В результате получаем вычислительную схему с минимальной вычислительной трудоемкостью, позволяющую проводить оценку и анализ вероятности связности произвольного подмножества узлов сети и среднего стационарного времени пребывания в заданном подмножестве состояний в зависимости от значений параметров $\{P_k\}$, $\{ M[\Theta_k] \}$, $\{ M[\xi_k] \}$, k=1,…,n.

Знание вычислительной схемы для нахождения вероятности связности и знание вероятностей существования элементов позволяет осуществлять мониторинг доступности сетевой услуги в процессе эксплуатации, что дает возможность своевременно принимать меры по развитию сети, оценивать важность как отдельных элементов так и групп элементов при решении задач оптимального распределения ресурсов с целью максимизации вероятности связности сети.

Литература

1. М. Свами, К. Тхуласираман. Графы, сети и алгоритмы. – Москва: Изд-во “Мир”, 1984. – 444 с.
2. 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.
3. Г. Биркхоф. Теория решеток - М.: Наука, 1984.

УДК 681.237

АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ

Севастьянов А.К.
Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины,
Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»
E-mail: aks@i.com.ua

Analysis of standards for management systems for telecommunications

The problem of building management systems in telecommunications. The analysis of current standards in the field of information security. The necessity to intensify work on staff training and certification of management systems in a given subject area.

Концепция устойчивого (сбалансированного) развития общества предполагает активное внедрение современных систем менеджмента. Проблема стандартизации, обучения, консалтинга, сертификации и аккредитации является приоритетной и особенно актуальной для Украины. Международные стандарты на системы менеджмента ориентированы на решение задач качества (ISO 9001), экологии (ISO 14001), безопасности (OHSAS 18001) и социальной ответственности (SA 8000) и др. К стандартам на системы менеджмента безопасностью относят: OHSAS 18001:2007 (охрана труда), ISO/IEC 27001:2005 (информационная безопасность), ISO 22000:2005 (безопасность в пищевой промышленности), ONR 49001:2010 и ISO 31000:2009 (менеджмент рисками) и др. Вся совокупность указанных стандартов составляет системную методологию устойчивого развития и направлена на изменение сознания человека и улучшение его качества жизни и безопасности [1].

Системы менеджмента качеством (СМК) нацелены на решение экономических проблем. Стандарт ISO 9001:2008 содержит требования, а стандарт ISO 9004:2009 содержит руководство и управление успехом (подход менеджмента). При внедрении и развитии системы менеджмента весьма полезны стандарты для поддержки систем менеджмента качеством (стандарты ISO серии 10000), которые включают вопросы планирования, проектирования, конфигурации, электронной коммерции, измерения, документирования, экономики, тренинга, статистики, рекламаций, консалтинга, сертификации, а также различные методы и инструменты менеджмента качеством. Стандарты на системы менеджмента качеством в различных областях – ISO/TS 16949 (автопром), AS/EN 9100 (авиапром), ISO 13485 (медпром), TL 9000 (телеком), Basel III (банки), ISO/IEC 20000-1 (ИТ), ISO/PAS 22399 (непрер.бизнеса), ISO 50001 (энергопром), ISO 29990 (обучение), ISO 28001 (поставки), ISO/TS 29001 (нефтегаз), ISO 30000 (рецикл.морск.суд.) [1].

Международный стандарт TL 9000, устанавливает требования к системам менеджмента качеством (СМК) в телекоммуникационной отрасли. Работа по созданию отраслевой версии стандарта для телекоммуникаций была начата в 1996 году в рамках форума «Высшее качество поставщиков телекоммуникаций» (QuEST Forum). Банк данных СМК, сертифицированных на соответствие TL 9000, ведет Техасский университет Далласа (University of Texas at Dallas) в США. Сегодня TL 9000 - это расширение международного стандарта ISO 9001:2008 [2]. В России этот стандарт внедрен в компании MERA.

В передовых странах активно внедряются стандарты ISO/IEC 27001:2005 (системы менеджмента информационной безопасностью - СМИБ) и ONR 49001:2010 и ISO 31000:2009 (системы менеджмента рисками) и др. По стандарту ISO 27001:2005 – «информационная безопасность» – это «обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности информации; также возможно обеспечение и других свойств, таких как аутентичность, идентифицируемость, отказоустойчивость и надёжность». Информационная безопасность связана с менеджментом рисками для самого ценного актива, который имеет любая

организация – «информация». Группа стандартов ISO 27000 – это обеспечение информационной безопасности организации. В настоящее время в мире существует 18 утвержденных и опубликованных стандартов серии ISO 27000, а в Украине только с 01 июля 2012 года вступает в действие Государственный стандарт Украины ДСТУ ISO/IEC 27001:2010 «Інформаційні технології. Методи та засоби досягнення інформаційної безпеки. Системи керування інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2005, IDT)». Ниже рассматриваются четыре вида групп стандартов этой серии.

(1) - Стандарты для обзора и введения в терминологию:

- ISO/IEC 27000:2009 – Информационные технологии. Средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасностью. Обзор и словарь. Данный стандарт обеспечивает определение основной терминологии, которая используется в стандартах по информационной безопасности. В каждом стандарте представлены и дополнительные термины. В данный момент разрабатывается новая версия стандарта ISO 27000.

(2) - Стандарты, которые определяют обязательные требования к СМИБ:

- ISO/IEC 27001:2005 – Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования. Это основной стандарт группы. Он определяет требования к разработке, внедрению, поддержке и улучшению систем менеджмента информационной безопасностью. В данный момент разрабатывается новая версия стандарта ISO 27001 (по требованию ISO Guide 83).

(3) - Стандарты, определяющие требования и рекомендации для аудита СМИБ:

- ISO/IEC 27006:2011 - Информационные технологии. Средства обеспечения безопасности. Требования для органов, выполняющих аудит и сертификацию систем менеджмента информационной безопасностью. Этот стандарт расширяет требования стандарта ISO 17021 специально для органов, проводящих аудит и сертификацию СМИБ.
- ISO/IEC 27007:2011 - Информационные технологии. Средства обеспечения безопасности. Руководящие указания для аудита систем менеджмента информационной безопасностью. Стандарт ISO 27007 предлагает рекомендации по проведению аудитов СМИБ со стороны сертификационных организаций. Он полезен для аудиторов этих организаций.
- ISO/IEC TR 27008:2011 - Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Руководство для аудиторов по мерам и средствам обеспечения информационной безопасности. Данный стандарт, как и ISO 27007 является дополнительным стандартом к ISO 19011:2011 специально для СМИБ. Он ориентирован для аудита средств управления информационной безопасностью в организации.

(4) - Стандарты, предлагающие лучшие практики внедрения, развития и совершенствования СМИБ:

- ISO/IEC 27002:2005 - Информационные технологии. Средства обеспечения. Свод практик для менеджмента информационной безопасностью. Это самый популярный стандарт группы после ISO 27001. Он дает указания для разработки, внедрения, поддержки и совершенствовании СМИБ. Он также является руководством для консультантов.
- ISO/IEC 27003:2010 - Информационные технологии. Руководство по осуществлению системы менеджмента информационной безопасностью. Стандарт дает указания и методику для процессов разработки и внедрения СМИБ.
- ISO/IEC 27004:2010 - Информационные технологии. Средства обеспечения безопасности. Измерения менеджмента информационной безопасностью. Стандарт является руководством для выбора, проектирования, управления и улучшения средств и методов измерения эффективности и результативности системы.
- ISO/IEC 27005:2011 - Информационные технологии. Методы защиты. Менеджмент рисками информационной безопасности. Этот стандарт является одним из самых важных в группе. Несмотря на то, что он только рекомендательный, а не обязательный стандарт, его назначение состоит в том, что менеджмент рисками - один из самых важных процессов для информационной безопасности (см. также ONR 49001:2010 и ISO 31000:2009).

- ISO/IEC 27010:2012 - Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Информационная безопасность управления для межсекторального и межорганизационных связи.
- ISO/IEC 27011:2010 - Информационные технологии. Средства обеспечения безопасности. Руководящие указания по менеджменту информационной безопасностью для телекоммуникаций на основе ISO / IEC 27002. Это специализированное руководство по СМИБ в телекоммуникационных организациях.
- ISO/IEC 27031:2011 - Информационные технологии. Методы обеспечения защиты. Руководство для готовности информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) по обеспечению непрерывности бизнеса. Стандарт содержит руководство по обеспечению непрерывности бизнеса в ИКТ.
- ISO/IEC 27033-1:2009 - Информационные технологии. Методы обеспечения защиты. Сетевая безопасность. Часть 1. Обзор и понятия. Первый из группы специализированных стандартов в области обеспечения информационной безопасности сетевой инфраструктуры.
- ISO/IEC 27033-3:2010 - Информационные технологии. Методы обеспечения защиты. Сетевая безопасность. Часть 3. Сетевые сценарии. Угрозы, методы проектирования и управления вопросами. Стандарт из группы специализированных стандартов в области обеспечения информационной безопасности сетевой инфраструктуры. Стандарт ориентирован на практическое применение.
- ISO/IEC 27034-1:2011 - Информационные технологии. Методы обеспечения защиты. Безопасность приложений. Часть 1. Обзор и понятия. Первый из группы специализированных стандартов в области обеспечения информационной безопасности прикладного программного обеспечения.
- ISO/IEC 27035:2011 - Информационные технологии. Методы обеспечения защиты. Управление инцидентами по информационной безопасности. Один из ценных стандартов в группе с практической ценностью в области управления инцидентами по информационной безопасности.
- ISO 27799:2008 - Информатика в здравоохранении. Менеджмент безопасности информации по стандарту ISO/IEC 27002. Это специализированное руководство по СМИБ в здравоохранении.
- ISO/IEC 24762:2008 - Информационные технологии. Методы обеспечения защиты. Рекомендации по услугами для аварийного восстановления информационных и коммуникационных технологий. Полезен с точки зрения практических рекомендаций по обеспечению аварийного восстановления ИКТ.

Группа стандартов ISO 27000 получила очень быстрое развитие в последние годы. В настоящее время в различных стадиях подготовки находятся около 25 новых стандартов, которые обеспечат необходимую помощь при разработке, внедрении, поддержании и улучшении СМИБ. По стандарту ISO/IEC 27001:2005 в настоящее время (состояние: 08.01.2012) в мире сертифицировано около 7536 организаций (из них в Японии – 3939, Китае 451, Германии – 181, США – 104, России – 9, в Украине – 2).

Литература

1. *Севастьянов А. К.,* Информационная поддержка для принятия решений в современных системах менеджмента. – Четвертая дистанционная научно-практическая конференция с международным участием «Системы поддержки принятия решений. Теория и практика. СППР 2008». – Киев: Академия технологических наук Украины, Институт проблем математических машин и систем НАН Украины. – 2008. – С.178-183.

2. *Севастьянов А. К.,* Системы менеджмента качеством в сфере телекоммуникаций: проблемы и перспективы. – Четвертая Международная конференция «Проблемы телекоммуникаций». Сборник тезисов. - Киев: Национальный технический университет Украины «КПИ», Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ». - 2010. – С.43.

УДК 627.372

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО КЕРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ В КОМУТАЦІЙНОМУ ЦЕНТРІ

Глоба Л.С., Скулиш М.А.
Національний технічний університет України "КПІ", Київ, Україна
E-mail: mb_s@ukr.net

The complex system of control information steams in provider edge

The problem of multiservice traffic processing is solved in complex, allows to decrease packet loss for different traffic type and for different occupancy of queues output channels..

Проблема підвищення якості обслуговування абонентів в мережах мобільного зв'язку для операторів є однією з ключових, оскільки на сьогоднішній день в сфері надання телекомунікаційних послуг діє жорстка конкуренція. Якщо абонента не влаштовують послуги, що надаються, він без особливих затрат може змінити оператора зв'язку. Тому перед операторами зв'язку стоїть завдання забезпечення заявленого рівня якості обслуговування. Зростання об'ємів трафіків зумовлює необхідність вирішення проблеми ефективної передачі інформації при одночасному забезпеченні заявленого рівня якості обслуговування.

Для здійснення керування інформаційними потоками в комутаційному центрі PE необхідно мати інформацію про параметри системи, такі як:

- кількість базових станцій *N*, що обслуговуються комутаційним центром, відповідно до протоколу PWE3, кількість вихідних тунелів PW відповідно також дорівнює *N*;
- інтенсивність надходження заявок *i*-го типу трафіку від *j*-ї БС (кількість заявок одиницю часу);
- середня тривалість обслуговування одного повідомлення *i*-го типу трафіку;
- швидкість передачі джерела інформації;
- швидкість передачі інформації в *j*-му каналі PW;
- довжина черги *i*-го типу трафіку в *j*-му каналі PW;
- повинні бути задані порогові значення ймовірностей втрат всіх типів трафіків, обслуговування яких здійснюється.

Також необхідно задати інтервал дискретизації часу, під яким розуміємо час, через який час буде передаватися інформація. Розрахунок значення всіх параметрів системи будемо виконувати у одиницях виміру часу (інтервалу дискретизації часу).

Змінні у системі – це множина часток x_{ij} інформаційного потоку *i*-го типу, що направляється в *j*-й вихідний канал.

Механізм керування інформаційними потоками передбачає розрахунок часток інформаційного потоку, що направляється в вихідні канали щоразу, коли ймовірність втрат принаймні у одному з каналів перевищує заданий поріг.

I. При роботі комутаційного центру PE ведеться моніторинг за якістю обслуговування інформаційних потоків. Механізм запускається в роботу при сигналізації про перевантаження однієї з черг вихідних PW каналів (рис. 1).

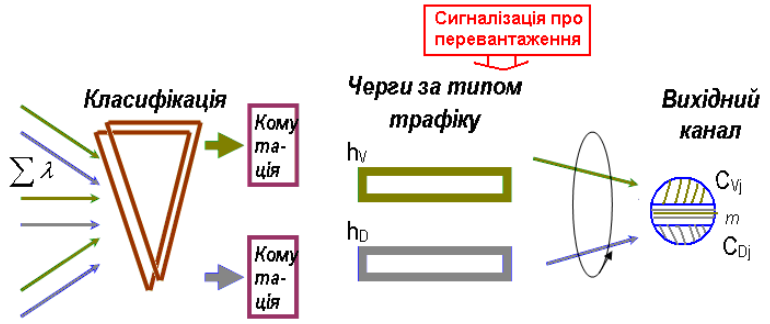


Рис. 1. Принцип комплексного керування інформаційними потоками. Крок I.

II. Якщо реальні втрати пакетів хоча б в одному з вихідних каналів перевищують заданий поріг, це означає, що покращеного алгоритму кругового обслуговування не достатньо для забезпечення якості обслуговування, тоді включається в роботу програма оптимізації розподілу інформаційних потоків (рис. 2). Розв‘язується задача мінімізації цільової функції $W_{over} = \sum_{i=1}^{s} a_i \left(\sum_{j=1}^{n} x_{ij} P_{over\ ij} \right) \Rightarrow \min_{\{p_j\}}$, де $P_{over\ ij}$ – верхня межа ймовірності переповнення черги i-го типу трафіку у j-му каналі [2], x_{ij} – долі сумарного інформаційного потоку i-го типу, що направляються в j-й канал. Оптимізаційна задача має обмеження $\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \quad x_{ij} \geq 0, \quad j = \overline{1,3}$.

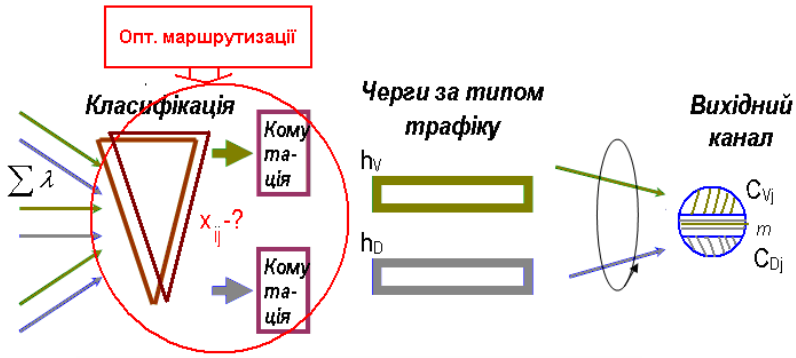


Рис. 2. Принцип комплексного керування інформаційними потоками. Крок II.

III. Після того, як була проведена оптимізація, необхідно перерахувати значення m за принципом наведеним в п. 4.9 для зміненого значення інтенсивності надходження інформаційного потоку: $\lambda_{ij\,new} = x_{ij}\lambda_i$, де $\lambda_i = \sum_{k=1}^{N} \lambda_{ik}$ - кількість заявок на передачу i-го типу трафіку, що надходять від усіх базових станцій. Після того, як m було розраховано, може бути запущено роботу покращеного алгоритму кругового обслуговування заявок (рис. 3).

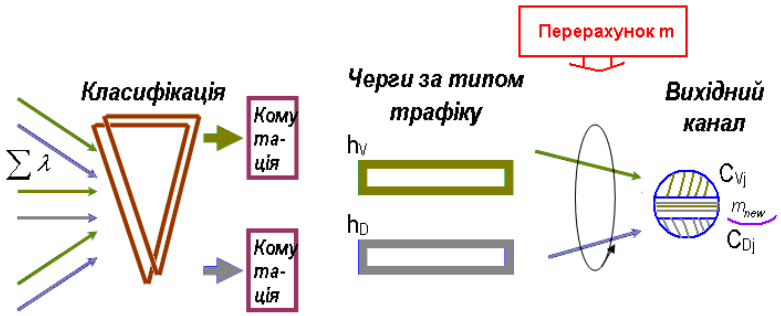


Рис. 3. Принцип комплексного керування інформаційними потоками. Крок III.

IV. Відновлюється моніторинг мережі.

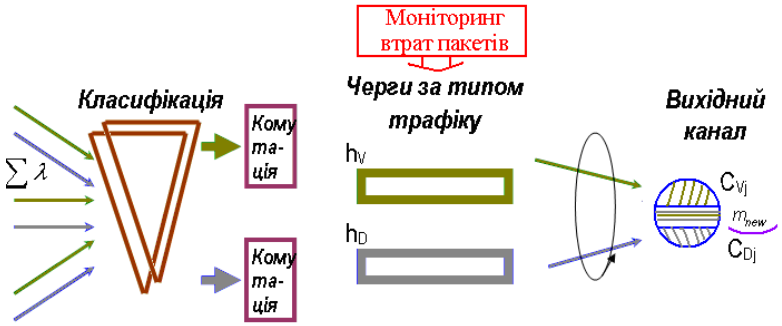


Рис. 4. Принцип комплексного керування інформаційними потоками. Крок IV.

Необхідною складовою роботи системи керування комутаційним центром є система моніторингу якості передачі інформаційних потоків. Інформація отримана з системи моніторингу потрібна для прийняття рішень відносно ефективності функціонування системи із діючими налаштуваннями. Задача розподілу інформаційних потоків між вихідними каналами зв'язку [1] є динамічною та її розв'язок залежить від сигналів від системи моніторингу, які повідомляють про перевищення припустимої границі ймовірності втрат пакетів у чергах вихідних каналів.

Однак рішення про переналаштування розподілу інформаційних потоків необхідно приймати при виявленні систематичного розладу. Система моніторингу фіксує кількість втрачених пакетів за заданий період часу, що визначається як різниця між кількістю пакетів направлених у чергу вихідного каналу та кількістю пакетів, які фактично біли передані у вихідний канал. Більш інформативним може бути показник відношення кількості втрачених пакетів до кількості пакетів, які надійшли в чергу вихідного каналу. Слід відзначити, що число втрачених пакетів є випадковою величиною, тобто необхідно відслідковувати не одиничні випадки перевищення припустимої границі ймовірності втрат пакетів, а середнє значення, тобто математичне очікування кількості втрачених пакетів. Задача полягає в тому щоб відслідкувати момент зміни середнього значення втрат пакетів для випадкового процесу описаного вище, тобто виявити момент розладки системи [2], яка потребує перерахунку параметрів системи маршрутизації інформаційних потоків.

Розроблено принцип комплексного керування інформаційними потоками в комутаційному центрі PE, який дозволяє ефективно керувати маршрутизацією та розподілом навантаження в вихідних каналах PW, враховувати вимоги до часу затримки інтерактивних трафіків шляхом обмеження довжини черги, контролювати та вчасно покращувати показники втрат пакетів

Литература

1. *Глоба Л.С.* Метод керування трафіком в мультисервісному комутаційному центрі / *Глоба Л.С., Скулиш М.А.* // Telecommunication Sciences. – 2011. – Vol. 2, N 1, January-June 2011, с. 30-40

2. *Колмогоров А.Н.* Вероятностно-статистические методы обнаружения спонтанно возникающих эффектов./ *Колмогоров А.Н., Прохоров Ю.В., Ширяев А.Н.* // Труды Математического института АН СССР. - 1988. Том 182. с. 4-24.

УДК 621.391

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МЕРЕЖІ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ UMTS

Донець Г.Ю., Ладик О.І
Національний технічний університет України «КПІ», ІТС
Email: Annadonets89@gmail.com

Modeling of the network based on technology UMTS

The article deals with current issues of transition from the mobile station of one base station to another one, consider options for the procedure handover at variable signal/noise ratio. Conducted modeling to determine optimal conditions handover at variable position of mobile station.

В системах UMTS порівняно з іншими системами використовуються досить складні процедури передачі керування. Натомість використання їх призводить до виграшу по випромінюваній потужності, що покращує електромагнітну обстановку в середовищі надання послуг, а також зменшує енергоспоживання базових станцій. Згідно з алгоритмом оптимізації процедури м'якого хендовера в мережах UMTS, було створено програмне середовище для моделювання сценаріїв роботи мережі з метою детального аналізу цих процедур [1]. Для цього використовувався пакет JDK 1.6.0-21, який має в своєму складі стандартний набір бібліотек мови програмування JAVA (J2SE, ver. 6) [2].

Під час твердого хендовера МС у кожний момент часу взаємодіє тільки з однією БС, і рішення ухвалюється на основі однієї умови. У випадку м'якого хендовера існує активний набір БС, що брав участь у процедурі хендовера, у якій із часом додаються й видаляються окремі БС. Тому твердий хендовер має чітко певний час виконання, а м'який виконується протягом деякого періоду.

Процес м'якого хендовера неоднаковий для висхідного й низхідного каналів. В мережах UMTS у випадку висхідного каналу МС передає сигнал через всенаправлену антену, і всі БС в активному наборі отримують сигнал одночасно, тому що розмір кластера в цих мережах дорівнює одиниці (у всіх стільниках застосовується однокова частота). Потім прийняті кадри сигналу направляються в контролер радіомережі (КР), де з них вибирається кращий, а кадри з помилками відкидаються. Тому у висхідному напрямку не потрібні додаткові сигнальні канали для проведення м'якого хендовера. У низхідному напрямку сигнал передається декількома БС одночасно, і Rake-Приймач МС сприймає передані сигнали як багатопроменеві компоненти одного й обробляє їх. Проте, канал від кожної станції з набору активних є ресурсом мережі, виділеним для хендовера, і служить додатковим джерелом інтерференції. Тому для м'якого хендовера в низхідному напрямку потрібні додаткові ресурси [3].

В процесі хендовера здійснюються виміри сигналів, під час яких проводиться їхнє усереднення, що призводить до додаткових затримок [4,5].

Виміри висхідного і нисхідного каналів між МС і БС, з якою в теперішній момент установлене з'єднання, відбуваються із частотою замкненого контуру керування потужністю, тобто 1,5 кГц. Вважається, що відношення $\frac{E_b}{N_0}$ каналу СРІСН БС, що обслуговує повільно змінюється в часі, і додаткового усереднення цього параметра не потрібно. Далі МС повинна один раз в 200 мс відправляти результат вимірів величини $\frac{E_b}{N_0}$ каналів СРІСН БС, що перебувають у сусідньому наборі, один раз в 800 мс для БС, що тільки що з'явилася в сусідньому наборі, і один раз в 30 с для БС, що не входять у сусідній набір. Виміри проводяться тільки за умови, що $\frac{E_b}{N_0} > -20$ дб для конкретного стільника. Усереднення

результатів вимірів у МС проводиться на першому і третьому рівнях, але реалізація усереднення на першому рівні не специфікована, тому припустимо, що вона проводиться методом ковзного вікна.

На третьому рівні усереднення результатів проводиться за наступною формулою:

$$F_n = (1-(\frac{1}{2})^k)F_{n-1} + (\frac{1}{2})^k M_n,$$

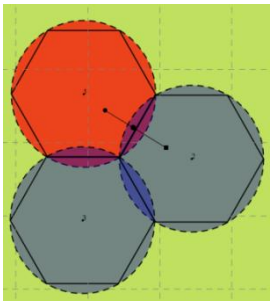
де F_n – усереднений результат вимірів,
F_{n-1} – передостанній усереднений результат вимірів,
M_n – результат вимірів, отриманий від першого рівня,
k – параметр, одержуваний від контролера радіомережі.

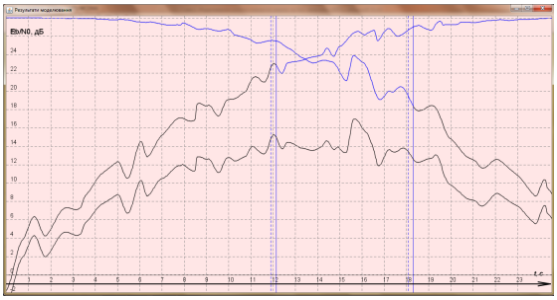
Метою моделювання є виявлення ключових моментів процесу хендовера та визначити можливості автоматичного керування потужністю сигналів.

Для цього здійснено імітаційне моделювання трьох траєкторій руху МС: що йде через середину сторони стільника, що проходить через вершину стільника, що проходить через кілька стільників. Прийнято умову, що на всім протязі руху існує активне з'єднання з якою-небудь БС.

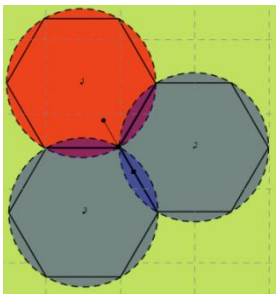
Для каналу CPICH обрано наступні вихідні дані: P_{CPICH} = 2 Вт (за умови, що P_T = 20 Вт), SF = 256, υ=1, тому що оскільки цей канал є загальним сигнальним, те він увесь час активний.

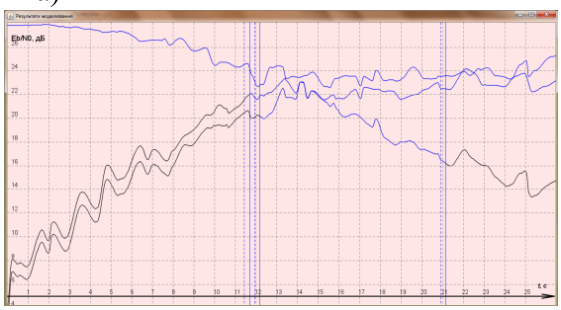
На рис. 2 приведено результати моделювання процедури м'якого хендовера на всіх трьох маршрутах при наступних вихідних даних: *AS_Th* = 5 дб, *AS_Th_Hyst* = 2 дб, *AS_Rep_Hyst* = 2 дб, *AS_Max_Size* = 3, α = 4, σ = 6 дб, a = 0,6. Пересування МС відбувалося зі швидкістю 40 м/с.



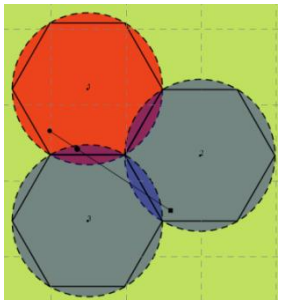


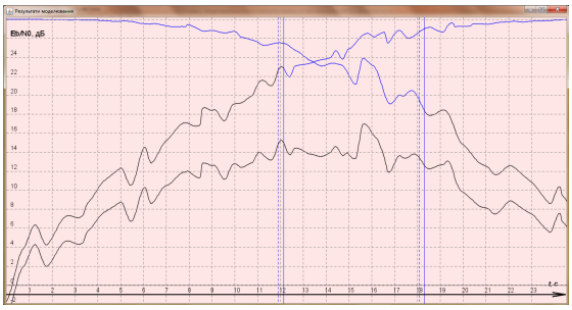
а)





б)





в)

а) б) в)

Рис. 2. Зображення маршрутів пересування МС та часові залежності рівнів сигналів БС (а – пересування МС через середину сторони стільника; б – пересування МС через вершина стільника; в – пересування МС через стільники кількох БС).

Висновки

Для заданих параметрів мережі процедура м'якого хендовера відбулася один раз тільки на першому маршруті, у всіх інших випадках процедури хендовера виконувалися по декілька разів. Це свідчить, що процес найбільш детермінований буде при проходженні МС через середину сторони стільника, тому що сигнали від інших БС, крім двох, що брали участь у процесі хендовера, недостатні, щоб вплинути на виконання умов хендовера. При м'якому хендовері має місце ефект пінг-понгу, але він набагато менш виражений, ніж у випадку твердого хендовера. Появи хендовера можна визначити по ступеню наповненості активного набору під час просування МС по маршруту (рис. 2).

Процедура хендовера може бути досить тривалою (інерційною) особливо при великих значеннях параметрів хендовера. З графіків випливає, що хендовер ніколи не стає відразу тристороннім. Спочатку МС переходить у двосторонній хендовер, а тільки потім – у тристоронній (рис. 2 б).

Показники, отримані при дослідженні, свідчать, що виграш від м'якого хендовера становить порядку 2-3 дб – що поліпшує загальну інтерференційну обстановку. Це дозволяє за критерій оптимальності м'якого хендовера прийняти мінімум сумарної потужності виділеного каналу передачі, який необхідний МС для забезпечення належної якості обслуговування.

Література

1. UMTS. Материал из Википедии — свободной энциклопедии [Електронне джерело]. – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/UMTS.
2. The Java Tutorials [Електронне джерело]. - Режим доступу: http://download.oracle.com/javase/tutorial/.
3. Многолучевое распространие [Електронне джерело]. – Режим доступу: http://study.ustu.ru/view/aid/2/1/DOTS_SWIOM_MP.html.
4. Оптимизация UTRA Алгоритма мягкого хендовера. Часть 2. Журнал «Электросвязь», №11, 2007., стр. 1.
5. Оптимизация UTRA Алгоритма мягкого хендовера. Часть 2. Журнал «Электросвязь», №11, 2007., стр. 3-4, 7.
6. Волков А.Н., Аксенов СМ., Зорин Е.С. Оптимизация UTRA алгоритма мягкого хэндовера, ч.1// Электросвязь. – 2007. – № 10.

УДК 004.7

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ IT-УСЛУГ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лаврушкин С.В., Алексеев Н.А.
Институт телекоммуникационных систем
НТУУ "Киевский политехнический институт"
E-mail: s.lavrushkin@gmail.com; alexeyev@its.kpi.ua

This work is devoted to developing a methodology for improving the efficiency of IT service that provides continuous support for business-services company, with an approach ITIL/ITSM and software tools OTRS (Open-source Ticket Request System) to automate ITSM (Information Technology Service Management) processes.

Многим IT-компаниям для координации действий групп специалистов по предоставлению информационных услуг приходится выполнять целый ряд операций. Низкий уровень их автоматизации приводит к неэффективному использованию трудовых ресурсов и управлению IT-инфраструктурой, недовольству потребителей услуг, к сбоям в предоставлении информационных бизнес-сервисов компании.

Целью данной работы является разработка методологии повышения уровня эффективности предоставления IT-ресурсов на основе создания единой службы (Service Desk) контакта пользователей и IT-служб, что позволит регистрировать запросы (инциденты, проблемы) и координировать работу участников процессов, тем самым добиться автоматизации ITSM-процессов.

Для достижения максимального результата от информационно-телекоммуникационных технологий (ИТК), предлагается использовать в IT-службах методологию управления IT-услугами ITSM. Основные положения ITSM изложены в материалах библиотеки передового опыта в области инфраструктуры информационных технологий (Information Technology Infrastructure Library, ITIL) [1,2].

В работе для повышения уровня эффективности предоставления IT услуг, предполагается создание департамента технической поддержки (ДТП) для регистрации запросов по возникшим проблемам, на основе опыта ITIL и моделей ITSM, с использованием промышленного программного решения OTRS.

Для того что бы повысить рациональность (один из критериев качества процесса) по устранению инцидентов и оптимизировать нагрузку на персонал, предлагается специалистов ДТП разделить на 3 линий поддержки: 1) Service Desk – единая точка контакта с пользователями; 2) IT-инженеры, объединенные в функциональные группы по категориям; 3) эксперты по развитию информационных систем.

Разработанная общая схема ДТП, показанная на рис. 1, схема процесса управления инцидентами (рис. 2) и схема процесса управления проблемами» (рис. 3) при реализации в ДТП позволят специалистам IT службы эффективно управлять оказанием поддержки и планировать свою работу в соответствии с приоритетами по каждому конкретному запросу, удаленно осуществлять мониторинг процессов, отслеживать статус выполнения заявок online и периодически автоматически получать статистику по выполненным запросам.

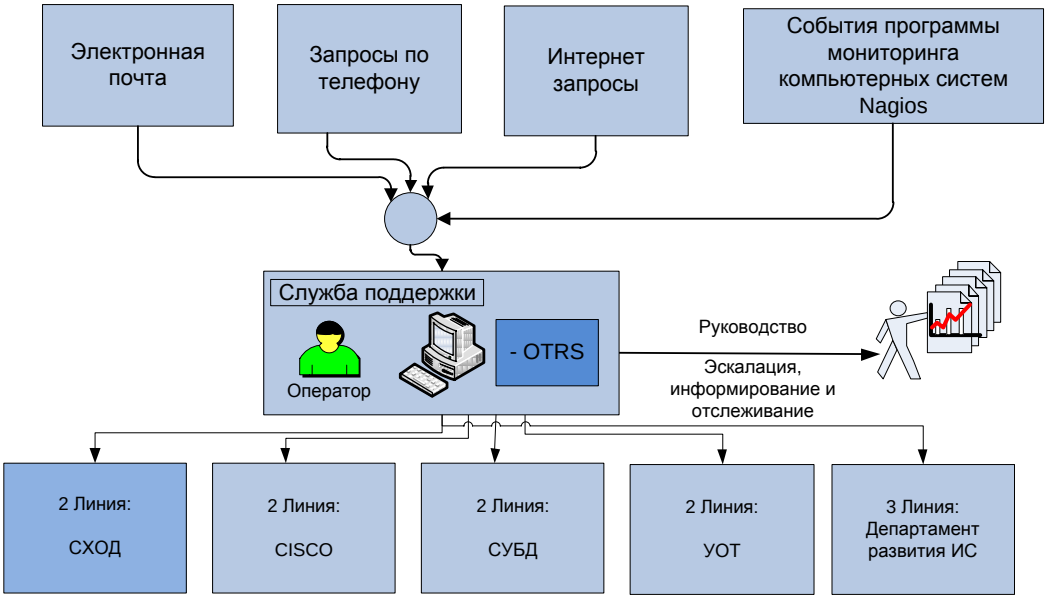


Рис. 1. Общая схема департамента технической поддержки.

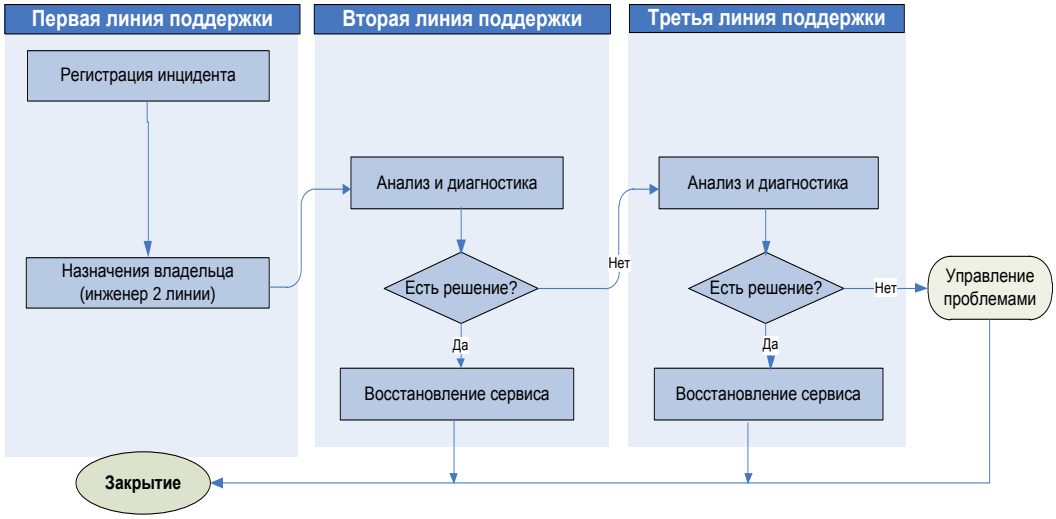


Рис. 2 Схема процесса управления инцидентами

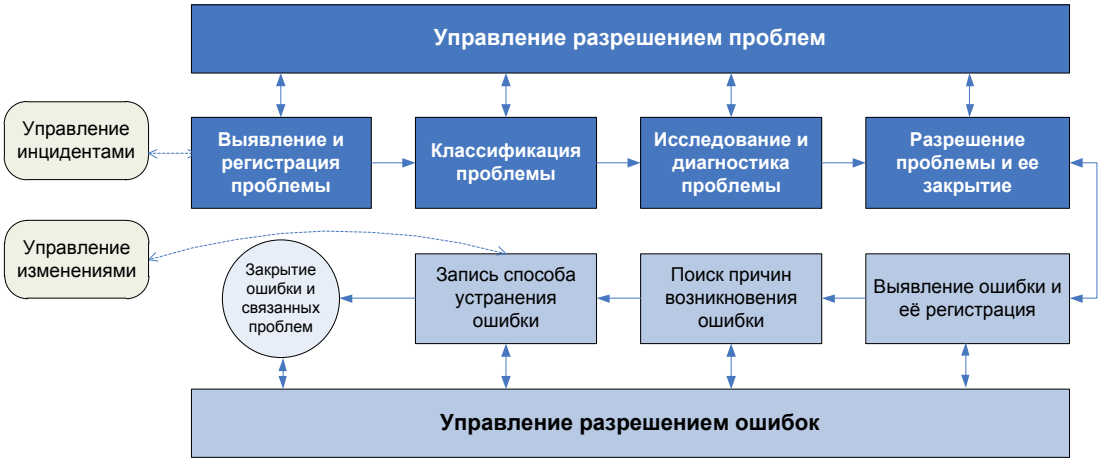


Рис. 3 Процесс Управления Проблемами

Для измерения результатов внедрения ITSM в соответствии с рекомендациями ITIL в в работе предлагается использовать ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicator, KPI) [3].

Показатели производительности предлагается рассчитывать как соотношение полученного результата ко времени (среднее количество заявок, обработанных ДТП в день)

$$KPI_{пр} = C / r, \ \% \quad (1)$$

где

C - Количество обработанных заявок в месяц

r - Количество рабочих дней в месяце

Показатели эффективности предлагается рассчитывать на основе выделенных предварительно KPI результата и KPI затрат:

$$KPI_{эф} = KPI\ 2 / KPI\ 1, \ \% \quad (2)$$

где

KPI 1 - Количество заявок выполненных в срок SLA.

KPI 2 - Затраты на осуществление деятельности (персонал, оборудование)

Ключевой показатель эффективности $KPI_{пробл}$ для измерения результатов внедрения ITSM по управлению проблемами (%) можно представить в виде:

,

$$KPI_{пробл} = (N + C) / (O + C), \ \% \quad (3)$$

где

N — количество новых проблем, зарегистрированных за период

C — количество проблем, закрытых за период;

O — количество проблем, открытых по итогам периода.

Ключевой показатель эффективности результативности обработки инцидентов примет вид:

$$KPI_{инц}=1-M/N, \ \% \quad (4)$$

где

$KPI_{инц}$ – KPI группы по результативности обработки инцидентов;

N – общее количество инцидентов, решённых за период;

M – количество инцидентов, потребовавших повторной обработки.

Тогда интегральный ключевой показатель эффективности для измерения результатов внедрения ITSM можно представить как сумму:

$$KPI=\Sigma(KPI_{пр}, KPI_{эф}, KPI_{пробл}, KPI_{инц}) \quad (5)$$

Выводы

Внедрение разработанных в работе общей схемы службы (департамента) технической поддержки, схем процессов управления инцидентами и управления проблемами позволят специалистам IT-служб компаний, предоставляющих информационно-телекоммуникационные услуги эффективно управлять оказанием поддержки и планировать свою работу в соответствии с приоритетами по каждому конкретному запросу, удаленно осуществлять мониторинг процессов, отслеживать статус выполнения заявок online и периодически автоматически получать статистику по выполненным запросам.

Предлагаемый метод оценки эффективности для измерения результатов внедрения ITSM на основе системы интегральных ключевых показателей позволит оценить результаты внедрения службы ITSM количественно.

Литература

1. Введение в ITSM. Эл. ресурс: http://www.cleverics.ru/ru/services/education/itsm-intro

2. ITIL3 Service Operation. London: «TSO», 2007

3. Best Management Practice. Эл. ресурс: http://www.best-management-practice.com/IT-Service-Management-ITIL/

УДК 004.7

ВИКОРИСТАННЯ АУТЕНТИФІКАЦІЇ 802.1X ДЛЯ ПОБУДОВИ ВИСОКОПРОДУКТИВНОГО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА З НЕКЛАСТЕРИЗОВАНИМИ РЕСУРСАМИ

Майборода О.В., Алєксєєв М.О.
Інститут телекомунікаційних систем,
НТУУ «Київський політехнічний інститут», Україна, Київ
E-mail: oles.maiboroda@gmail.com, alexeyev@its.kpi.ua

Use of 802.1x authentication for the construction of highly productive computing environment with a non-clustered resource

In this paper the usage of 802.1x authentication and extensible authentication protocol methods for implementation in in high performance computing environment with a non-clustered resources were analyzed.

Застосування високопродуктивних паралельних обчислювальних систем являє собою стратегічний напрям розвитку обчислювальної техніки. Дослідження можливості побудови гетерогенного середовища з динамічною архітектурою для розміщення і виконання високонавантажених веб-сервісів - компонентів розподілених інформаційних систем на основі існуючої ресурсної бази ІТС НТУУ «КПІ» із підключенням робочих вузлів обчислювальної мережі у тому числі за допомогою технології Wi-Fi виявило кілька задач. При залученні некластеризованих ресурсів користувачів мережі необхідно забезпечити безпеку передачі інформації радіоканалом. Крім того, для впровадження такого середовища розглядався підхід, при якому вільний доступ користувачів до інформаційних ресурсів, які для ІТС НТУУ «КПІ» є не безкоштовними, відбувається в обмін на оренду їхніх незадіяних обчислювальних ресурсів; отже, доступ до мережі повинен бути персоніфікованим.

Метою даної роботи є вирішення актуальної задачі дослідження механізмів аутентифікації користувачів і обчислювальних ресурсів при підключенні до корпоративної інформаційної мережі і подальшому використанні у складі середовища з динамічною архітектурою**.** Механізм повинен бути кросплатформовим, не залежати від апаратної реалізації мережі, легко впроваджуватись як на стороні користувача так і зі сторони мережі та мати надійний рівень безпеки.

Набір алгоритмів і протоколів Wireless Protected Access версії 2 (WPA2) є найпопулярнішою технологією захисту Wi-Fi мереж і підтримується всіма сертифікованими Wi-Fi приладами [1]. Вона включає до свого складу стандарт IEEE 802.1x та Extensible Authentication Protocol (EAP), що забезпечують захист та механізм передачі облікових даних в бездротових мережах Wi-Fi. Вони являються базою для корпоративного режиму WPA2 - “WPA2-Enterprise”.

Стандарт IEEE 802.1x визначає процес інкапсуляції даних EAP між пристроями, що ініціалізують з’єднання (саплікантами, фактично це – комп’ютери користувачів), аутентифікаторами (точками бездротового доступу), і серверами перевірки облікових даних (RADIUS-серверами). Під час процесу аутентифікації пристрій може використовувати тільки протокол EAPOL (Extensible Authentication Protocol over LAN) і тільки після успішної верифікації облікових даних весь інший трафік зможе проходити через точку доступу, до якої підключений даний комп'ютер (рис.1).

Безпосередньо функції аутентифікації покладені на протокол EAP, який сам по собі є лише каркасом для методів аутентифікації. Даний протокол є незалежним від аутентифікатора (точки доступу) і не накладає на нього ніяких обмежень. Аутентифікатор служить лише передавальною ланкою між клієнтом і сервером.

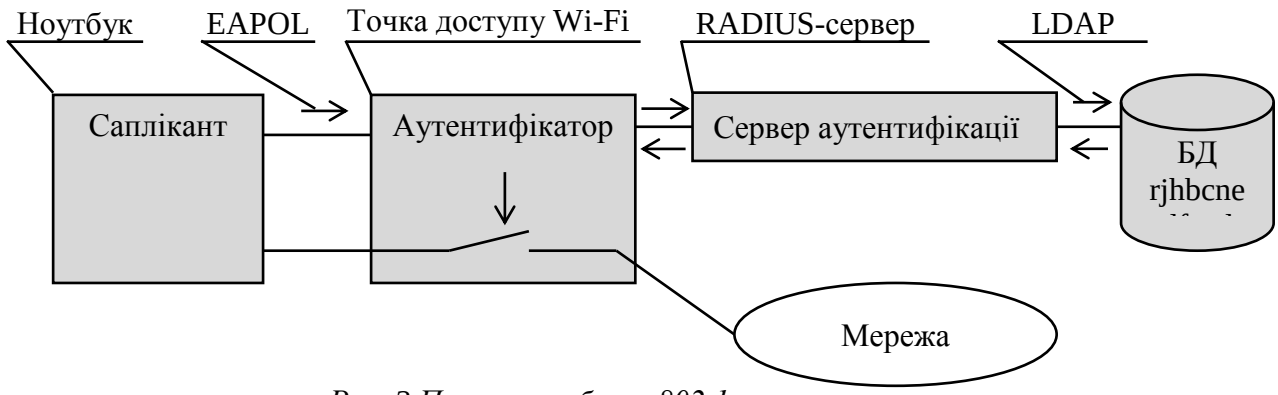


Рис. 2 Принцип роботи 802.1x

Проведений аналіз дозволяє виділити кілька методів аутентифікації, які можуть бути використані для побудови середовища з некластеризованими ресурсами і динамічною архітектурою (рис. 2).

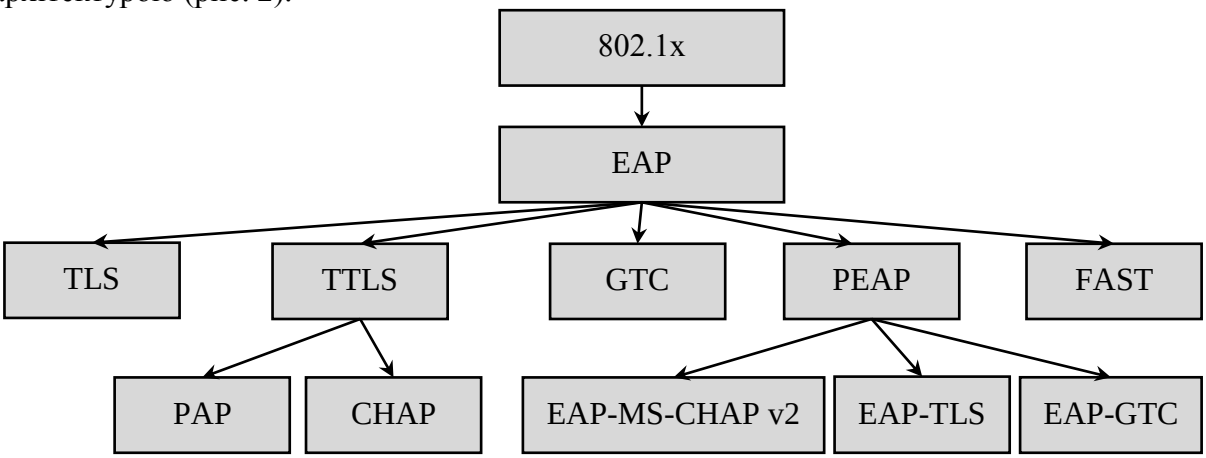


Рис. 3 Класифікація методів EAP

Метод EAP-TLS (EAP-Transport Level Security) - це тип протоколу EAP, що застосовується у системах безпеки, які використовують сертифікати. Завдяки взаємній перевірці достовірності сертифікатів сервера та клієнта, він забезпечує найбільш надійний метод перевірки автентичності та визначення ключа.

Метод EAP-TTLS (EAP-Tunneled Transport Level Security) має двохфазну структуру. У першій фазі створюється захищене тунельоване з'єднання, в другій відбувається передача даних для авторизації. У другій фазі метод може використовувати як TLS так і більш старі механізми – PAP або CHAP

Метод PEAP (Protected EAP) функціонує аналогічно EAP-TTLS за принципом двохфазної аутентифікації. У першій фазі за допомогою протоколу TLS створюється зашифрований канал зв'язку між саплікантом та сервером. Протокол PEAP не визначає метод перевірки аутентифікації, проте забезпечує додаткову безпеку для інших протоколів перевірки аутентифікації EAP, наприклад EAP-MSCHAPv2, GTC або TLS які можуть працювати через зашифрований канал протоколу TLS. На відміну від EAP-TLS, де реалізована перевірка сертифікатів як зі сторони користувача так і зі сторони сервера, у методі PEAP-MS-CHAPv2 сертифікат видається тільки серверу, перевірка автентичності користувача відбувається на підставі облікових даних (ім'я користувача і пароль).

Метод EAP-FAST (Flexible Authentication via Secure Tunneling) – протокол розроблений Cisco Systems для використання у власному обладнані. EAP-FAST використовує захищений доступ облікових даних (PAC), щоб створити тунель TLS, в якому облікові дані клієнта і передаються.

Метод EAP-GTC (EAP-Generic Token Card), метод, в якому інформація про аутентифікацію (наприклад: закриті ключі, цифрові сертифікати) знаходиться у USB-ключі або смарт-карті клієнта, за допомогою яких відбувається передача даних для аутентифікації.

Порівняльна характеристика даних методів аутентифікації наведена у таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння методів EAP

Характе-ристики \ Методи		EAP-TLS	EAP-TTLS	EAP-PEAP	EAP-FAST	EAP-GTC
Передбачений сертифікат клієнта		Так	Ні	Ні	ТАК (PAC)	Ні
Передбачений сертифікат сервера		Так	Так	Так	ТАК (PAC)	Ні
Розробник		Microsoft	Funk	Microsoft	Cisco	Cisco
Двохфазна аутентифікація		Ні	Так	Так	Так	ні
Підтримка саплікантом штатниих засобів ОС	Windows XP SP3	+	+	+	-	+
	Windows 7	-	-	+	-	+
	Mac OS X 10.7 Lion	+	+	+	+	-
	Ubuntu 11.10	+	+	+	+	-
Складність впровадження		Висока	Варіюється	Варіюється	Варіюється	Варіюється
Wi-Fi ступінь захисту		Дуже високий	Високий	Високий	Високий	Високий

Висновки.

Методи, що забезпечують двохфазну аутентифікацію, надають більш високий рівень захисту при передачі облікових даних завдяки створенню захищеного транспортного тунелю.

Серед усіх методів аутентифікації операційна система Windows 7 має вбудоване ПЗ тільки для роботи з та GTC. Як показав аналіз дистрибутивів Unix, до їх складу можуть входити або встановлюватись окремо сапліканти будь-яких методів. Операційна система Mac OS X 10.7 Lion може використовувати всі методи, окрім GTC.

Оскільки за мету було щоб обраний механізм був кросплатформовим, щоб забезпечити можливість підключення найбільшої кількості вузлів, то це можливо, як видно з таблиці 1, тільки при використанні методу EAP-PEAP. Також цей метод відносно легко впроваджується як на стороні користувача так і зі сторони мережі і має необхідний рівень безпеки.

Таким чином проведений в даній роботі аналіз механизмів аутентифікації 802.1x та EAP, порівняльний аналіз актуальних методів аутентифікації для проводових і Wi-Fi мереж, аналіз сучасних операційних систем на предмет підтримки ними методів аутентифікації дозволяє зробити висновок про доцільність використання EAP-PEAP-MSCHAPv2 для побудови гетерогенного середовища для розміщення і виконання високонавантажених вебсервіс - компонентів розподілених інформаційних систем на основі існуючої ресурсної бази із динамічним підключенням робочих вузлів.

Література

1. WPA2™ Security Now Mandatory for Wi-Fi CERTIFIED™ Products. Ел. ресурс: http://www.wi-fi.org/media/press-releases/wpa2%E2%84%A2-security-now-mandatory-wi-fi-certified%E2%84%A2-products
2. Евгений Зайцев. Защита беспроводных сетей, WPA: теория и практика. Ел. ресурс: http://www.ixbt.com/comm/prac-wpa-eap.shtml

УДК 004.932

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРАСТНОЙ КОРРЕКЦИИ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Начаров Д.В.
Севастопольский национальный технический университет
E-mail: denis_nacharov@list.ru

Digital television images contrast correction efficiency assessment method

The efficiency assessment method of digital television images contrast correction is presented. Results of efficiency assessment of image distorted by meteorological factors correction method are given.

При решении задачи оценки эффективности коррекции цифровых телевизионных изображений (ЦТВИ), помимо качественной, важно проводить и количественную оценку результатов коррекции. Предлагаемая в докладе методика ориентирована на оценку результатов применения метода коррекции ЦТВИ, полученных в сложных метеоусловиях (алгоритм метода описан в [1]). Целью коррекции изображений в соответствии с предложенным в [1] методом является улучшение различимости объектов на изображении. Мерой эффективности данного метода коррекции является степень улучшения различимости объектов на обработанном изображении.

В качестве тестовых изображений, как и в [1], используются синтетические изображения из базы [2], воздействие метеофактора (в приведенных примерах, тумана) на которых смоделировано с использование известных карт глубины.

На рисунке 1 показаны синтетические изображения в отсутствии тумана (рисунок 1,а), с добавлением тумана (рисунок 1,б), а также результат коррекции в соответствии с методом, описанным в [1] (рисунок 1,в).

а) б) в)

Рис. 1 — Синтетические изображения

Оценка эффективности коррекции в соответствии с предлагаемым методом выполняется на основе результатов сопоставления локальных контрастов исходного и обработанного изображений. Локальные контрасты определяются следующим образом: оцениваемое изображение разделяется на равные области, для каждой их которых вычисляется контраст согласно выражению

$$K = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}},$$

где $I_{\max}$, $I_{\min}$ — соответственно, максимальная и минимальная яркости выбранной области изображения.

Затем формируются изображения контрастов путем присвоения всем пикселям каждой области равных значений контраста. На рисунке 2 показаны изображения контрастов исходного (рисунок 1,б) и обработанного изображений (рисунок 1,в).

а) б)

Рис. 2 — Изображения контрастов

Последующий анализ выполняется на основе сравнения параметров гистограмм. На рисунке 3 показаны гистограммы изображений контрастов. Как видно из гистограмм, значения контрастов областей исходного изображения находятся, в основном, в интервале (0…0,03), а значения контрастов областей обработанного изображение распределены по всему диапазону (0…1). Оценка локального контраста изображения по гистограмме изображения контрастов является более информативной (по сравнению с оценкой среднего контраста, применяемой в [1]).

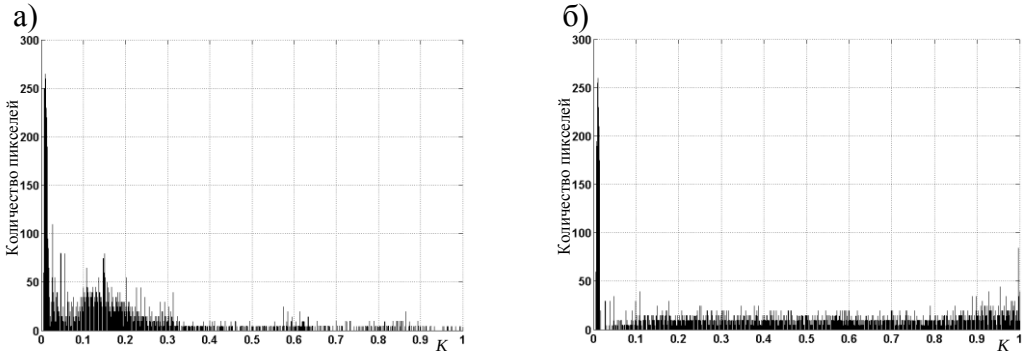


Рис. 3 — Гистограммы изображений контрастов

Поскольку одной из мер эффективности оцениваемого метода коррекции искаженных ЦТВИ является улучшение различимости объектов, необходимо использовать параметр зрительной системы наблюдателя — пороговую контрастность (ПК). Под ПК принято понимать порог контрастной чувствительности зрительной системы человека, величина которого составляет в среднем 0,02 (для дневных условий наблюдения). С использованием изображений контрастов, показанных на рисунке 2,а, сформированы маски областей исходного изображения, контраст в которых находится в пределах (0…0,02) (рисунок 4,а) и (0…0,04) (рисунок 4,б).

На рисунке 5 показаны результаты наложения маски рисунка 4,б на исходное (а) и обработанное изображения (б). Данный пример приведен для качественной оценки улучшения различимости объектов на обработанном изображении.

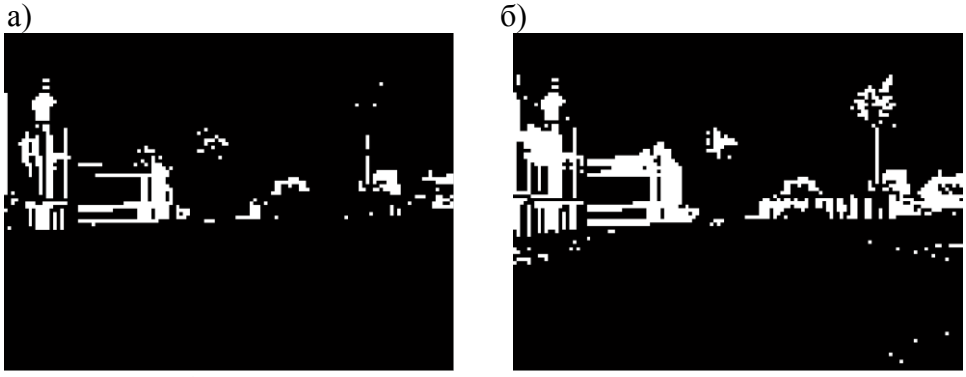


Рис. 4 — Маски для выбранных значений контрастов

а) б)

Рис. 5 — Результаты наложения маски рисунка 4, б

На рисунке 6 показаны гистограммы контрастов исходного (а) и обработанного (б) изображений в пределах маски рисунка 4,а. Из гистограмм видно, что диапазон контрастов областей в пределах маски увеличен с (0…0,02) до (0…0,97).

а) б)

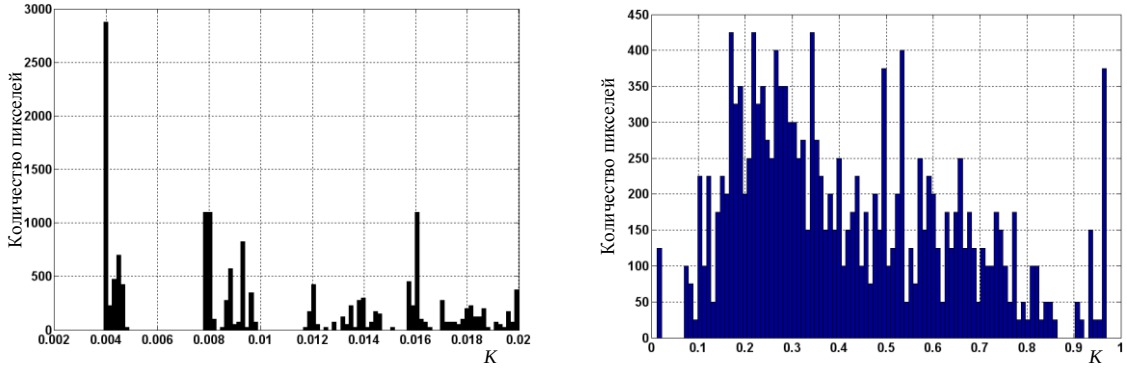


Рис. 6 — Гистограммы контрастов исходного (а) и обработанного (б) изображений в пределах маски рисунка 4, а

Таким образом, предлагаемая методика позволяет оценивать эффективность контрастной коррекции искаженных ЦТВИ на основании вычисления локальных контрастов и количественно подтверждает улучшение различимости объектов согласно методу [1].

Методика также может быть использована для большого класса изображений применительно к ситуациям оценки локальных контрастов изображений.

Литература

1. Михайлюк Ю.П. Исследование метода контрастной коррекции цифровых телевизионных изображений, полученных в сложных метеоусловиях / Ю.П. Михайлюк, Д.В. Начаров // Сборник научных трудов АВМС им. Нахимова. — Севастополь: АВМС им. Нахимова, 2011. — Вып. 4(8). — С. 101 — 108.
2. FRIDA (Foggy Road Image DAtabase) / LCPC. — http://www.lcpc.fr/english/products/image-databases/article/frida-foggy-road-image-database. — 17.06.2011.

УДК 004.7

МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОПОТОКОВИХ ПРОГРАМ З ВИКОРИСТАННЯМ UML

Онисько А.О., Алєксєєв М.О.
Інститут телекомунікаційних систем,
НТУУ «Київський політехнічний інститут», Україна, Київ
E-mail: onysko.andrew@gmail.com, alexeyev@its.kpi.ua

Modeling of multithreaded programs based on UML

This work is devoted to researching the possibility of using UML to create a fourth level of a comprehensive model of software for distributed information systems MMDSD - the level of elementary tasks execution. The feature of this level is necessity to consider the usage of the methods that provide applications algorithms parallelization.

На сьогоднішній день методи розпаралелювання алгоритмів прикладних програм набули великого розповсюдження. Основною причиною цього виступає те, що багатоядерними процесорами обладнують все більше сучасних електронних пристроїв, починаючи від серверів і закінчуючи мобільними телефонами і планшетними комп'ютерами. Крім того актуальним питанням на сьогодні є застосування методів багатопотоковості на територіально рознесених ресурсах, зокрема використання у розподілених інформаційних системах, що робить даний підхід перспективним і у галузі телекомунікацій. Ефективне використання ресурсів таких процесорів і систем багато в чому залежить від паралельного алгоритму що використовується. Запорукою успішності роботи будь якої програми, а особливо складного програного забезпечення розподілених інформаційних систем, у тому числі і з використанням паралельних алгоритмів є правильне її моделювання. Для цього існує відомий підхід до розробки програмного забезпечення систем на основі моделей, MDSD. В попередніх роботах [1,2,3,4 та ін.] пропонувалась модифікація такого підходу, MMDSD, яка передбачає створення комплексної моделі, що має 4 рівні абстрактної бізнес-логіки, автоматизованих бізнес-процесів, рівень платформо-незалежного моделювання графічного інтерфейсу з допомогою FaceXML і платформо-незалежного моделювання функціональності на основі UML.

Дана робота присвячена дослідженню можливості використання UML для створення четвертого рівня моделі – виконання елементарних задач. Особливістю цього рівня є те, що на ньому необхідно врахувати використання методів розпаралелювання алгоритмів прикладних програм.

Для створення моделі програмного забезпечення бажано використовувати вже відомий, достатньо простий і одночасно функціональний інструментарій. В якості одного із можливих варіантів, пропонується використання мови UML (Unified Modeling Language). UML було створено як узагальнення усіх існуючи стандартів і нотацій моделювання, що дає підстави вважати його найбільш функціональним і формалізованим методом на даний момент. Різноманітність діаграм доступних в UML дозволяє описати програмну систему з різних точок зору в достатньому об'ємі для подальшого втілення в конкретному програмному коді, і навіть згенерувати каркасні частини коду безпосередньо із моделі.

В рамках даної роботи, для описання багатопотокової програми пропонується використання діаграми класів (class diagram), де відображені основні взаємовідносини між процесами та їх потоками, а також діаграма послідовності станів (sequence diagram), що розкриває порядок виконання окремого потоку в системі із багатоядерним процесором.

На наведеній UML діаграмі, зображено процес, потік і їхні взаємовідносини. Для зображення використано стереотипи <<process>> і <<thread>>, що визначають відповідно клас process і thread [5]. Дані класи перебувають у відношеннях асоціації із комбінацією, що якнайкраще відображає реальну картину відношень між процесом і його

потоками. Це означає, що потоки є складовими частинами процесу, але при цьому не можуть існувати незалежно від нього. Ранг асоціації 1..*, тобто одному процесу, може відповідати багато потоків.

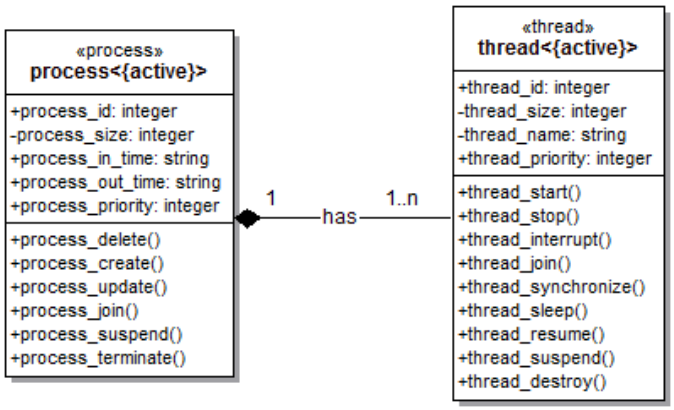


Рисунок 2. Рис. 4 Модель взаємодії процесу і треду на основі діаграми класів UML

Не менш важливим ніж розбиття процесу на треди для багатопотокових програм є алгоритм виконання отриманих потоків в багатопроцесорній системі. Щоб охарактеризувати систему в динаміці в UML існують 5 різновидів діаграм. Пропонується використати діаграму послідовностей станів, так як вона є узагальненням діаграми діяльності, а також на відміну від діаграми взаємодії виносить окремим виміром «час», що є дуже важливим при динамічному аналізі. Нижче наведена діаграма для окремого випадку багатопроцесорної системи, а саме система на базі двоядерного процесора [5].

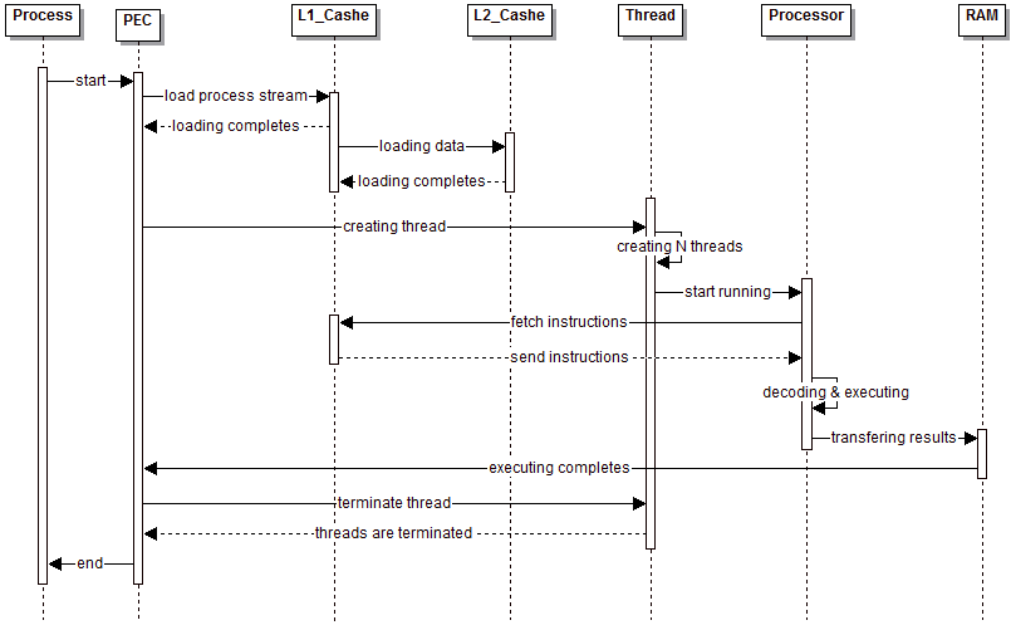


Рис. 5. Моделювання алгоритму виконання отриманих потоків в багатопроцесорній системі

Дана діаграма ілюструє етапи створення, виконання і знищення відпрацьованих потоків.

Зображені вище діаграми ілюструють можливості UML зі створення моделі роботи будь якої багатопотокової програми, тобто можуть бути застосовані з невеликим змінами незалежно від змісту самої функціональності, що реалізується. Для перевірки ефективності запропонованих рішень, у середовищі UmlStudio було змодельовано роботу програми, що реалізує пошук коренів системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) методом Крамера, який широко використовується в платформах надання послуг мобільним

оператором зв’язку. Наведений приклад діаграми активностей показує принцип, який лежить в основі програми, а саме розбиття сформованої матриці на частини, в даному випадку дві, і паралельні обчислення над ними в окремих потоках.

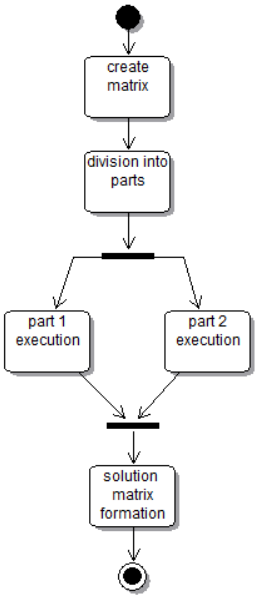


Рис. 6. Моделювання роботи алгоритму рішення СЛАР у двоядерному обчислювальному середовищі

Висновки.

Проведене у роботі дослідження інструментарію UML поточної версії 2.1 на предмет можливості використання для створення четвертого рівня моделі MMDSD, рівня виконання елементарних задач, який передбачає використання методів розпаралелювання алгоритмів прикладних програм дозволяє зробити висновок про доцільність такого підходу і рекомендувати використовувати для таких цілей діаграми класів, послідовностей станів і діаграми активностей.

Література

1. Станчук Л.А., Алєксєєв М.О. Модифікований підхід до моделе-орієнтованої розробки програмного забезпечення розподілених інформаційних систем. IV Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій", 20-23.04.2010: Збірник тез. К.: НТУУ "КПІ", 2010 - С.158
2. Глоба Л.С., Алєксєєв М.О., Єрмакова К.О., Кушнир В.В. Паралельні обчислення в платформах надання послуг мобільним оператором зв’язку. "Электроника и связь", тематический выпуск №4-5 "Электроника и нанотехнологии", Ч.2, раздел "Информационные технологии и системы", К.: НТУУ "КПІ", 2009. -С.285-291
3. Глоба Л. С., Алексеев Н. А., Кушнир В. В. "Моделирование и организация параллельных вычислений в научных и инженерных исследованиях". Материалы 21-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (Крымико’ 2011), Севастополь, 13—17 сентября 2011 г. – Севастополь: Вебер 2011. – С.472-473
4. Шапошник Ю. В., Алексеев Н. А. Методология создания комплексной MDE-модели программного обеспечения. Материалы 21-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (Крымико’ 2011), Севастополь, 13—17 сентября 2011 г. – Севастополь: Вебер 2011. – С.476-477
5. Dr. Vipin Saxena1 and Manish Shrivastava2 «UML Modeling and Performance Evaluation of Multithreaded Programs on Dual Core Processor.» - International Journal of Hybrid Information Technology Vol.2, No.3, July, 2009

УДК 004.7

SOFTWARE DEFINED RADIO SYSTEM ARCHITECTURE SUPPORTING DOWNLOAD PROCESS

Globa L.S., Kurdecha V.V., Sulima S.V.
Institute of Telecommunication Systems,
NTUU «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, Kyiv
E-mail: lgloba@its.kpi.ua , vt14m@narod.ru , lilthirteen@gmail.com

SDR системна архітектура з підтримкою процесу завантаження

В роботі розглядається концепція менеджера реконфігурації (Reconfiguration Manager) в контексті SDR пристроїв, деталізується мережна архітектура.

Reconfigurable technologies enable efficient access management for terminals, in addition to flexibility in operating the radio network. Reconfigurability is expected to realize the main requirements for adaptability in 4G systems [6]. The evolution of telecommunications in the next decade will be characterized by the convergence toward an IP-based core network and ubiquitous seamless access (2G, 3G, broadband, broadcast, etc.) in a context of hierarchical and hybrid self-organizing networks [2]. The interworking, mobility management and roaming will be handled via the medium access systems and the IP based core network. Reconfigurable radio terminals and new appliances will be the key components of such a seamless network convergence [3].

Thus, an important aspect in this area is reconfigurable Software Defined Radio (SDR) system architecture. SDR technology has been identified as a key enabler of reconfiguration capabilities within user equipment or network operator nodes enhancing flexibility, configuration granularity and providing a fully seamless experience for the user [7]. All SDR research groups (European IST Reconfigurability Cluster Projects, SDR Forum, Mobile VCE initiative…) stress the fact that re-configuration of mobile SDR terminals will require complex interactions between the terminal and the network entities, including the download of new software modules to be installed on the terminal and the discovery of services [4].

One of the motivation to tackle the research work on SDR supported by IP networks is that current wireless IP networks are developing with great speed but do not necessarily take into account efficient software download methods and the reconfiguration management, that reconfigurable terminals need in networks (hierarchical cellular, decentralized hybrid ad-hoc) [8].

Thus, the goal of this paper is to synthesize an architecture, which will satisfy the above requirements.

As the foregoing discussion makes clear, the radio software download process is complex and involves many different steps. It is envisioned that there needs to be an overall management entity which oversees the radio software download process, especially the processes of radio software download, installation, reconfiguration, testing, and recovery [1].

Reconfiguration through software download over the air (OTA) is the most concerned issue to many researchers since its attractive concept of dynamic reconfiguration of SDR terminal [9].

The suitable network architecture based on IP paradigms needs to be further developed, which supports reconfigurable terminals and access networks, manages software download traffic, provides reconfiguration support and facilitates joint radio resource management. An illustration of a network architecture that satisfies the above requirements is shown in Fig. 1 and assumes that the SDR devices are mobile terminals.

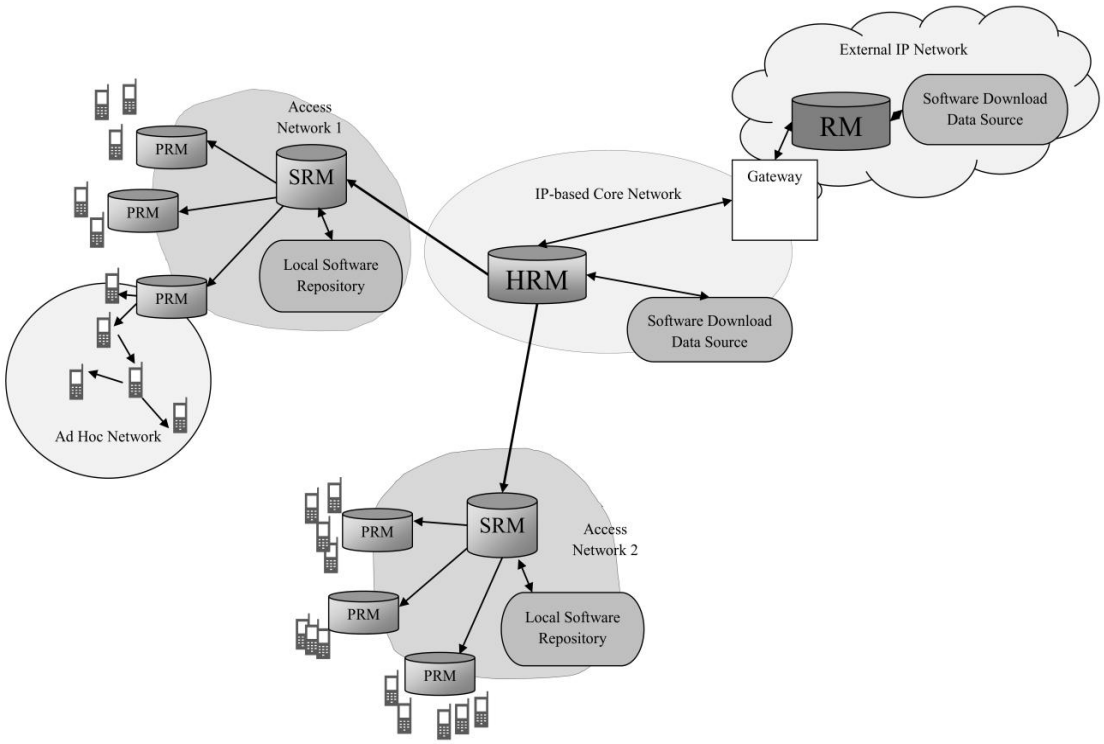


Рисунок 3. *Fig. 1. Network Architecture with Reconfiguration Management*

The main idea is to have a hierarchically distributed architecture that minimizes the network load, decreases workload of the terminal(CPU, memory and battery) and speeds up the software download. For this, Proxy Reconfiguration Manager(PRM) was introduced. The network-provided supporting entity, the PRM, serves as a proxy instance for negotiations with other network entities, in particular the Serving Reconfiguration Manager (SRM) in the Access Network and the Home Reconfiguration Manager (HRM) in the Home Network. The SRM is used in each Access Network and is dimensioned according to the number of users that an Access Network can support and what the expected services for the Access network are. The SRM sends control information to PRM. Home Reconfiguration Manager is responsible for billing, authentication and security w.r.t. software downloads. The HRM and the SRMs have access to a software repository that stores the sets of software that may be downloaded by the terminals. Both the SRM and HRM are key elements for upgrade of a large number of terminals and they relieve currently deployed network entities from several management and security issues that have a critical impact on network performance.

The data source for the software download may originate either internal or external to the wireless system. This architecture envisions two types of deployment scenarios: terminal-centric and network-centric. In the network-centric deployment, the PRM plays an important role by acting as a proxy for the SDR terminal in performing the majority of negotiations with the SRM and HRM on behalf of the terminal. In addition in terminal-centric scheme the software can be initially downloaded from the server to a terminal that in turn downloads it to other terminals using ad hoc network connectivity. The entire architecture is designed so that it is able to handle upgrades even to a large number of terminals in the system [1,4,5,9].

Conclusions.

As the number of SDR devices deployed in the network increases, the network architecture needs to have certain features to be able to support radio software downloads efficiently. Moreover, as the number of SDR devices increases in the network, the network needs an overall management entity to track configurations of various SDR devices in the network and to coordinate the

download and reconfiguration processes. The main approach is to have a hierarchical distributed architecture. For this, three Reconfiguration Manager levels are introduced and ad hoc connectivity is provided.

Analysis of current situation in wireless market allows to conclude that synthesized architecture is expedient for building composite reconfigurable networks.

References:

1. Requirements for Radio Software Download for RF Reconfiguration//Technical Specification SDRF-02-S-0007-V1.0.0, 2002.
2. Alonistioti, N. Houssos, S. Panagiotakis, M. Koutsopoulou, V. Gazis Intelligent architectures enabling flexible service provision and adaptability//Wireless Design Conference (WDC 2002), London, UK, 15-17 May 2002.
3. M. Beach, D. Bourse, K. Cook, M. Dillinger, T. Farnham, T. Wiebke Re-Configurable Terminals Beyond 3G//Helsinki WWRF WG 3, 2001.
4. D. Bourse et al WWRF WG3 White Paper: 'Reconfigurable SDR Equipment and Supporting Networks Reference Models and Architectures'//WWRF WG 3 White Paper, 2002.
5. M. Dillinger, K. Madani and N. Alonistioti Software Defined Radio: Architectures, Systems and Functions//John Wiley & Sons, 2003.
6. M. Dillinger, P. Demestichas, N. Olaziregi, G. Dimitrakopoulos, N. Alonistioti WWRF WG6 White Paper: 'Network Architecture and Support Services for Reconfigurability'//WWRF WG6 White Paper, 2004.
7. T. Loewel et al FBS and SDR platforms for integration in the E3 prototyping environment//E3 White Paper, May 2009.
8. D. Bourse, M. Dillinger, T. Farnham, R. Navarro, N. Olaziregi, T. Wiebke SDR Equipment in Future Mobile Networks//IST Summit 2002 Proceedings, Thessaloniki, Greece, June 2002.
9. V. Jeyalakshmi, G. Vijayakumari Secured Reconfigurable Software Defined Radio using OTA software download// Int. J. Advanced Networking and Applications, Volume: 03, Issue: 04, Pages:1276-1280 (2012).

УДК 621.391

ЛІНІЙНА ТЕНЗОРНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ В МЕРЕЖІ ДОСТУПУ ПІДПРИЄМТСВА

Тіхонов В.І.
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова
E-mail: victor.tykhonov@onat.edu.ua

The linear tensor model of the information flows in the enterprise access network

The issues of linear tensor presentation of the non-linear processes discussed in respect to the enterprise network modeling in the complex euclidian space.

Моделювання інформаційних процесів у комунікаційних системах є актуальною задачею в сучасних і майбутніх мережах, рішення якої спрямовано на підвищення якості обслуговування і оптимізацію функціонування мереж в умовах критичного навантаження. Перспективним напрямком в теорії і практиці моделювання мереж є тензорний аналіз, який у багатьох випадках дозволяє отримати адекватну лінійну апроксимацію статичних і динамічних властивостей нелінійних комунікаційних систем [1]. Стримуючим фактором тензорного моделювання мереж є достатньо високий рівень складності відповідних моделей. В даній роботі розглядається лінійна тензорна модель інформаційних потоків у відкритій телекомунікаційній мережі доступу вищого учбового закладу, яка базується на статистичній обробці віддзеркаленого IP-трафіка у маршрутизаторі ядра мережі доступу.

Інфокомунікаційна мережа (ІКМ) може бути розглянута як багатовимірна нелінійна динамічна система, що об'єднує в собі дві складові частини: інформаційну систему (ІС) і комунікаційну систему (КС). Елементами інформаційної системи ІС в моделі ІКМ можуть бути окремі постачальники і споживачі інформаційного продукту: клієнтські хости, сервери, окремі локальні мережі у складі мережі доступу, тощо. Елементами комунікаційної системи є лінії зв'язку, комутатори і маршрутизатори локальних мереж, які утворюють середовище для взаємодії елементів ІС.

На рис.1 зображено спрощений граф відкритої ІКМ з трьома вершинами (x_1, x_2, x_3), які є маршрутизаторами локальних мереж підрозділів підприємства. У загальному випадку розглядатимемо ІКМ, в якій виділено множину X з N вершин $x_n \in X$, $n = 1,2,...,N$. Кожна з вершин $x_n \in X$ утворює власну відкриту локальну околицю, яку назвемо відкритим елементом графа і позначимо (x_n). В околиці (x_n) знаходяться елементи ІС. Окрім того, кожна вершина $x_n \in X$ є логічно відкритою по відношенню до спільного глобального оточення G , об'єкти якого не включені наявне у граф ІКМ.

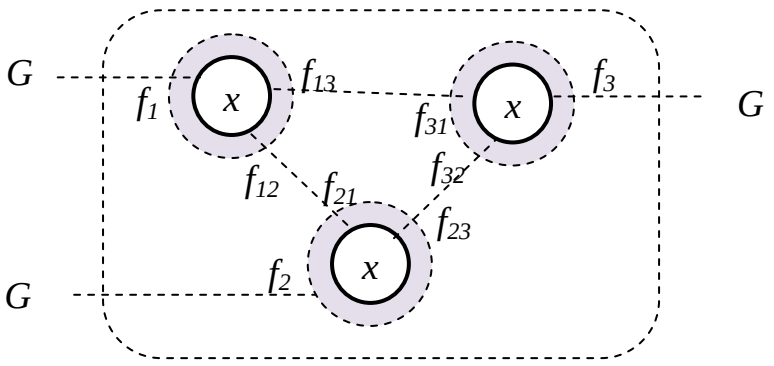


Рис.1 – Спрощений граф інфокомунікаційної мережі (ІКМ)

Введемо *абстрактні символьні оператори* моделі ІКМ (скорочені позначки відповідних змістовних понять, які самі по собі не являються математичними об'єктами). Інформаційні потоки (незалежно від конкретної форми їх представлення у тому чи іншому просторі) позначимо F і назвемо *абстрактним оператором інформаційних потоків* у КС.

Будемо вважати, що оператор F залежить від абстрактного оператора P «інформаційного тиску» на КС з боку ІС, а також від абстрактного оператора A пропускної спроможності КС. Тезу про залежність F від P і A назвемо абстрактною функцією $F(P,A)$. На рис.2 показано узагальнену модель ІКМ в термінах абстрактних операторів P, A, F.

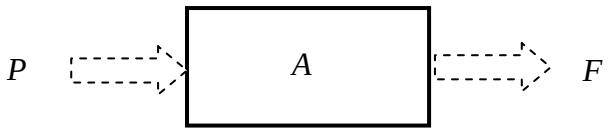


Рис.2 – Функціональна модель інфокомунікаційної мережі (ІКМ)

Інформаційні потоки в напрямку «від x_n до (x_n) і до G» і у зворотному напрямку назвемо *власними потоками* f_n вузла x_n. Потоки між різними елементами (x_n, x_m) назвемо *перехресними потоками* f_{nm}. Вважатимемо, що $f_{nn} \equiv f_n$. Оцінимо потоки (у Мбіт/с) шляхом усереднення на інтервалі часу $\Delta\tau(t)$, $t \in [0, t_1, t_2, ..., T]$, $\Delta\tau \le T$ ($T = 1$доба, $\Delta\tau = 1$ хвилина) у вигляді безрозмірних комплексних функцій $f_{nm}(t,\Delta\tau) = f^{+}_{nm}(t,\Delta\tau) + i \cdot f^{-}_{nm}(t,\Delta\tau)$, $f_{nm} \in C$ де C − множина комплексних чисел. Дійсна частина f^{+}_{nm} є симетричною, а уявна частина f^{-}_{nm} − антисиметричною складовою потоків [2]. Визначимо поняття миттєвого інформаційного потоку $f(t)$ для кожної пари індексів n, m :

$$f(t) = \lim f(t,\Delta\tau), \quad \Delta\tau \to 0. \tag{1}$$

Нехай $S_F = \{f(t)\}$ – множина добових реалізацій функції $f(t)$ для індексів n, m; $\underline{f}(t)$ − математичне очікування, або тренд функції $f(t)$ на S_F; $\tilde{f}(t) = f(t) - \underline{f}(t)$ − варіація $f(t)$ відносно $\underline{f}(t)$. Отже, для пари n, m оператор F має вигляд

$$f(t) = \underline{f}(t) + \tilde{f}(t). \tag{2}$$

Аналогічно для оператора P на множині $S_p = \{p(t)\}$ реалізацій $p(t)$ для n, m маємо:

$$p(t) = \underline{p}(t) + \tilde{p}(t). \tag{3}$$

Визначимо поняття статичної (a) і динамічної (g) форми оператора A для пари індексів n, m :

$$\begin{cases} a(t) = \dfrac{1}{\underline{p}(t)} \cdot \underline{f}(t), \\ g(t) = \dfrac{df(t)}{dp(t)} = \dfrac{1}{\tilde{p}(t)} \cdot \tilde{f}(t). \end{cases} \tag{4}$$

Варіаційна складова оператора F для пари n, m є

$$\tilde{f}(t) = \tilde{p}(t) \cdot g(t). \tag{5}$$

Узагальнимо (1÷5) для всіх можливих пар n, m. Нехай

$$\begin{cases} F(t) = \{f_{nm}(t)\}; \ \underline{F}(t) = \{\underline{f}_{nm}(t)\}; \ \tilde{\underline{F}}(t) = F(t) - \underline{F}(t, \\ P(t) = \{p_{nm}(t)\}; \ \underline{P}(t) = \{\underline{p}_{nm}(t)\}; \ \tilde{\underline{P}}(t) = P(t) - \underline{P}(t. \end{cases} \tag{6}$$

Тензори (6) записано у ортонормованому базисі I комплексного евклідового простору $\mathbb{C}^N$.

Запишемо (5) у вигляді тензорного рівняння для кожної точки $t \in [0, t_1, t_2, ..., T]$:

$$\underline{\tilde{F}}(t) = \underline{\tilde{P}}(t) \cdot G_F^P(t), \tag{7}$$

де $\underline{\tilde{F}}(t)$ − коваріантний по F і контраваріантний по I тензорний оператор; $\underline{\tilde{P}}(t)$ − коваріантний по P і контраваріантний по I тензорний оператор; $G_F^P(t)$ − коваріантний по F і контраваріантний по P тензорний оператор. Нехай $\overline{\Phi}(\omega, t)$ і $\underline{\Phi}(\omega, t)$ − оператори прямого і зворотного перетворення Фур'є. Відобразимо тензори $\underline{\tilde{P}}(t)$ і $\underline{\tilde{F}}(t)$ у спектральну область Фур'є:

$$\begin{cases} \underline{\tilde{P}}^{\Phi}(\omega) = \underline{\tilde{P}}(t) \cdot \overline{\Phi}(\omega, t), \\ \underline{\tilde{F}}^{\Phi}(\omega) = \underline{\tilde{F}}(t) \cdot \overline{\Phi}(\omega, t). \end{cases} \tag{8}$$

Визначимо спектральну перехідну характеристику для оператора A:

$$\begin{cases} G^{\Phi}(\omega) = \dfrac{1}{\underline{\tilde{P}}^{\Phi}(\omega)} \cdot \underline{\tilde{F}}^{\Phi}(\omega) = \overline{\Phi}(\omega, t) \cdot G_F^P(t, \tau) \cdot \underline{\Phi}(\omega, t), \\ G_F^P(t, \tau) = \dfrac{1}{\underline{\tilde{P}}(t)} \cdot \underline{\tilde{F}}(t). \end{cases} \tag{9}$$

Усереднимо тензор $G_F^P(t, \tau)$ по множині реалізацій S_P і S_F. Очевидно, що в такому разі, для кожної пари індексів n, m тензор $G_F^P(t, \tau)$ є змішаною коваріаційною матрицею операторів P і F. Для окремої гармоніки $\omega \in [0, \omega_1, \omega_2, ..., \Omega]$ залежність F від P є лінійною:

$$\underline{\tilde{F}}^{\Phi}(\omega) = \underline{\tilde{P}}^{\Phi}(\omega) \cdot G^{\Phi}(\omega). \tag{10}$$

Таким чином, нелінійна функція $F(P, A)$ може бути апроксимована у вигляді суперпозиції лінійних тензорних функцій виду (9):

$$\underline{\tilde{F}}(t) = \underline{\tilde{F}}^{\Phi}(\omega) \cdot \underline{\Phi}(\omega, t). \tag{11}$$

Трійку тензорів: $\underline{F}(t)$, $\underline{\tilde{P}}^{\Phi}(\omega)$, $G^{\Phi}(\omega)$, у сукупності з (9÷11) назвемо гармонійною лінеаризацією нелінійної залежності оператора потоків F у комунікаційній системі КС від оператора інформаційного тиску P з боку інформаційної системи ІС в моделі інфокомунікаційної мережі ІКМ.

Результатом даної роботи є алгоритм декомпозиції складної нелінійної задачі аналізу потоків у КС на декілька спрощених лінійних задач, які вирішуються незалежно одна від одної для кожної окремої гармоніки у спектрі оператора тиску P. Часткове дослідження розглянутої даної моделі проведено на базі імітаційної моделі генератора тиску P і методики оцінки тензорів $\underline{\tilde{F}}(t)$ і $\underline{F}(t)$ в мережі доступу вищого учбового закладу на основі експериментальних даних. Напрямком подальших досліджень є розробка методики експериментальної оцінки оператора тиску P в мережі доступу з метою практичного реалізації розглянутої моделі.

Література

1. *Кутергин В.А.* Тензорный метод построения моделей пространства инфокоммуникационных сетей / В.А. Кутергин, А.С. Шадрин // Электронный журнал "Вычислительные сети. Теория и практика". – 2009. – № 2 (15):4.3. – Режим доступа: http://network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/main.pl?l=ru&n=15&pa=4&ar=3.

2. *Тихонов В.И.* Построение тензорной модели асимметричных цифровых потоков в комплексном пространстве // Проблеми телекомунікацій. – 2011. – № 2 (4). – С. 42 – 53. – Режим доступа к журн.: http://pt.journal.kh.ua/2011/2/1/ 112_tikhonov_tensor.pdf.

УДК 004.7

USE LTE SYSTEM FOR RAILWAY MOBILE COMMUNICATION

Nekhin A.V.
Institute of Telecommunication Systems,
NTUU «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, Kyiv
E-mail: dysha88@meta.ua

Высокоскоростная железнодорожная система мобильной связи на базе технологии LTE

В этой статье представлена высокоскоростная железнодорожная система мобильной связи на основе Long Term Evolution(LTE).

Introduction. Along with the developments of the high-speed railway, higher and higher technical requirements for the high-speed railway mobile communication system are raised.

At present, the development of high-speed railway has put forward higher requirements for mobile communication systems, It mainly means that its network architecture, hardware devices and software algorithms must adapt to the train speed which reaches up to 250 km/h, with fast handover capability to meet specific service requirements of the railway to achieve the aim of wireless train control efficiently. In this case, the evolution of railway mobile communications also has become increasingly prominent. On the other hand, Evolved Packet System (EPS) which include Long Term Evolution (LTE) and SAE (System Architecture Evolution) represents the latest progress of the UMTS standard. It aims to provide a unified architecture to real-time and non real-time service and to provide users with high data transfer rate, low latency and optimized packet wireless access technology. This paper tries to combine these advantages to the special requirements of the railway system for wireless communications, introduces LTE-R as a new railway wireless communication system based on the LTE/SAE.

Figure1 describes the main architecture of LTE-R[1]:

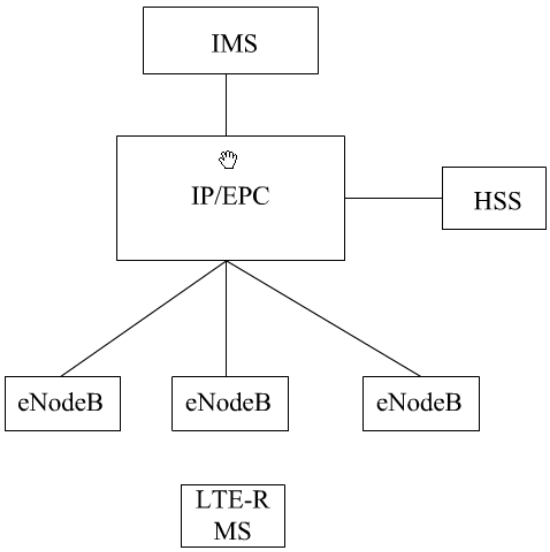


Figure 1

The access network structure of LTE-R is H-UTRAN. There is evolved-NodeB (eNodeB) which is the only one network equipment in it without the BTS and BSC. The eNodeB is a network node which transmits signal to terminals or receive signals from terminals in one or more cells. It has a set of functions related to transmission and reception at physical layer of radio interface, including modulation and demodulation, channel coding and decoding. At the same time, as without BSC, it also has functions of radio resource control, wireless mobility management and

wireless interfaces L2 protocol [2]. The eNodeBs can be connected to network router directly without more intermediate control nodes. This structure can delay and return time at the air interface of the access network, and it can also be better compatible with the follow-up networks.The core network of LTE-R is the Evolved Packet Core (EPC). HSS is the local user server which is responsible for managing the user registration information, in the structure, IP Multimedia Subsystem (IMS) has the functions which are implemented by MSC. IMS is located above EPC providing IP multimedia services. IMS aims to support efficient packet transmission, and its main purpose is to allow the generation of standard and interoperable IP services by applying of the Session Initiation Protocol (SIP).

The network architecture of LTE-R is relatively flat, so that the network nodes and the number of devices which need maintenance must be significantly decreased and the network deployment is easier, thereby the cost also can be reduced.

The modulation technology in LTE-R can refer to the technology of LTE system. In its downlink modulation following technologies can be used. QPSK, 16QAM and 64QAM technology can he used in physical downlink shared channel (PDSCH) and physical multi-broadcast channel (PMCH); QPSK technology can be used in physical broadcast channel (PBCH) and physical control format indicator channel (PCTICH); BPSK technology can be used in Physical hybrid ARQ indicator channel (PHICH); In its uplink modulation following technologies can be used. QPSK, 16QAM and 64QAM technology can be used in Physical Uplink Shared Channel (PUSCH); BPSK and QPSK technology can be used in physical uplink control channel (PUCCH). At the same time, the displacement BPSK technology can be used to reduce the peak to average ratio. Also, Spectrum Shaping, the selected mapping and partial transmit sequence technology can be used to reduce the peak to average ratio of the system [2].

As opposed to (iSM-R, Frequency Division Multiplexing (OFDM) and Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) can be used in LTE-R.

The principle of OFDM modulation technology is that after serial/parallel conversion the high-speed data streams is assigned to number of mutually orthogonal sub-channel with the relatively low transmission rate. As the symbol cycle of each sub-channel will be relatively longer, the impact of time diffusion on system caused by wireless channel delay spread can be mitigated. Also, the guard interval can be inserted between the OFDM symbols and designed longer than the maximum delay spread of wireless channel so that the inter-symbol interference (ISI) caused by multi-path can be eliminated maximally. Generally, the cycle prefix is used as a guard interval.

In order to meet the needs of high data rate and high system capacity, LTE-R system should support multiple-input multiple-output (MIMO) technology including spatial multiplexing, beam forming and transmit diversity. In the application of MIMO, the basic downlink antenna configuration is 2x2 that means there are 2 transmit antennas and 2 receiving antennas and four antennas used to transmit in the downlink direction. The basic uplink antenna configuration is 1x2 that means there is one transmitting antenna and two receiving antennas.

With the application of OFDM, the broad band channels can be divided into a number of mutually orthogonal flat sub channels and the MIMO signal processing can be independent in each sub channel which can greatly simplify the detection and equalization of frequency-selective MIMO channel. With the application of MIMO, the independent parallel channels can be generated and multiple data streams can be transmit at same time. Also in each sub-channel independent modulation and coding can be done, so that the channel transmission rate can approximate MIMO channel capacity as much as possible. Thus spectrum efficiency could be increasing without increasing the system bandwidth.

In the case of train running with high-speed, due to the affect of time-varying channel, even channel characteristics corresponding to the adjacent information symbols will change. Therefore, the time-varying channels must be estimated accurately by the channel estimation technology in order to combat fast fading characteristics of the channel effectively. LTE-R channel estimation can refer to

the LTE channel estimation and can be studied and improved with key parameters of high-speed rail environment.

Uplink channel estimation can be referred to Turbo decoding iterative channel estimation algorithm in the principle of LS/MMSE. The algorithm is more suitable for high-speed channel estimation with the use of strong antifading and anti-interference capability. The basic idea is that after making hard decision of signals using the output of Turbo decoding, the information will be reprocessed and transmit to the interleaving, descrambling and modulation module, finally the output will be fed back to the channel estimation module for the channel estimation of next symbol in order to update channel coefficient and increase the precision of channel estimation. Because Turbo decoding couldn't be done until all the data of sub-frame have been obtained, it processes in the unit a sub-frame.

Downlink channel estimation can be referred to the interpolation-based channel estimation. One-dimensional linear interpolation is to obtain the channel estimates of the symbol at the position of the other carrier by using adjacent pilot values of the same symbol. The pilot carrier of each symbol is the sample of relevant channel. When filtering by using the linear interpolation, the channel allowed changing rapidly on the time direction, because interpolation is completed within the duration of each symbol, and the interpolation of each symbol is independent. Therefore, the correlation time of channel is short so that it can be used tor mobile reception. Thus if the relevant channel bandwidth is larger than the bandwidth of pilot interval, the channel can be estimated accurately. Two-dimensional linear interpolation is to implement one-dimensional linear interpolation on the time direction or on the frequency direction firstly, then on the other direction, and then implement linear interpolation on the frequency direction by using the result of the new interpolation. However, it is necessary to complete the reception of all the symbols which have the pilot to complete the channel estimation of each symbol, thus more memory will be needed and there will be a greater delay, So it is needed to further improve this kind of algorithm to adapt to the high-speed railway mobile communication environment. There is also Gaussian interpolation filtering, the Wiener interpolation filtering and many other methods.

Conclusions. The high-speed is an important means to improve the competitiveness in the traffic areas and is an inevitable trend. Also, it put forward higher requirements for the technologies of future railway wireless mobile communication. Therefore, we can learn from the new technologies in GSM evolution and apply them to LTE-R in order to meet the new needs of the railway system. However, to evolve to this new railway wireless communication system, in addition to wireless system itself, there are still many related key issues to be resolved.

References

1. LTE/SAE -The Future Railway Mobile Radio System? Long-Term Visions on Railway Mobile Radio Technologies, UTC, 14.09.2009, V 0.4 Draft.
2. http://www.uic.org/com/article/uic-future-railway-mobile?page=thickbox_enews

УДК 004.822

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКИХ WIKI ТЕХНОЛОГИЙ

Ткач А.Ф., Терновой М. Ю.
Национальный Технический Университет Украины «Киевский политехнический институт»
Институт Телекоммуникационных Систем
E-mail: tkach.muk@gmail.com, ternovoy@its.kpi.ua

Semantic Wiki Based Approach to Information System in Telecommunication Sphere Design

The approach to design of information system in telecommunication sphere is described. This approach is based on ontology and Semantic MediaWiki usage.

Развитие телекоммуникационных технологий сопровождается увеличением объемов информации доступной в Интернет, которая в определенном виде описывает данные технологии и их применение. Информация, которая хранится в разных статьях на интернет-сайтах, может частично повторятся. Такие статьи не упорядочены по своей структуре и не содержат ссылки на источники, из которых взята информация. Все это затрудняет процесс получения информации в области телекоммуникаций в Интернет. Выходом может стать создание информационной системы с хорошо организованной структурой данных, по принципу энциклопедии. Реализация такой системы возможна с помощью системы Semantic MediaWiki [1] с использованием онтологий, сформированных разными приложениями Semantic Web.

Как наиболее простое и эффективное решение для создания энциклопедических статей были выбраны Wiki - системы. Wiki -системы позволяют пользователям вместе создавать и редактировать контент веб-сайта. Семантические Wiki содержат вспомогательные средства для семантической аннотации содержимого, чтобы предоставить ему структуру, которая дает возможность использовать Wiki как структурированную базу данных. Семантическая Wiki нужна для автоматизации обработки контента, что хранится в Wiki, и фильтрации нужной информации [2].

В работе рассматривается процесс создания прототипа информационной системы в области телекоммуникаций на примере систем сотовой связи. Создание прототипа информационной системы для реализации энциклопедии систем сотовой связи происходит в два этапа: построение онтологии, которая будет определять структуру и содержание подаваемой информации, и построение Wiki системы. Разработка онтологии включает в себя следующие этапы:

- определение классов в онтологии,
- расположение классов в иерархию,
- определение свойств и их описание,
- заполнение значений свойств экземпляров.

В качестве средства разработки онтологии было выбрано – Protégé [3], так как оно предоставляет удобные инструменты для создания онтологии и плагин визуализации OntoViz для создания простого представления онтологии в виде двумерного графа. На первом этапе разработки онтологии происходит определение классов и иерархии классов (рис.1).

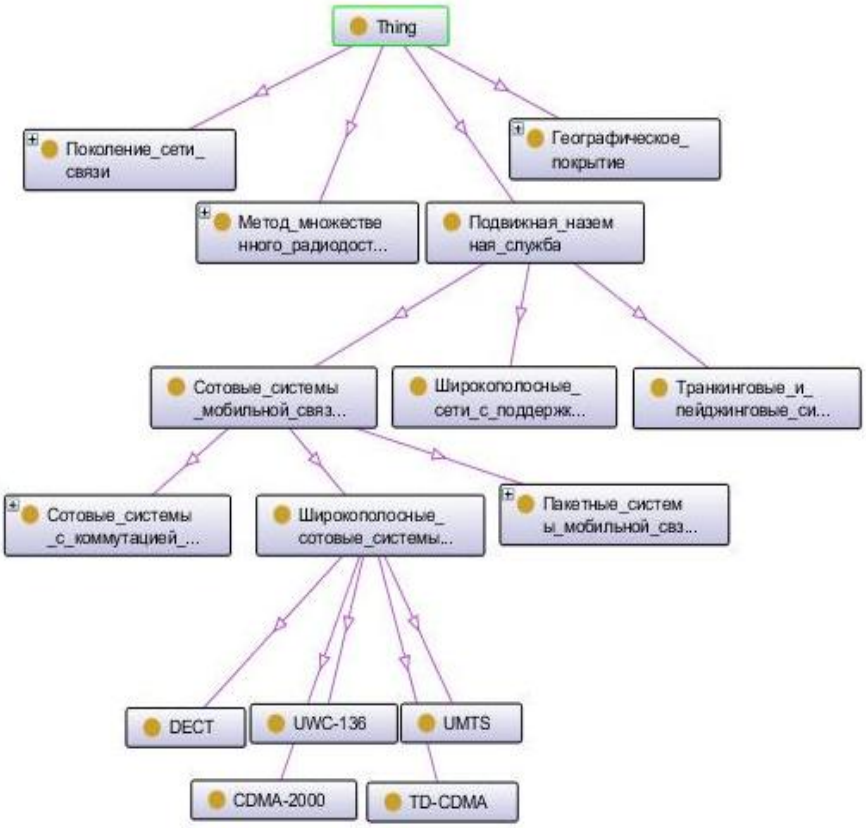


Рис.1. Иерархия классов онтологии

Следующим этапом разработки является определение свойств для каждого класса, ограничений и типов значений свойств. По завершению редактирования онтологии используется блок рассуждений FaCT++ для определения возможных несоответствий в онтологии. Завершающий этап создания онтологии – это конвертация в OWL-формат. С помощью среды Python WikipediaBot Framework создается структура информационной системы на основе пустого Wiki-сайта. Используя встроенные в Semantic MediaWiki средства необходимо осуществить импорт онтологии в Wiki-систему. При этом добавляются нужные страницы, с указанием необходимых атрибутов, расставляются категории и выставляются нужные связи. Также все атрибуты экземпляра онтологии будут указаны в качестве атрибутов на странице, соответствующей этому экземпляру. Созданную систему можно дорабатывать, добавляя в нее новые Wiki - страницы. Сама онтология при этом не изменяется и ее можно повторно использовать в других проектах [4].

Рассмотренный в работе подход к построению информационных систем базируется на использовании онтологий и семантических Wiki-технологий. Использование метода создания Wiki-систем на основе онтологий дает возможность создавать информационные системы в области телекоммуникаций с четкой структурой и согласованной системой понятий.

Литература

1. Help:User manual/Semantic MediaWiki – http://semantic-mediawiki.org/wiki/Help:User_manual – 13.01.2012

2. Клещев А. С. Отношения между онтологиями предметных областей. Ч. 1. Онтологии, представляющие одну и ту же концептуализацию. Упрощение онтологии / А.С. Клещев, И.Л. Артемьева // Информационный анализ, В.1, С.2, 2002. – С.4-9.

3. Protege – http://protege.stanford.edu/ – 09.03.2012

4. Rogushina J. Semantic Search of Internet Information Resources on Base of Ontologies and Multilinguistic Thesauruses / J Rogushina., A Gladun. // International Journal «Information Theories and Applications», vol.14, 2006.-P.117 – 129.

УДК 004.822

ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ СЕРВИСОВ В ПРОСТРАНСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОРТАЛОВ

Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л.
Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»
E-mail: lgloba@its.kpi.ua, rinan@ukr.net

An approach to service integration into the space of information portals

In the paper the approach to the internet portal designing is shown as well as linking model for computational tasks is described.

В настоящее время существует огромное количество подходов к проектированию порталов знаний ориентированных на определенную предметную область (основной целью которых являются качественное представление информации в какой-то определенной предметной области). Работа с такими порталами знаний направлена на получение данных и знаний путем поиска либо решения каких либо задач. Для того что бы реализовать качественное представление знаний, осуществить структуризацию и систематизацию информации, организовать поиск и навигацию при проектировании порталов такого рода в настоящие время используют различные семантические модели знаний. Одной из таких моделей является онтологическая модель [1, 2]. Однако современные требования к порталам включают не только работу с информационным пространством порталов, но и наличие возможности выполнения некоторых расчетных задач связанных с предметной областью.
Так, к примеру, при построении Интернет-портала знаний в области прочности материалов [2] можно выделить следующие расчетные задачи[3]:

- Расчет на прочность силовых элементов магнитных систем ИТЭР.
- Выбор основных параметров.
- Определение размеров корпусов катушек реакторов с арочным распором.
- Определение расчетной толщины стенки корпуса.
- Толщина стенки корпуса наружной ноги.
- Определение величины s_2.
- Прочность поперечного сечения стяжек.
- И проч.

Одним из основных требований к такому порталу является наличие в его информационном пространстве возможности решать задачи, перечисленные выше, задавая данные из вне.

Поскольку главным отличием предложенного портала от других является наличие в его функционале возможности реализации различных расчетных задач, то важным этапом проектирования портала является выбор моделей и методов анализа связности и последовательности активации элементов функционирования портала (сервисы, данные, информационные ресурсы, хранилища данных и т.д.).

Интеграция вычислительных ресурсов в информационную среду портала предполагает решение следующих задач:

- описание элементов функционирования портала;
- описание взаимодействия элементов;
- описание связности элементов.

Указанные выше требования предложено решить следующим образом [4]:

- создание метаописаний для каждого элемента функционирования портала;

- моделирование бизнес процессов, происходящих на портале в процессе его функционирования;
- описание связей между элементами с использованием теории множеств.

Таким образом для (разработки, представления)реализации расчетных задач при проектировании портала предлагается использовать некую Модель Связности (рис. 1). Эта модель предполагает интеграцию, функционирование, объединение и параллельное использование трех компонентов, каждый из которых будет отвечать за реализацию своего направления в описании и организации элементов для выполнения расчетных задач.В результате правильного использования данной модели представится возможным реализовать качественную кооперацию сервисов и хранилищ данных, что позволит организовать эффективность их взаимосвязи и минимизировать время и ресурсы, затраченные на поиск и связывание необходимого сервиса и данных.

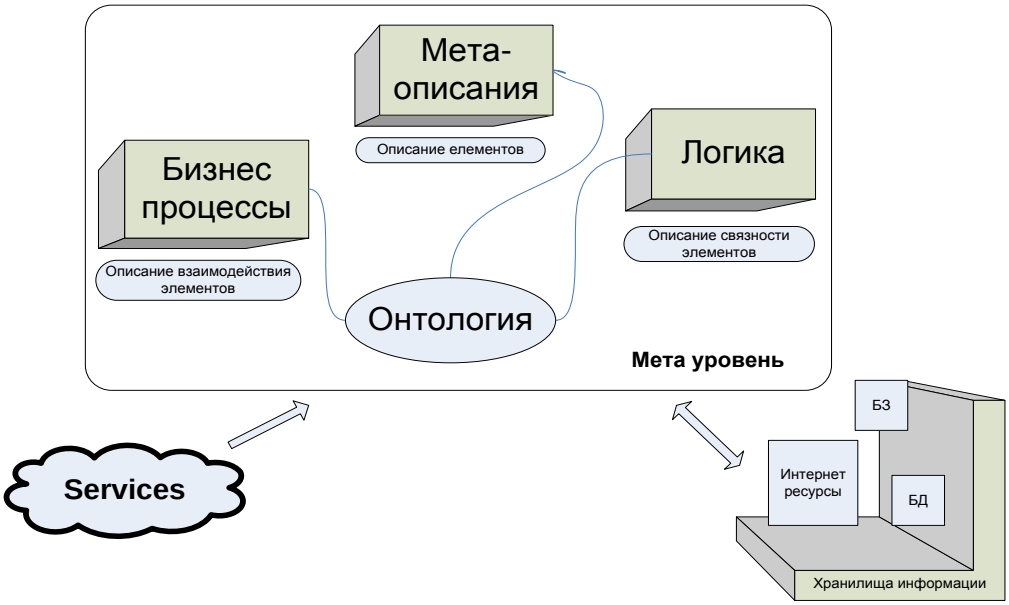


Рис. 1. - Модель Связности

1 компонента–А*лгоритмизация* (Правила)

Алгоритмизация - реализация правильной последовательности взаимодействия. Для каждой вычислительной задачи прочности материалов существует определенный набор шагов, который необходимо выполнить для ее реализации, таким образом, прописывание жесткого алгоритма является необходимой часть при проектировании задач. Статические, прописанные этапы выполнения расчета позволят определить последовательность выполнения этапов расчета. Различные задачи могут иметь некоторые одинаковые этапы, либо же использовать, к примеру, одинаковые формулы на некотором этапе вычисления.

2 компонента - *Метаописания*

Метаописания - описание элементов. Алгоритмизация позволит жестко описать последовать этапов, а для идентификации самих данных и сервисов, которые будут подтягиваться на определенном этапе необходимо иметь некое описание каждого из элементов. Для этого каждому элементу в соответствие ставится метаописания – определенный набор атрибутов, характеристик и параметров, используя которые будет происходить его однозначная аутентификация, позволяющее однозначно определить элемент.

3 компонента - *Логика*

Логика - анализ связности и взаимодействия, формализация. В результате наличия двух описанных выше компонентов модели имеется последовательность действий для

расчетной задачи, а также описания каждого элемента задействованного в расчетных задачах, однако открытым остается вопрос какой именно из элементов для какой расчетной задачи используется и на каком этапе. С помощью прописывания логических функций связности элементов, можно однозначно определить, для какой расчетной задачи этот элемент предназначен. Также, за счет наличия логических связей, становится возможным одиножды описав элемент определить его принадлежность (возможность его использования) для нескольких расчетных задач или же для нескольких этапов в алгоритме одной расчетной задачи.

Для реализации определенных расчетных задач использовались различные сервисы. Далее рассмотрим градацию и краткое описание сервисов, использующихся при построении портала. При построении портала использовались следующие виды сервисов:

- Внешние – относящиеся к общей работе (общим функциям) портала.
- Внутренние / ориентирование на специфичные задачи – сервисы, использующиеся в специфичных (присущих именно этому порталу) заданиях.

Примером общих сервисов могут быть:

– сервис просмотра (для просмотра информации),

– сервис поиска (для реализации функции стандартного поиска, для поиска данных, для поиска расчетных задач, для поиска сервисов реализующих расчетные задачи).

В качестве примера внутренних сервисов можно привести:

– вычислительные сервисы (сервисы, которые используются для расчетов - калькуляции),

– сервисы подбора (реализующие следующие функции портала: подбор материала по заданному пользователем свойствам / характеристикам, подбор свойств / характеристик материалов заданных пользователем, подбор свойств / материалов наиболее удовлетворяющих заданию / требованиям пользователя).

В результате проведенных исследований была предложена модель позволяющая интегрировать расчетные задачи в информационные пространства интернет порталов учитывая специфику предметной области.

Литература

1. *Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л.* Подход к построению интернет-портала инженерных знаний.// Труды X международной научной конференции имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации». Киев, 2010, С. 53-62.
2. *Загорулько Ю.А., Боровикова О.И.* Технология построения онтологий для порталов знаний по гуманитарным наукам // Труды Всероссийской конференции с международным участием “Знания-Онтологии-Теории ”(ЗОНТ-07). Новосибирск, 2007. Т.1, С.191-200.
3. *Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л.* Систематизация информационных ресурсов Интернет-портала «Прочность материалов», Вісник Харк. нац. ун-ту імені В. Н. Каразіна, серія "Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління". - Вип. 16, № 927, 2011.
4. *Зубченко А. С.* Марочник сталей и сплавов, Издательство "Машиностроение", 2001. – 663с.
5. *Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л***.** Модели и методы интеграции информационных и вычислительных ресурсов.// Труды второй международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» OSTIS-2012. Минск, 2012, С.

УДК 004.7.052:004.414.2

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТЬЮ

Савченко А.С.
Национальный авиационный университет
E-mail: alina@inet.ua

Method of optimal control computer network

The development of computer network management system using the principles of optimality is an urgent task. In order to develop optimal solutions in the operation of the network justified the use of extended work A.A. Krasovskogo. This problem is too complicated even for a single solution in the presence of a complete a priori information about the parameters and the status of a complex system. In this paper we propose a modified criterion of generalized work. The use of information loss function with a Gaussian conditional probability density to simplify finding the optimal control at each moment of time.

Анализируя эффективность работы современных вычислительных и, в первую очередь, крупных корпоративных сетей, можно сделать вывод о неоптимальном использовании сетевых ресурсов. Зачастую наблюдается ситуация с кратковременной загрузкой сети на максимально допустимом уровне, остальное время используется меньше половины пропускной способности телекоммуникационных каналов.

Существующие системы управления, несмотря на их функциональную избыточность, в действительности сетью не управляют, а всего лишь осуществляют ее мониторинг и регистрацию фактов нарушения работы. После чего администратор, основываясь на личном опыте и знаниях, оценивает полученную информацию и предпринимает соответствующие действия, не всегда оптимальные в силу различных причин.

Поэтому разработка автоматизированной системы управления вычислительной сетью с использованием принципов оптимальности является актуальной задачей.

Для выработки оптимальных решений в процессе функционирования вычислительной сети необходимо в реальном времени решать многомерную задачу оптимального управления. Для гетерогенной сети с частично наблюдаемым состоянием решение такой задачи с использованием, например, принципа максимума Понтрягина практически недостижимо.

Использование так называемого критерия или функционала обобщенной работы, предложенного А.А. Красовским [1, 2], позволяет преодолеть трудности решения данной задачи.

Вычислительную сеть можно считать системой с дискретным временем, а затраты на управление (расход информационных и энергетических ресурсов) изменяющимися по квадратичной зависимости. Тогда, в соответствии с методом А.А.Красовского, для достижения оптимального решения в каждый текущий момент времени необходимо минимизировать классический функционал обобщенной работы с аддитивными квадратичными функциями затрат на управление и дискретным временем вида

$$I = V_3\left[y[n_k], n_k\right] + \sum_{n=n_{k-1}}^{n_k-1} Q_3\left[y[n], n\right] + 0,5\sum_{n=n_{k-1}}^{n_k-1}\left[u^T[n]D^{-1}u[n] + u_{\text{opt}}^T[n]D^{-1}u_{\text{opt}}[n]\right], \qquad (1)$$

где $y = Y\left(y_0, a, n, n_{k-1}\right)$ – вектор-функция оптимальных решений, дифференцируемая или кусочно-дифференцируемая (с конечным или хотя бы счетным числом разрывов первого рода частных производных);

a – вектор отказов, сбоев, отклонений параметров системы управления от стандартных;

$u[n]$ – вектор текущих управлений;

$u_{\text{opt}}[n]$ – вектор оптимальных управлений, неизвестных до начала решения задачи;

$D = diag(d_1,...,d_r)$ – заданная диагональная матрица отклонений параметров системы управления;

$y[n_{k-1}] = y_0$ – вектор начальных условий на каждом очередном этапе поиска оптимального решения.

Если функционал (1) линеен относительно управлений, то минимум ему доставляет решение вида

$$u_{opt} = -DB^T \left[V_3\left(Y\left(y,a,n_k,n\right)\right) + \sum_{n=n_{k-1}}^{n_k-1} Q_3\left(Y\left(y,a,n,n_{k-1}\right),n\right) \right], \qquad (2)$$

где V_3, Q_3, B – матрицы, коэффициенты которых полностью определяются параметрами сети.

Однако, следует заметить, что задача оптимального управления по критерию обобщенной работы также оказывается слишком сложна, даже для однократного решения при наличии полной априорной информации о параметрах и состоянии сложной системы, каковой является вычислительная сеть. Поэтому вышеизложенный метод требует усовершенствования.

Последняя составляющая критерия обобщенной работы (1) трактуется как сумма работ, совершаемых управлениями и управляющими сигналами, и может выражать не энергетические, а информационные затраты, или и то, и другое вместе [3]. Например, может учитывать информационные затраты на расширение полосы пропускания, резервирование ресурсов, передачу дополнительной управляющей информации и т.д.

Поскольку расходы на управление ТКС являются информационным (энтропийным) критерием, то целесообразно для упрощения задачи в качестве функции потерь использовать именно информационную функцию вида [4]:

$$C(\lambda, s) = -\ln w(s \mid \lambda), \qquad (3)$$

где $w(s \mid \lambda)$ – условная плотность вероятности параметра s, если принято решение с оценкой λ.

Информационный критерий (3) можно интерпретировать как меру неопределенности относительно параметра s, если известна оценка λ. Для характеристики качества оценки можно принять среднее значение функции потерь, которое будет учитывать все возможные типы поведения системы оценки, все виды ошибок и относительные частоты их появления.

Функция потерь должна быть минимальна или равна нулю при текущем состоянии системы равном оптимальному, и быть больше нуля в противном случае [5], т.е. подчиняться условию

$$C(\lambda, s) = C\{y, y[n_k]\} = \begin{cases} 0, & \forall y[n_k] = y; \\ > 0, & \forall y[n_k] \neq y, \end{cases} \qquad (4)$$

где $y = Y\left(y_0, a, n, n_{k-1}\right)$ – вектор-функция оптимальных решений, дифференцируемая или кусочно-дифференцируемая (с конечным или хотя бы счетным числом разрывов первого рода частных производных); $y[n_k]$ – текущее состояние системы.

Вид информационной ФП напрямую зависит от условной плотности вероятности оцениваемого параметра. Известно [4, 5], что при неограниченном увеличении отношения сигнал/шум при приеме известного сигнала на фоне аддитивных нормальных помех апостериорное распределение оцениваемого параметра сходится к нормальному. В случае «большого параметра» (отношения сигнал/шум или отношения длительности интервала наблюдения к полученным значениям) в малой окрестности точки оптимума ошибка наблюдения может быть аппроксимирована гауссовской кривой [6]. Кроме того, чем сложнее система массового обслуживания, чем больше в ней каналов, тем точнее оказываются приближенные формулы, полученные с помощью марковской теории [7]. А использование Гауссового приближения практически может быть оправдано эффектом нормализации

законов распределения в сложных системах. Поэтому использование в качестве условной плотности вероятности для выражения (3) гауссовской кривой является вполне оправданным. Таким образом, после некоторых несложных преобразований, информационный критерий для задачи управления вычислительной сетью будет иметь вид:

$$C(\lambda, s) = -\ln w(s \mid \lambda) = \frac{(y[n] - y[n_k])^2}{2\sigma^2}. \quad (5)$$

где $y[n]$ – оптимальное (желаемое) состояние системы; $y[n_k]$ – текущее состояние системы; σ^2 – дисперсия апостериорного распределения $y[n_k]$.

Для упрощения задачи нахождения оптимального управления по критерию обобщенной работы в выражении (2) необходимо заменить $D = diag(d_1, ..., d_r)$ – диагональную матрицу отклонений параметров системы управления на указанную информационную функцию потерь (5):

$$u_{opt} = -\frac{(y[n] - y[n_k])^2}{2\sigma^2} B^T \left[V_3\left(Y\left(y, a, n_k, n\right)\right) + \sum_{n=n_{k-1}}^{n_k - 1} Q_3\left(Y\left(y, a, n, n_k\right), n\right) \right]. \quad (6)$$

Таким образом, в работе предложен модифицированный критерий обобщенной работы для случая управления вычислительной (и в частности крупной корпоративной) сетью. Использование информационной функции потерь с гауссовской условной плотностью вероятности позволяет упростить нахождение оптимального управления в каждый текущий момент времени. В случае совпадения оптимального (желаемого) и наблюдаемого состояний системы первый множитель выражения (6) и, соответственно, значение оптимального управления, будут равны нулю.

Литература

1. Справочник по теории автоматического управления. Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 712 с.
2. Савченко А.С. Концептуальная модель системы управления крупной корпоративной сетью // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2011. – Вип. 2(34). – С. 120-128.
3. Красовский А.А. Развитие принципа минимума обобщенной работы / А. А. Красовский // АиТ. – 1987. – № 1. – С. 13–23.
4. Куликов Е.И., Трифонов А.П. Оценка параметров сигналов на фоне помех. – М.: Сов. Радио, 1978. – 296 с.
5. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. Пер с англ. под ред. проф. Б.Р. Левина. – М.: Связь, 1976. – 496 с.
6. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
7. Казаков И.Е. Статистическая динамика систем с переменной структурой. – М.: Наука, 1977. – С. 341.

Секція 4. Засоби телекомунікаційних систем

УДК 627.372

ВПЛИВ ДОВЖИНИ ШЛЕЙФУ НА ПАРАМЕТРИ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ РЕЗОНАТОРНОЇ АНТЕНИ НА МІКРОСМУЖКОВІЙ ЛІНІЇ

Трубаров І. В.
НТУУ «КПІ», НДІ Телекомунікацій
E-mail: trubarov_igor@mail.ru

The Impact of Stub Length on the Parameters of the Dielectric Resonator Antenna Fed by Microstrip Line

The dependences of key parameters of the DRA fed by microstrip line on the stub length are obtained and experimentally verified.

У сантиметровому діапазоні довжин хвиль широке застосування знайшли діелектричні резонаторні антени (ДРА), у яких у якості фідера застосовується мікросмужкова лінія (МСЛ), а випромінювачами є циліндричні діелектричні резонатори (ДР). При цьому ДР може бути розміщений ортогонально відносно живлячої МСЛ (рис. 1, а). У подібній одноелементній ДРА половина об'єму ДР знаходиться всередині екрануючого корпусу і зв'язана з живлячою лінією, а решта знаходиться ззовні конструкції і забезпечує випромінювання у навколишній простір (рис. 1, б). У даній роботі досліджується вплив довжини смужкового шлейфу A_s (рис. 1, а) на пареметри пристрою: робочу частоту, робочу смугу та коефіцієнт відбивання.

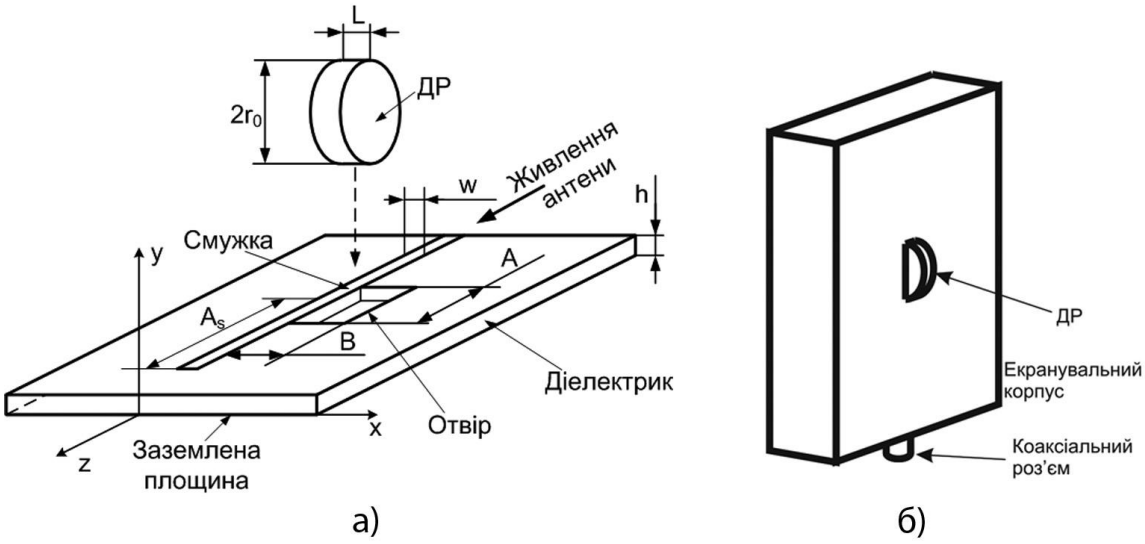


Рис. 1. Конструкція (а) та зовнішній вигляд (б) ДРА із ортогональною орієнтацією ДР відносно НСЛ

Для циліндричного ДР, зв'язаного ортогонально з нескінченною узгодженою МСЛ матриця розсіювання може бути представлена у вигляді [1]:

$$S = \frac{1}{1+K_w+K_{os}+j\xi}\begin{bmatrix} K_w & 1+K_{os}+j\xi \\ 1+K_{os}+j\xi & K_w \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де $K_w = \frac{P_w}{P_t}, K_{os} = \frac{P_{os}}{P_t}$ – коефіцієнти зв'язку ДР відповідно з МСЛ та відкритим простором;

$\xi = Q_D\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right) \approx 2Q_D\left(\frac{f}{f_0} - 1\right)$ – відносне розстроювання частоти;

P_w, P_{os} – потужності хвиль, перевипромінюваних резонатором відповідно у МСЛ та відкритий простір; P_t – потужність теплових втрат в об'ємі ДР; Q_D – добротність матеріалу ДР; f – частота; f_0 – резонансна частота ДР для моди H_{101}.

Якщо МСЛ не є нескінченною, а навантажена на комплексний опір із коефіцієнтом відбивання R, тоді коефіцієнт відбивання такої структури (рис. 1, а) визначається співвідношенням [2]:

$$r = S_{11} + S_{12}S_{21}\frac{R \cdot e^{-j2\Theta}}{1 - S_{22}R \cdot e^{-j2\Theta}}, \quad (2)$$

де $\Theta = 2\pi\frac{l}{\lambda}$; $l=A_s$ – довжина шлейфу; λ – довжина хвилі в лінії.

Підставляючи S_{ij} з (1) у (2), отримуємо:

$$r(\xi,\Theta) = \frac{R - K_wR + K_w\cos 2\Theta + K_{os}R + j\left(\xi R + K_w\sin 2\Theta\right)}{1 + K_w - RK_w\cos 2\Theta + K_{os} + j\left(\xi + RK_w\sin 2\Theta\right)}e^{-j2\Theta} \quad (3)$$

Для визначення частоти (або розстроювання ξ), на якій коефіцієнт відбивання найменший, необхідно розв'язати рівняння $\frac{\partial}{\partial\xi}|r(\xi,\Theta)| = 0$. Інтерес представляють короткозамкнений та розімкнутий шлейфи, тобто випадки $R=1$ (ХХ) та $R=-1$ (КЗ), для яких значення оптимального розстроювання:

$$\xi_{opt} = -RK_w\sin 2\Theta \quad (4)$$

Підставляючи (4) у (3), можна побудувати залежність коефіцієнту відбивання (найменшого його значення) короткозамкненої або розімкнутої структури від довжини шлейфу. У випадку мікросмужкової лінії зручніше за все використовувати розімкнутий шлейф ($R=1$).

Було розглянуто антену (рис. 1, а) з робочою частотою $f_0=2.6$ *ГГц* і коефіцієнтами зв'язку, рівними $K_w=4.5$, $K_{os}=5.33$ (вирази для обчислення даних коефіцієнтів наведені відповідно у [3] та [4]). Добротність ДР становила Q_D=1300. Для такої антени були розраховані теоретичні залежності коефіцієнту відбиття та проведено обчислювальний експеримент – для кожного значення довжини шлейфу система моделювалася методом кінцевих елементів із подальшим визначенням коефіцієнту відбивання (рис. 2). Через розстроювання (4) можна визначити відносне зміщення резонансної частоти в залежності від довжини шлейфу та побудувати відповідну характеристику (рис. 2):

$$\frac{f_r - f_0}{f_0} = \frac{\xi_{opt}}{2Q_D} = -\frac{K_wR}{2Q_D}\sin 4\pi\frac{l}{\lambda}.$$

Для кожного значення довжини шлейфу l будувалася характеристика зворотніх втрат та визначалася робоча смуга структури, залежність якої від l/λ також зображено на рис. 2.

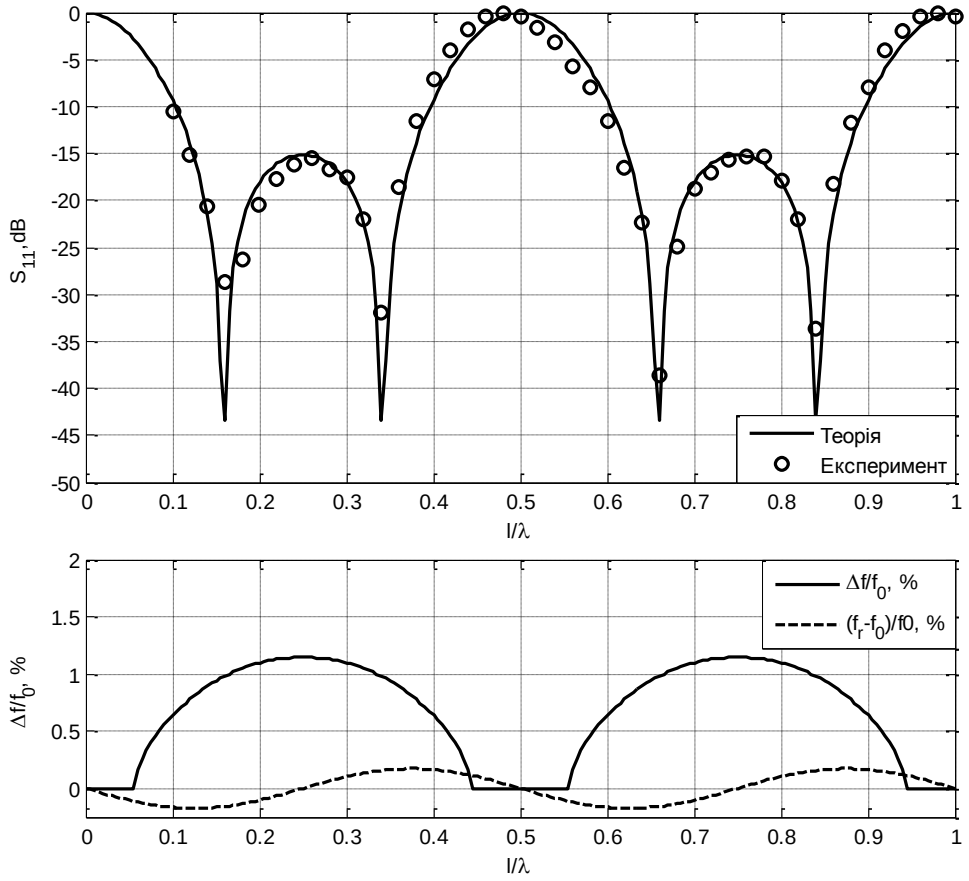


Рис. 2. Залежності коефіцієнту відбивання, зміщення резонансної частоти $(f_r-f_0)/f_0$, та робочої смуги частот (за рівнем -3 дБ) від електричної довжини шлейфу l/λ

Висновки

У випадку розімкнутого шлейфу базовим значенням його довжини є $l=\lambda/4$. Як видно з рис. 2, змшнюючи довжину шлейфу, можна значно зменшити зворотні втрати, покращуючи таким чином узгодження антени із живлячим трактом. Однак, при зміненні l змінюються також резонансна частота та робоча смуга антени. Для досліджуваної антени відхилення резонансної частоти не перевищувало 0.3 %, а максимальне значення ширини робочох смуги у 1.2 % досягається при $l=\lambda/4$. Таким чином, зменшення зворотніх втрат призводить до зменшення робочої смуги антени.

Література

1. *Ильченко М. Е., Кудинов Е. В.* Ферритовые и диэлектрические резонаторы СВЧ. – К.: Изд-во КГУ. – 1973. – 175 с.
2. *Фуско В.* СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование: Пер. с англ. – М.: Радио и связь. – 1990. – 288 с.
3. *Трубаров И. В.* Коэффициент связи цилиндрического диэлектрического резонатора с несимметричной полосковой линией с ортогональной взаимной ориентацией // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія – Радіотехніка. Радіоапаратуробудування. – 2011. – Вип. 44. – С. 97–104.
4. *М. Е. Ильченко, А. А. Трубин.* Электродинамика диэлектрических резонаторов. – Киев: Наукова думка – 2004.

УДК 621.317

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW

Савочкин А.А. , Слободенюк А.А.
Севастопольский национальный технический университет Украины «СевНТУ», г. Севастополь, Украина
E-mail: alexandrslobodeniuk@gmail.com

Device for measuring the parameters of harmonic signals based programming environment LABVIEW

This article describes how to use LabVIEW graphical programming language for creating various devices, based on a personal computer (PC) (low-frequency instrument to measure frequency, amplitude and phase shift of harmonic signals)

В учебном процессе вузов и на предприятиях при проведении научных исследований используется широкий спектр измерительного оборудования, которое не всегда удобно в использовании, поскольку не обеспечивает требуемый набор сервисных функций. В некоторых случаях целесообразно использование виртуальных измерительных приборов. С помощью программного обеспечения LabVIEW возможно заменить часть парка измерительных приборов на программные аналоги, отвечающие необходимым требованиям [1].

Целью данной работы является создание прибора для радиотехнической лаборатории, который позволил бы определять параметры двухканального источника гармонических сигналов. При этом сигналы подаются на линейный вход звуковой карты персонального компьютера (ПК). Данный прибор должен проводить измерение частоты и амплитуды гармонического сигнала, а также определять сдвиг фаз двух таких сигналов относительно друг-друга. На рис. 1 изображена структурная схема прибора.

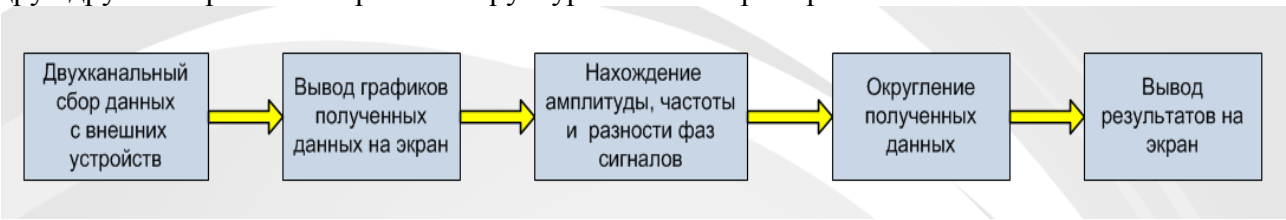


Рис. 1 — Структурная схема виртуального прибора

Рассматриваемый прибор был реализован в среде программирования *LabVIEW* с помощью специальных модулей (виртуальных приборов). Количество этих модулей зависит от установленных дополнений, также поддерживается возможность самостоятельного написания модулей в самой программе или языке программирования *C*++[1,2].

На рис. 2 изображена графико-модульная схема разработанного прибора, выполненная в среде программы.

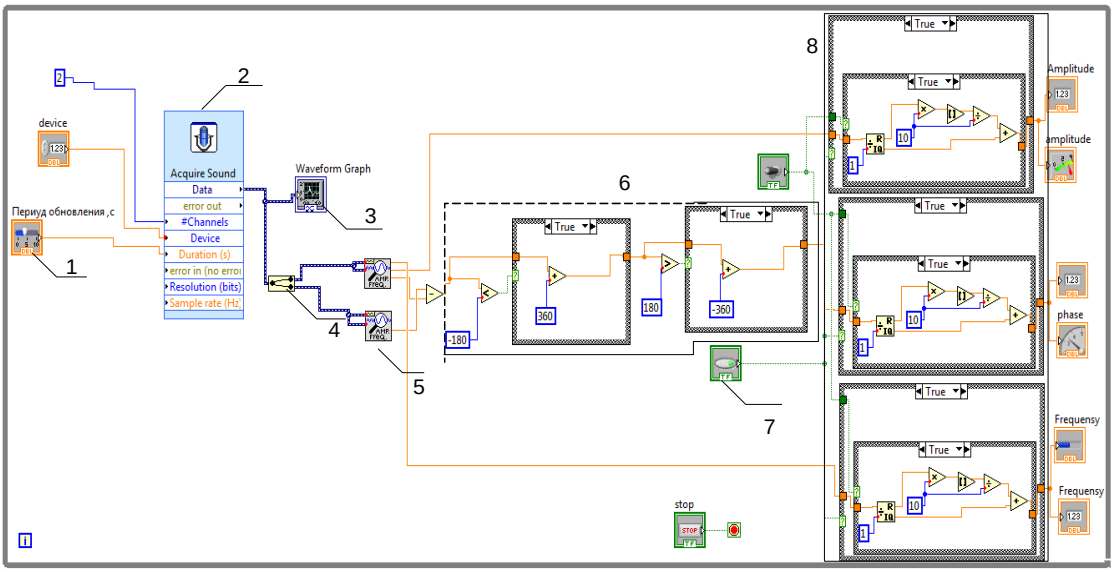


Рис. 2 — Мнемограмма реализованного прибора

Программная реализация данного устройства была выполнена на основе модулей *Acquire Sound* и *Extract Single Tone Information*, а также последовательностей простейших математических операций.

На рис. 2 использованы следующие обозначения графических элементов:

1 — виртуальный графический индикатор, который позволяет определить заданные пользователем числовые данные. Этот индикатор, также отображается на лицевой панели прибора, где и происходит ввод пользователем данных[3];

2 — *Acquire Sound,* который выполнен в виде виртуального прибора предназначенного для сбора данных с линейного входа звуковой карты персонального компьютера. Имеет возможность сбора аналоговых данных с двух каналов (левого и правого) [1];

3 — виртуальный прибор, позволяющий производить построения графиков полученных данных (осциллограмм) на лицевой панели[1,3];

4 — *Split Signals Function* выполнен в виде функции, позволяющей разделить комбинированный сигнал на отдельные составляющие или дублировать его. В данном случае применяется для разделения сигнала на левый и правый каналы;

5 — *Extract Single Tone Information,* который реализован в виде модуля, производящего вычисление сдвига фазы сигнала;

6 — набор простейших алгебраических действий (включая булеву алгебру), позволяющий производить калибровку полученных значений сдвига фазы для области значений от –180° до +180°;

7 — простейший графический переключатель, имеющий два положения: «0» и «1» [1];

8 — циклы простейших алгебраических действий, при включении которых производиться округление полученных результатов.

На рис. 3 показан внешний вид лицевой панели разработанного устройства при подаче на его вход гармонических сигналов от измерительного генератора частотой 1 кГц при сдвиге фаз 47°.

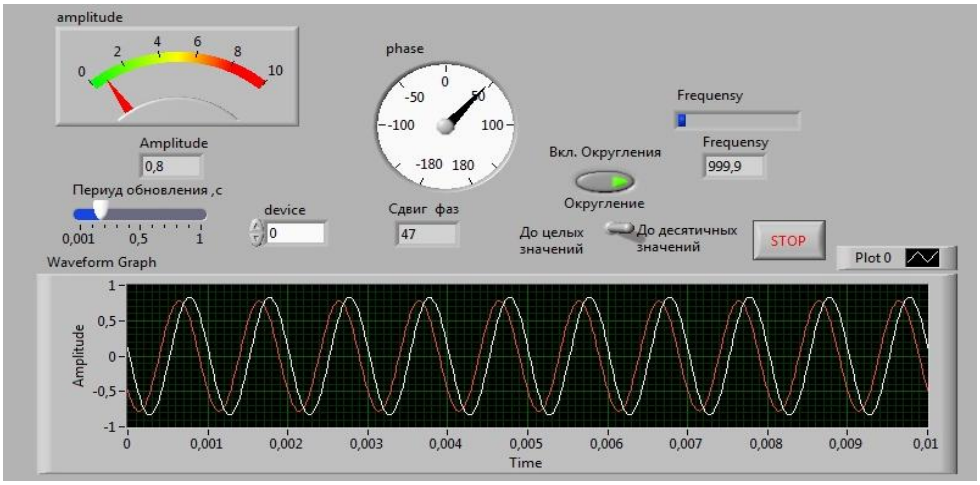


Рис. 3 — Лицевая панель разработанного устройства

Практическое исследование и отработка выбранных решений выполнялись на ПК фирмы Acer с процессором Intel Atom n270 (частота 1,6 ГГц) и встроенным звуковым адаптером Realtek AC97 с 32 битной операционной системой Windows 7, а также на ПК с процессором AMD Phenom II X4 Black Edition 965 (частота 3,4 ГГц) и звуковым адаптером VIA VT1708S на основе 64 битной версии Windows 7. Для построения виртуального прибора использовалась студенческая версия среды разработки приложений NI LabVIEW 8.6.

Литература

1. Савочкин А.А. Особенности реализации низкочастотного анализатора спектра в среде графического программирования LabVIEW / А.А. Савочкин, А.А. Слободенюк, С.И. Олейник // IX - научно-практическая конференция «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments». Сборник трудов конференции. — Москва, 2010. — С. 128 — 130.
2. Батоврин В.К. LabVIEW. Практикум по основам измерительных технологий / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В. Ф. Папуловский. — М.: ДМК пресс, 2005.—208 с.
3. Трэвис Д. LabVIEW для всех / Д. Трэвис, Д. Кринг. — М.: ДМК пресс, 2008. — 880 с.

УДК 621.396

АЛГОРИТМ АФІННИХ ПРОЕКЦІЙ З ЛІНІЙНИМИ ОБМЕЖЕННЯМИ НА ОСНОВІ КРИТЕРІЯ СТАЛОСТІ МОДУЛЯ ОГИНАЮЧОЇ СИГНАЛУ ДЛЯ АДАПТИВНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК З ВИКОРИСТАННЯМ ФАЗОВОГО РАДІОПЕЛЕНГАТОРА В СИСТЕМАХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Буділовський О.В., Якорнов Є.А.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: budilovskiy@ukr.net

The linear-affine projection algorithm limited based on the constant modulus criterion for adaptive antenna arrays with using a phase radio direction finder in the radio system

The given work is devoted to modern methods of digital signal processing for adaptive antenna arrays. By combining these methods the paper describes the linear-affine projection algorithm limited with variable step size convergence where the reference signal is information about the direction of the radio source. This algorithm is designed to control an adaptive antenna array. The comparison of the methods considered by speed and quality of adaptation.

В основі функціонування адаптивних антенних решіток (ААР) лежать алгоритми адаптивної фільтрації, за допомогою яких постійно ведеться розрахунок вагових коефіцієнтів (ВК) та вихідного сигналу ААР. Особливістю функціонування ААР в системах радіозв'язку є часта відсутність опорного сигналу, який може бути замінений знанням кутового напрямку на джерело корисного сигналу (КС) або знанням його часової форми. В першому випадку адаптивні алгоритми будуються на основі лінійно-обмежених критеріїв (Linearly Constrained, (LC)), а в іншому – на основі критеріїв сталості модуля огинаючої сигналів (Constant Modulus, (CM)). Однак LC алгоритми чутливі до когерентних завад, а CM алгоритмам притаманно визначати джерело завад як джерело КС, орієнтуючи основний пелюсток характеристики спрямованості (ХС) ААР в напрямку джерела перешкоди і придушуючи КС. Таке можливо, якщо радіосигнали, як корисного, так і джерела завади, мають сталість огинаючої його часової форми, наприклад сигнали частотної або фазової модуляції або маніпуляції різних абонентів, що обслуговуються однією і тією ж базової станцією.

В доповіді в якості пристрою, що дозволяє визначати напрямок на джерело радіовипромінювання, запропоновано використовувати у складі ААР фазовий радіопеленгатор (ФРП), структурна схема і принцип роботи якого розкриті в роботі [1]. Так як напрямок на джерело КС може бути отримано при використанні ФРП, то введення лінійних обмежень, утримуючих основний пелюсток ХН ААР в кутовому напрямку на джерело ПС, в адаптивний алгоритм розрахунку ВК на основі CM-критерію дозволяє ААР ефективно функціонувати при наявності когерентних завад.

В доповіді пропонується використання комбінації LC-алгоритму з алгоритмом афінних проекцій (Affine Projection, (AP)) з обчислювальною складністю $V(N)$, де N – кількість антенних елементів ААР і проводиться порівняння розглянутого алгоритму афінних проекцій з лінійними обмеженнями на основі критерію сталості модуля огинаючої сигналів зі зміним кроком збіжності (LC CM AP) та рекурсивного алгоритму на основі критерію найменших квадратів з лінійними обмеженнями на основі критерію сталості модуля огинаючої сигналів (LC CM RLS), що висвітлюється в роботі [2]. Оскільки LC алгоритми характеризуються більш повільнішою швидкістю збіжності та більшими значеннями залишкових помилок в усталеному режимі в порівнянні з рекурсивними алгоритмами на основі критерію найменших квадратів (Recursive Least Squares, (RLS)) з

обчислювальною складністю $V(N^2)$, то покращенням АР-алгоритму є використання змінного кроку збіжності, де способом змінення кроку є градієнтній пошук. Адаптивні алгоритми на основі СМ критерію застосовуються для обробки інформаційних сигналів, що характеризуються постійним значенням модуля огинаючої, наприклад, сигналів з Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) модуляцією.

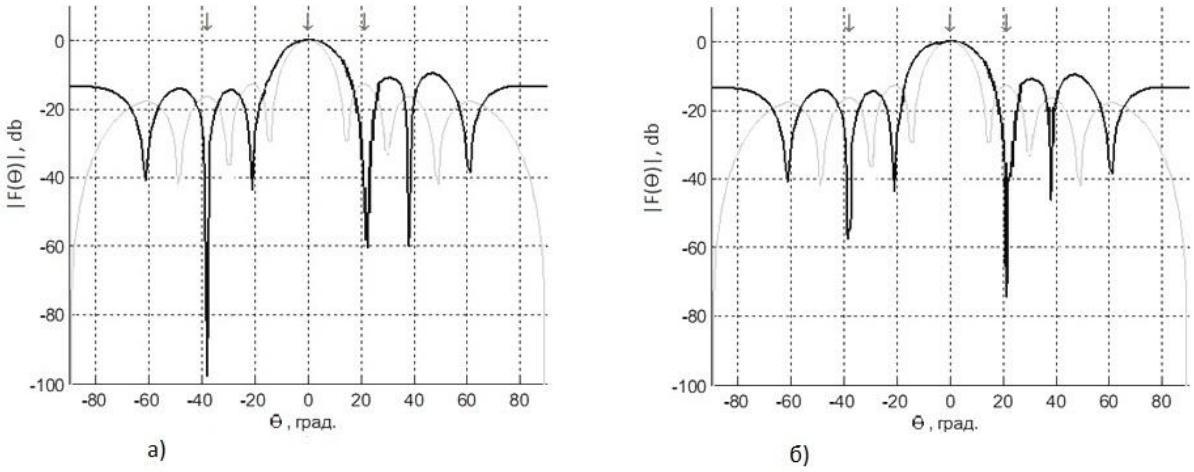


Рис. 1. Придушення сигналів двох джерел завад в лінійній ААР з $N = 8$ при використанні алгоритму: а) LC CM RLS, б) LC CM AP

На рис. 1 зображенні результати моделювання процесів придушення сигналів двох джерел завад в лінійній ААР з $N = 8$ і $d_0 = 0.5\lambda$, де сірим кольором позначена початкова ДС ААР, а чорним кольором – ДН ААР в усталеному режимі після адаптації за допомогою одного з алгоритмів. Антені елементи є не спрямованими. В якості КС використовувався сигнал QPSK з $|a_i| = 1$, де $|a_i| = \sqrt{a_i^* a_i} = s = const$ – модуль огинаючої інформаційних символів (постійна величина для СМ-сигналів, відома на приймальній стороні). Рівень цього сигналу був прийнятий за 0 дБ. Напрямок на його джерело обрано як $\theta_S = 0^\circ$, а напрямки на джерела завад обрано як $\theta_{J_1} = 21^\circ$ и $\theta_{J_2} = -38^\circ$. Напрямок на джерела завад співпадали з максимумами двох бокових пелюсток ХС ААР, а напрямок основного пелюстка співпадав з θ_S. Відношення сигнал - завада для кожної з завад, модульованими білим шумом, дорівнює –20 дБ. Параметр $\mu(k)$, $0 \le \mu(k) \le 1-$ шаг збіжності, обраний рівним постійному значенню 0.0001 для отримання результатів на рис.1. При цій величині алгоритмом забезпечується майже таке ж значення провалів в діаграмі ХС $F(\theta_J)$ в напрямку на джерела завад як у випадку використання LC RLS алгоритму [2] (рис.1, а).

Обчислювальна складність LC CM AP алгоритму дорівнює $N(L+7)+L(L+2)$ операціям множення і $N(L+7)+L(2L+1)$ операціям додавання, де $1 \le L < N$ – розмір проекції, довжина змінного вікна. Обчислювальна складність LC CM RLS алгоритму дорівнює $4N^2+15N+4$ операціям множення, $3N^2+11N+7$ операціям додавання, одній операції здобування квадратного кореня та двом операціям ділення. При $L=1$ алгоритм відповідає LC нормалізованому алгоритму по критерію найменшого середньоквадратичного відхилення і характеризується приблизно в 8 разів більшим по тривалості перехідних процесів у порівнянні з LC RLS алгоритмом. Значення $L > 2$ дозволяють зменшити тривалість LC AP алгоритму майже в 2 рази, причому значення $L > 4$ практично не впливає на якість адаптації. Таким чином, при $L << N$ можна досягти меншої обчислювальної складності LC AP алгоритму у порівнянні з LC RLS алгоритмом. Таким чином, в алгоритмі LC CM AP з лінійною обчислювальною складністю у порівнянні з LC RLS алгоритмами з квадратичною

обчислювальною складністю досягається менша обчислювальною складністю, приблизно, в 2 рази (рис.2). Це дозволяє будувати цифрову ААР для приймання сигналів QPSK зі швидкістю майже вдвічі більшою при використанні LC CM AP алгоритму у порівнянні з LC CM RLS алгоритмом.

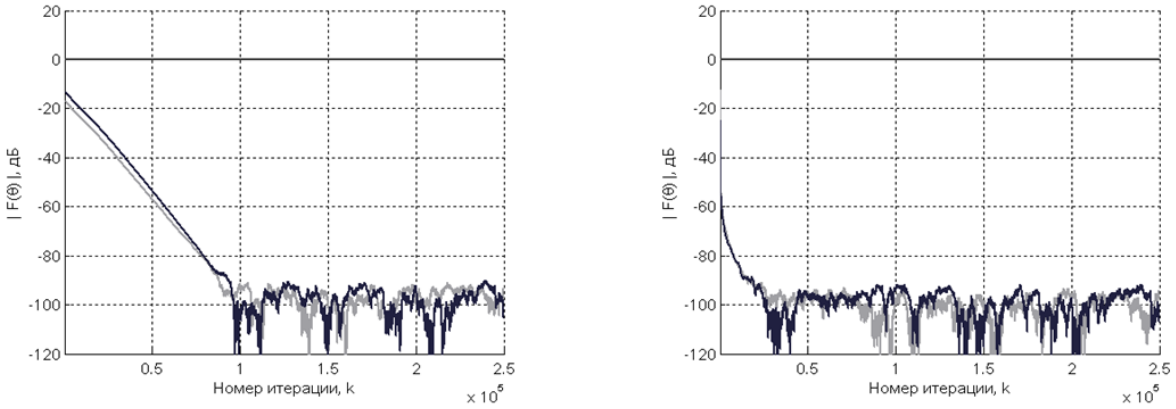


Рис. 2. Швидкість придушення сигналів двох джерел завад в лінійній ААР з $N = 8$ при використанні алгоритму: а) LC CM RLS, б) LC CM AP

На рис. 2 наведені результати процесів придушення сигналів джерел завад, представлених білим шумом, в ААР по швидкості збіжності алгоритмів, з яких видно, що застосування LC CM AP алгоритму дозволяє приблизно в два рази збільшити швидкість збіжності у порівнянні з LC CM RLS алгоритмом. Рівень КС був прийнятий за 0 дБ, горизонтальна лінія позначає рівень діаграми ХС ААР у напрямку на джерело КС, криві лінії – рівні діаграм ХС у напрямку на джерела завад на кожній ітерації роботи алгоритмів.

Таким чином розглянутий LC CM AP алгоритм забезпечує якість формування ХС ААР (під якістю розуміється ймовірність помилки формування нулів ХС у напрямку на заваду, а максимумів – на джерело КС, а також глибина провалів в ХС у напрямку на заваду) близьку до якості LC CM RLS алгоритму при меншій кількості арифметичних операцій, що при заданій обчислювальній продуктивності пристрою, що реалізує алгоритми, дозволяє підвищити швидкість керування ААР та приймання даних.

Література

1. Патент на корисну модель №67323 (Україна). Фазовий радіопеленгатор. G01 S 3/48 // Авдеенко Г.Л., Буділовський О.В., Ільченко М.Ю., Ліпчевська І.Л., Якорнов Є.А., 10.02.2012, Бюл.№ 3, 2012 р.

2. Chen Y., Le-Ngoc T., Champagne B., Xu C. Recursive least squares constant modulus algorithm for blind adaptive array // IEEE Trans. Signal Processing. – 2004. – Vol. 52. – №5. – P. 1452–1456.

ШИРОКОПОЛОСНАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ПЕЧАТНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ С УПРАВЛЯЕМОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

Головин В.В., Тыщук Ю.Н.
Севастопольский национальный технический университет

Введение

В условиях быстрого развития на Украине систем приема спутникового телевидения оказались востребованы соответствующие радиотехнические системы, работающие в Ku-диапазоне частот (10,7…12,7 ГГц). Одной из важных составляющих этих систем является приемная антенна. На практике используются в основном зеркальные офсетные антенные системы. Однако, ведущие мировые производители техники для приема абонентского спутникового телевидения уже осваивают производство фазированных антенных решеток (ФАР). ФАР имеют ряд преимуществ перед зеркальными антеннами. Главное затруднение для отечественных производителей связано с тем, что производство ФАР по сравнению с зеркальными антеннами сопряжено с большими технологическими трудностями, а кроме того, недостаточно разработок относительно дешевых антенных систем на основе ФАР для работы в Ku-диапазоне, пригодных для массового производства. Поэтому задача исследования и разработки конструкции относительно простой ФАР, не уступающей по характеристикам существующим аналогам, является задачей актуальной и перспективной.

Основная часть

Разрабатывается кластер антенной решетки печатных излучателей, работающей в Ku-диапазоне.Печатные антенны (ПА) являются резонансными, поэтомукак правило работают в узкой полосе частот, составляющей примерно (1…3) %. Ширина полосы частот ПА известных форм приблизительно пропорциональна толщине подложки, квадрату резонансной частоты и обратно пропорциональна квадратному корню из ε подложки. Естественный путь увеличения широкополосности без усложнения конструкции антенны, заключающийся в использовании более толстых подложек при умеренных значениях диэлектрической проницаемости материала, имеет ограниченные возможности, так как с увеличением толщины диэлектрика создаются возможности для возникновения более высоких, типов поверхностных волн, что резко снижает излучающую эффективность антенны. Известны другие способы увеличения рабочей полосы частот ПА, например, изменение формы печатного излучателя, создание многослойных связанных резонансных печатных излучателей [1]. Такие структуры также могут выполнять роль многочастотных ПА. Авторами доклада предлагается расширить полосу частот за счет использования двухвходового печатного излучателя сложной формы, но достаточно простого в изготовлении (рис. 1), в состав конструкции которого входит пассивная пластина, повторяющая форму излучателя и располагаемого над ним, которая практически не влияет на характеристики излучения, но значительно изменяет входные характеристики, позволяя согласовать антенну в более широком диапазоне частот.

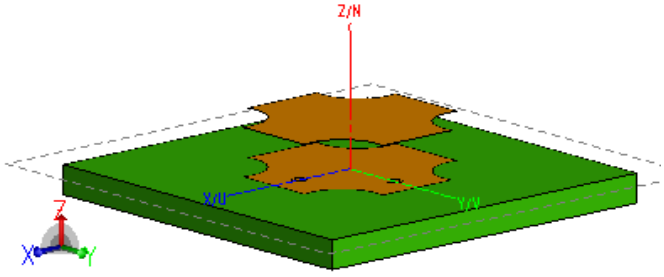
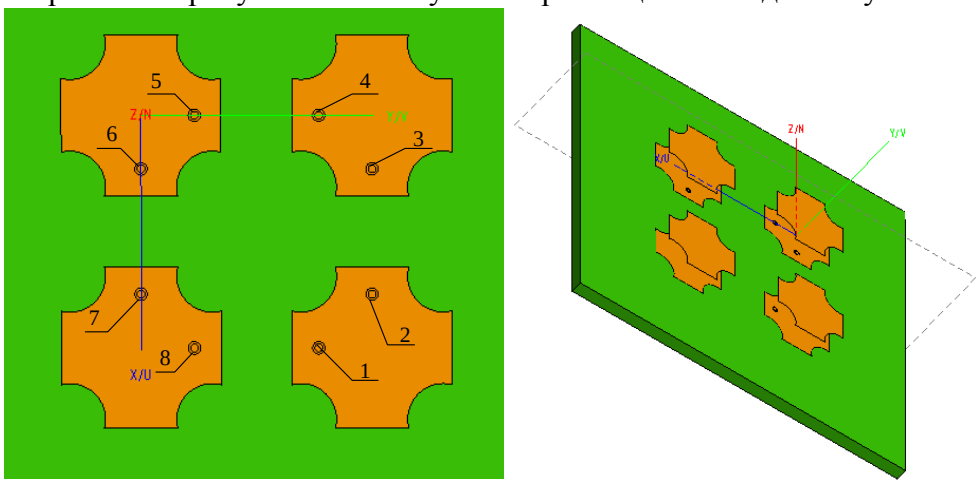


Рис. 1 — Модель печатного излучателя

Показанная на рис. 1, а печатная антенна в диапазоне частот (10,7…12,7) ГГц характеризуется согласованием на каждом из входовс коэффициентом стоячей волны $К_{св}$не более 1,8, при уровне побочного излучения не выше –17 дБ и коэффициенте усиления (7,7…8,1) дБ.

На основе данного излучателя разработана модель кластера антенной решетки, показанная на рис. 2. На рисунке точками указано размещение входов излучателей.



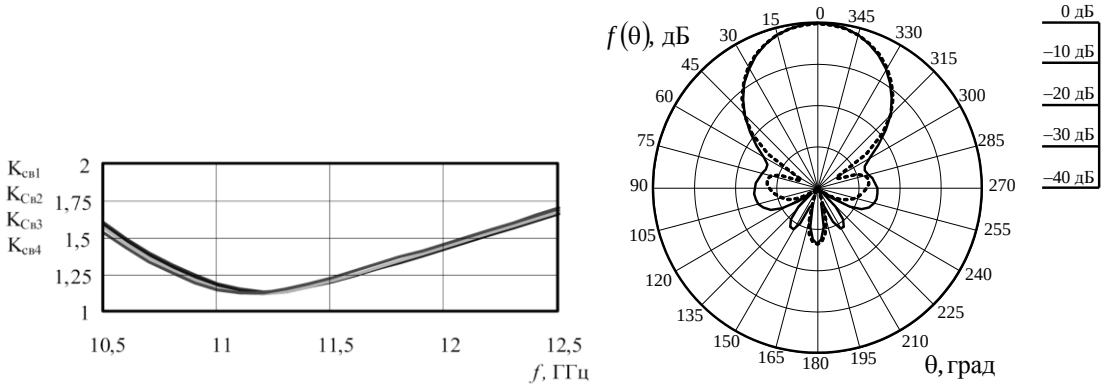
а) б)

Рис. 2 — Схема размещения печатных излучателей в решетке (а) и модель исследуемой антенны (б)

Данная антенная решетка может работать в двух режимах: формирование поля излучения линейной и круговой поляризации.

В режиме излучения (приема) поля вертикальной линейной поляризации питание подводится к портам 1, 4, 5, 8, а остальные порты нагружаются на согласованную нагрузку. При этом порты 1 и 4 запитываются с фазой тока 0□, а порты 5 и 8 — с фазой тока 180□. При работе на горизонтальной линейной поляризации питание подводится к портам 2, 3, 6, 7, а остальные порты нагружаются на согласованную нагрузку. При этом порты 2 и 3 запитываются с фазой тока 0□, а порты 6 и 7 — с фазой тока 180□.

На рис. 3, а показана зависимость коэффициента стоячей волны $К_{СВ}$ по каждому из четырех входов антенной решетки от частоты. Видно, что значение $К_{СВ}$ для каждого из входов не превышает значения 1,74. На рис. 3, б показана диаграмма направленности (ДН) антенной решетки на частоте 11,5 ГГц. Во всем рабочем диапазоне частот исследуемая антенная решетка обладает устойчивой, симметричной относительно оси антенны диаграммой направленности, с равной шириной в Е- и Н-плоскости.

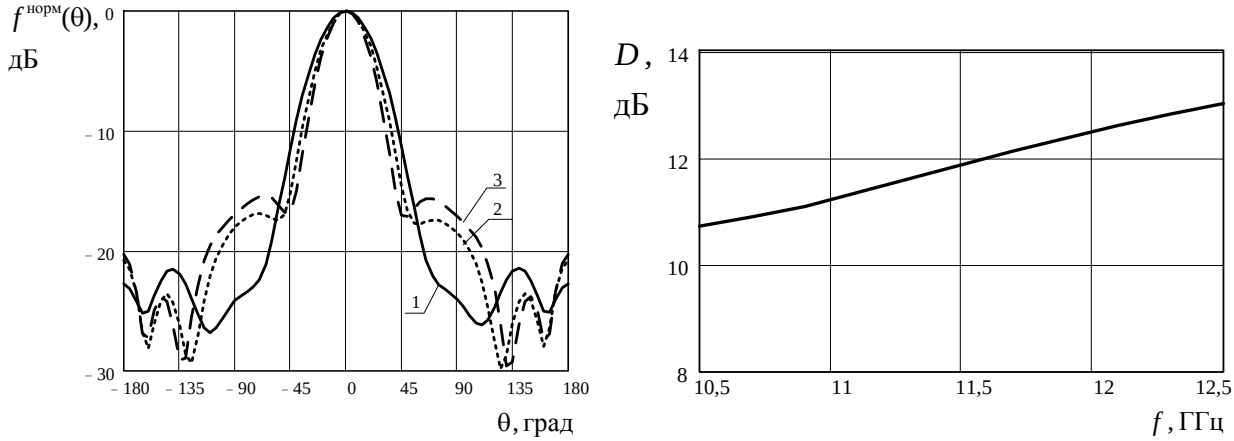


а) б)

Рис. 3 — Характеристики антенны в режиме формирования поля линейной поляризации: частотная зависимость $К_{СВ}$ (а) и ДН антенны на частоте 11,5 ГГц

Так на частоте 10,5 ГГц в двух ортогональных плоскостях ширина диаграммы направленности по уровню –10 дБ равна 80□, на частоте 11,5 ГГц — 75□, на частоте 12,5 ГГц — 70□. При этом уровень бокового излучения во всем диапазоне частот не превышает значения –23 дБ.

В режиме формирования поля круговой поляризации в антенной решетке для упрощения конструкции распределительной системы на каждом из излучателей возбуждается только один вход. Второй нагружен на согласованную нагрузку. Таким образом, круговая поляризация формируется в антенне при возбуждении только четырех входов. Результирующие диаграммы направленности антенны на основной поляризации показаны на рис. 4, а. Частотная зависимость коэффициента направленного действия показана на рис. 4, б.



а) б)

1 — ДН на частоте 10,5 ГГц; 2 — ДН на частоте 11,5 ГГц;
3 — ДН на частоте 12,5 ГГц

Рис. 4 — Диаграммы направленности (а) и частотная зависимость коэффициента направленного действия (б) для антенны с круговой поляризацией поля излучения

Видно, что направленные свойства антенны характеризуются значением коэффициента направленного действия от 11 до 13 дБ.Важно отметить, что в диапазоне частот коэффициент эллиптичности принимает высокое значения и в пределах главного лепестка диаграммы направленности не опускается ниже 0,96. Таким образом, антенна формирует поле излучения с круговой поляризацией при осесимметричной диаграмме направленности, характеризующейся низким уровнем побочного излучения.

Дополнительная модификация подели антенны, показанной на рис. 2 позволила повысить коэффициент направленного действия до 16 дБ, обеспечить согласование в диапазоне частот с $К_{СВ}$ (1,2…1,8) по каждому из четырех входов антенной решетки.

Заключение

Разработана модель конструкции четырехэлементного кластера антенной решетки. Разработанная антенна позволяет формировать поле излучения на двух ортогональных линейных поляризациях, поле с круговой правосторонней или левосторонней поляризацией. От известных разработок печатных антенн данного типа предложенная модель отличается тем, что в любом из указанных режимов возбуждаются только четыре входа антенны из восьми. Второе важное отличие — широколосность возбуждения антенны обеспечена за счет оптимизации формы излучателя и использования простой пассивной надстройки, позволяющая работать антенна во всем Ku-диапазоне.

Библиографический список

1. Пат. 5450090 USA, Multilayer miniaturized microstrip antenna/ G.Robert. L.Williamзаявл.20.07.1994., опубл.12.09.1995 appl N 278.049 . — 10 с.

УДК 621.317

ЦИФРОВОЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ И УРОВНЯ МОЩНОСТИ В МИКРОВОЛНОВОМ ТРАКТЕ

Гимпилевич Ю.Б., Зебек С.Е.
Севастопольский национальный технический университет
E-mail: stanislavzebek@mail.ru

Digital algorithm for determining of the complex reflection coefficient and power level in the microwave path

A digital algorithm for determining of the module and argument of the complex reflection coefficient and the power level in the microwave path with increased noise immunity are represented.

Коммутационный измеритель комплексного коэффициента отражения (ККО) и уровня мощности в микроволновом тракте обладает повышенной стабильностью, что позволяет использовать его в качестве средства встроенного контроля параметров микроволновых трактов, эксплуатируемых в жестких условиях под воздействие широкого класса дестабилизирующих факторов [1]. На рис. 1 представлена структурная схема такого измерителя.

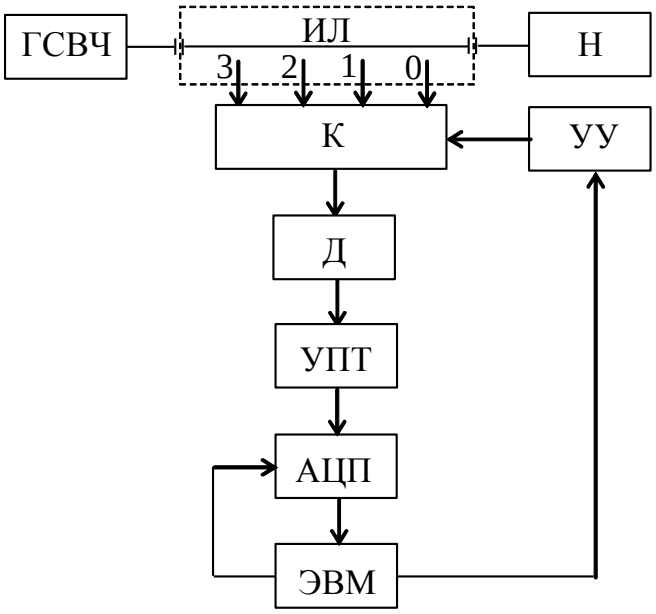


Рис. 1

Сигнал от СВЧ генератора (ГСВЧ) поступает в нагрузку Н. Четырехзондовая измерительная линия (ИЛ) осуществляет анализ амплитудного распределения волны. СВЧ сигналы с зондов связи 0,1,2,3 поступают на входы СВЧ коммутатора (К). Устройство управления (УУ), подключает зонды к квадратичному СВЧ детектору (Д). Выходной сигнал детектора усиливается усилителем постоянного тока (УПТ). Отсчеты этого напряжения U_0, U_1, U_2, U_3, получаемые при подключении указанных зондов к детектору Д, преобразуются с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) в двоичные коды, которые поступают в ЭВМ. Эти отсчеты для общего случая рассогласованного тракта можно записать в виде [1]:

$$
\begin{aligned}
U_0 &= kE_{\text{п}}^2(1+\Gamma^2+2\Gamma\cos\varphi);\\
U_1 &= kE_{\text{п}}^2(1+\Gamma^2-2\Gamma\sin\varphi);\\
U_2 &= kE_{\text{п}}^2(1+\Gamma^2-2\Gamma\cos\varphi);\\
U_3 &= kE_{\text{п}}^2(1+\Gamma^2+2\Gamma\sin\varphi),
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где k — постоянный коэффициент; $E_{\text{п}}$ — амплитуда падающей волны; Γ, φ — модуль и аргумент комплексного коэффициента отражения.

Применение ЭВМ в составе измерителя предоставляет дополнительные возможности в обработке измерительной информации. В частности можно применить узкополосную цифровую фильтрацию, что обеспечивает повышение помехоустойчивости измерительного алгоритма.

В ЭВМ сформируем три двухточечные (N = 2) последовательности из отсчетов U_0, U_1, U_2, U_3 выходного напряжения:

$$s1_k = \{U_0, U_2\}\ ; \tag{2}$$

$$s2_k = \{U_3, U_1\}\ ; \tag{3}$$

$$s3_k = \{U_0, -U_2\}\ . \tag{4}$$

Эти последовательности обрабатываются узкополосными цифровыми фильтрами, которые обеспечивают формирование отсчетов первых гармоник с одновременным улучшением отношения сигнал/шум. После этого осуществляется прямое дискретное преобразование Фурье (ПДПФ) полученных отсчетов, в результате чего находятся комплексные амплитуды первых гармоник этих последовательностей:

$$C_1^{(1)} = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} s1_k\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\frac{2\pi}{N}kn} = \frac{1}{2}\sum_{k=0}^{1} s1_k\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\pi k} = kE_{\text{п}}^2\Gamma\cos\varphi; \tag{5}$$

$$C_1^{(2)} = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} s2_k\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\frac{2\pi}{N}kn} = \frac{1}{2}\sum_{k=0}^{1} s2_k\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\pi k} = kE_{\text{п}}^2\Gamma\sin\varphi. \tag{6}$$

$$C_1^{(3)} = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} s3_k\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\frac{2\pi}{N}kn} = \frac{1}{2}\sum_{k=0}^{1} s3_k\, \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\pi k} = kE_{\text{п}}^2(1+\Gamma^2). \tag{7}$$

Объединяя (5), (6), (7), получаем нелинейную систему из трех уравнений, которая содержит три неизвестных Γ, φ и $kE_{\text{п}}^2$. Используя первые два уравнения (5) и (6), определим сначала аргумент ККО φ:

$$\varphi = \text{angle}(\ C_1^{(1)},\ C_1^{(2)})\ , \tag{8}$$

где angle — процедура определения аргумента комплексного числа по известным действительной и мнимой частям, в диапазоне $0 \le \varphi < 2\pi$.

Возводя в квадрат обе части уравнений (5) и (6), складывая результат и извлекая корень квадратный из полученной суммы, получаем

$$\sqrt{\left|C_1^{(1)}\right|^2+\left|C_1^{(2)}\right|^2}=kE_{\text{п}}^2\Gamma; \tag{9}$$

Разделив (8) на (7), получим:

$$\frac{\sqrt{\left|C_1^{(1)}\right|^2+\left|C_1^{(2)}\right|^2}}{\left|C_1^{(3)}\right|}=\frac{\Gamma}{1+\Gamma^2}\ . \tag{10}$$

Решая систему (10) относительно Γ, получаем:

$$\Gamma=\frac{\left|C_1^{(3)}\right|}{2\sqrt{\left|C_1^{(1)}\right|^2+\left|C_1^{(2)}\right|^2}}-\sqrt{\frac{\left|C_1^{(3)}\right|^2}{4\left(\left|C_1^{(1)}\right|^2+\left|C_1^{(2)}\right|^2\right)}-1}\ . \tag{11}$$

Зная значение Γ, можно рассчитать величину $kE_{\text{п}}^2$, которая пропорциональна падающей мощности. Из формулы (7) следует, что

$$kE_{\text{п}}^2=\frac{\left|C_1^{(3)}\right|}{1+\Gamma^2}\ . \tag{12}$$

Таким образом, предложен цифровой алгоритм определения модуля и аргумента комплексного коэффициента отражения и уровня мощности в микроволновом тракте. Этот алгоритм обеспечивает повышенную помехозащищенность измерительного канала.

Литература

1 — Гимпилевич Ю.Б. Измерение и контроль параметров микроволновых трактов. Севастополь: изд-во СевНТУ, 2009.— 293 с.

2 — Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы/ С.И. Баскаков — М.: Высшая школа, 1988. — 448 с.

УДК 621.391

DOWNCONVERTER BASED ON METAMATERIALS AND MULTILAYER TECHNOLOGIES

Isnyuk T.V., Ryzhaiev V.N., Shelkovnikov B.N.
Institute of Telecommunication Systems, NTUU "KPI", Ukraine
E-mail: lileya15@gmail.com

Modeling of downconverter and its components was conducted, including 55.5…63.8 GHz multilayer bandpass filter and 5.8 GHz F-class LNA based on metamaterials with gain equal 11dB.

I. INTRODUCTION

The range of 60 GHz is used efficiently for short-range wireless applications such as wireless personal area network (WPAN) and wireless multimedia/high-definition (HD) streaming. Although the 60 GHz offers numerous advantages, namely high data rates due to 7 GHz of unlicensed bandwidth, there are still several challenges, such as channel propagation issues, choice of modulation, antenna technology, that have to be solved.

The objective of this paper is to simulate the 62 GHz downconverter and its components that would match the requirements. In Section 2 the problem statement of downconverter's modeling is considered. Section 3 provides a simulation of the downconverter as well as its component units.

II. PROBLEM STATEMENT

Downconverter's modeling V at the system level can be determined by three quantities:

$$\begin{gathered} V = (A, B, S, C), \\ A = (Fin, Pin, \dots)^T, \\ B = (Fout, N, Pout, Gc, SPout \dots)^T, \end{gathered} \tag{1}$$

where A, B, S, respectively, denote the set of input parameters, output qualitative characteristics, the type of model structure; T signifies the transposed matrix;

C is the method, technique or operator, applied to the input quantity A;

Fin, Pin stand for the input frequency, input power level;

$Fout, N, Pout, Gc, SPout$ - output frequency, noise figure, output power level, the gain of the converter, the power level of spurious components.

Downconverter's modeling is a hierarchical task and can be subdivided into: system-level, block level and item level tasks. More detailed downconverter's modeling is presented in section 3.

III. MODELING OF DOWNCONVERTER AND ITS COMPONENT UNITS

The simulation of Bandpass Filter 1 and Low Noise Amplifier 2 at the element level is considered, after which the last ones will be merged into the structure of the converter.

A. Bandpass filter 1

The distinctive feature of the filter with pseudo-elliptic approximation is the presence of equiripple insertion loss in passband and arbitrary placed transmission zeros in stopband.

BPF1 modeling task is as follows:

$$\begin{gathered} \mathrm{A} = (\mathrm{f}_0, \varepsilon, \varepsilon_0 \dots)^{\mathrm{T}}, \\ \mathrm{B(A)} = \left(\Delta \mathrm{F}_{\mathrm{p}}, |\mathrm{S}(1,1)|, |\mathrm{K}(\mathrm{j}\omega)|, \dots\right)^{\mathrm{T}} \end{gathered} \tag{2}$$

where ε denotes the ripple constant;

$\mathrm{f}_0 = 60$ GHz, $\varepsilon_0 = 7.2$ are respectively operation frequency and permittivity of the substrate,

$\Delta \mathrm{F}_{\mathrm{p}}, |\mathrm{S}(1,1)| \to \min$ stand for the bandpass of the filter and reflection coefficient accordingly,

$\mathrm{K}(\mathrm{j}\omega) \to (-1 \dots 0)$dB represents the characteristic function, depending on complex angular frequency jω.

The Chebyshev characteristic function can be given by:

$$K(j\omega) = \varepsilon * \cosh\left(\sum_{i=1}^{N} cosh^{-1}(x_i)\right), \tag{3}$$

$$x_i = \frac{\omega - 1/\omega_{TZ_i}}{1 - \omega/\omega_{TZ_i}}, \tag{4}$$

where ω_{TZ_i} is i-th transmission zero.

With reference to the work [1], where the main steps of designing of the BPF with Chebyshev response prototype are given (fig.1), it is necessary to mention the main advantages of such type of approximation, namely the high selectivity with sharp slopes and the asymmetrical frequency responses. The model was designed in CST MWS program that uses the finite integrals (FIT) - a rather general approach which describes firstly Maxwell's equations on a spatial grid, taking into account the energy conservation law, and then it forms a specific system of differential equations, such as the wave equation and the Poisson equation.

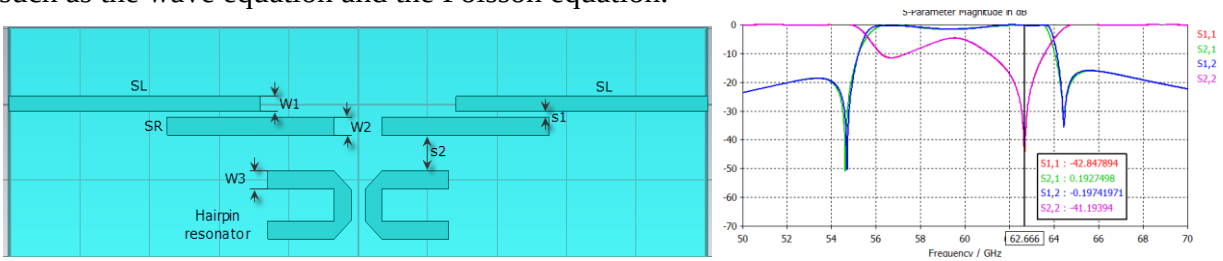


Fig.1. Top view of the multilayer BPF. Scattering parameters.

The examined multilayer BPF demonstrates Chebyshev prototype response having a 3-dB band-width of 13.9% from 55.5 to 63.8 GHz at a center frequency of 59.7 GHz.

B. F-class LNA2

The F-class LNA2 of 5.8 GHz range (fig.2) with gain of 11.8 dB using harmonic balance based on metamaterials was proposed in [2]. The optimum output terminations for the LNA are achieved as short circuit at even harmonics and open circuit at odd harmonics other than, of course, the fundamental. As these terminations create a square wave of voltage, in theory the resulting power dissipation approximately equals zero. The structure uses two open composite right-left handed (CRLH) tuners for suppressing second, third, fourth and fifth harmonics that are placed as the load. The fundamental frequency of 5.8 GHz is matched at 50 ohms.

LNA2 modeling task can be given by:

$$\begin{aligned} \mathrm{A} &= (\mathrm{f_0}, \Delta\mathrm{F_a}, \mathrm{Us}, \mathrm{Zin} \ldots), ^{\mathrm{T}} \\ \mathrm{B(A)} &= (\mathrm{K}(f), \mathrm{P_{out}}, \mathrm{PAE} \ldots)^{\mathrm{T}} \end{aligned} \tag{5}$$

where $\mathrm{f_0} = 5.8\ \mathrm{GHz}, \Delta\mathrm{F_a} = 5.2 \ldots 6.5\ \mathrm{GHz}, \mathrm{Us}, \mathrm{Zin}$ stand for operating frequency, bandwidth, supply voltage and input impedance respectively,

$\mathrm{K}(f) \rightarrow 11\partial B$, $\mathrm{P_{out}}, \mathrm{PAE}$ represent gain, output power level and power added efficiency correspondingly.

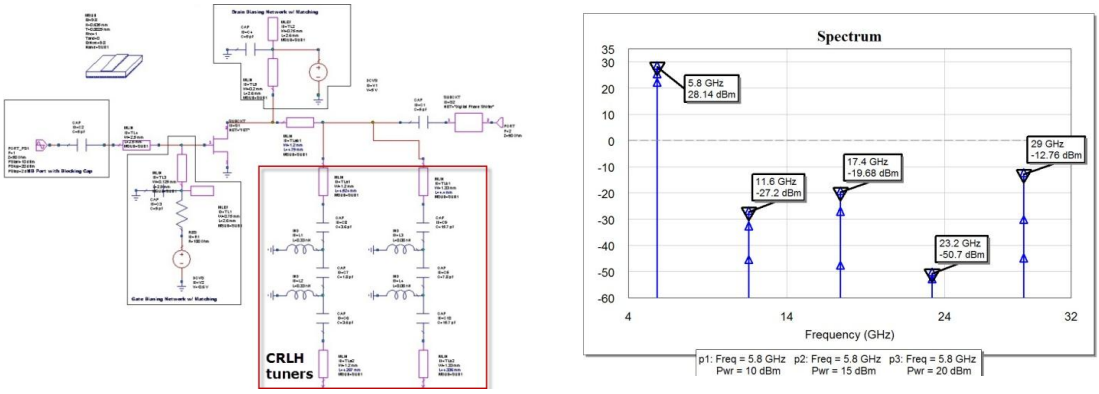


Fig.2. Block diagram of the 5.8 GHz F-class amplifier with two CRLH stubs. The output power spectrum

C. Downconverter's modeling

The downconverter has a dual conversion architecture (fig.3). The proposed BPF1 as well as the F-class LNA2 were embedded in the structure of downconverter.

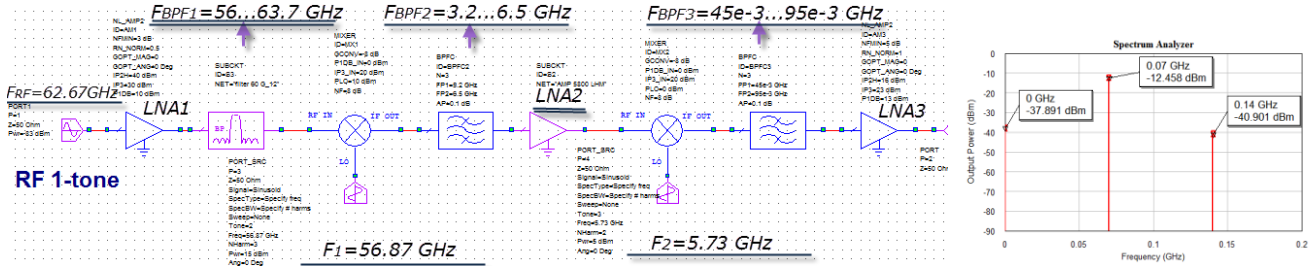


Fig.3. Block diagram of the downconverter. The output power spectrum

According to the task statement (1) the following results were obtained: the first mixer downconverts the RF signal of 67.2 GHz to the first IF of about 5.8 GHz, and the second mixer downconverts correspondingly to the second IF of about 0.07GHz with Pout = -12.5 dBm. Noise figure makes up N =4 dB, the level of spurious components is SPout =-77dBm.

Conclusion

The dual downconverter modeling was conducted with the embedded Chebyshev prototype BPF1 as well as the F-class LNA2, the second IF of which makes up about 0.07GHz with -12.5 dBm. The operation frequency of the multilayer BPF having a 3-dB band-width of 13.9% from 55.5 to 63.8 GHz was chosen as 62.67 GHz with -42.8 dB return losses. The designed F-class LNA2 using metamaterials of 5.2…6.5 GHz range obtained gain exceeding 11dB.

Literature

1. Isnyuk T.V., Rigaev V., Shelkovnikov B.N. An Embedded 60-GHz Low Temperature Cofired Ceramics Multilayer Bandpass Filter. – В кн.: 8-я Междунар. молодежная научн.-техн. конф. «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций» (РТ-2009). Материалы конф. [Севастополь, 23-27 Апр, 2012] – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012.
2. Isniuk T. V. Osypchuk S.A. Shelkovnikov B.V. "The research of the amplifier F-class range of 5.8 GHz based on metamaterials in the 16 QAM". В. кн.: "Modern problems of radio engineering, Telecommunications and computer science", proceedings of the X-ht International Conference TCSET'2010. [23-27лютого 2010р, Львів-Славське]-Львів: Видавництво Львівської Політехніки, 2010, -28

УДК 621.375

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Карнаух В.Я., Захаров А.В., Пинчук Л.С.
НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ»
E-mail:its@kpi.ua

Characteristics retuning entrance filters on application of ferroelectric capacitor.

To consideration performance predictions retuning entrance filters on application of ferroelectric capacitor for microwave channel filters which used in telecommunication system.

Перестройка фильтров в диапазоне 2 ГГц и выше осуществляется эффективно с применением перестраиваемых емкостей, которые выполнены с использованием ферроэлектрического элемента. Этот элемент может быть построен на основе использования высокотемпературного сверхпроводника, например, диэлектрика типа $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ как показано на рис 1, который при нормальной температуре работает как сегнетоэлектрик. Такие элементы перестройки имеют большую линейность и добротность по сравнению с полупроводниковыми варакторами.

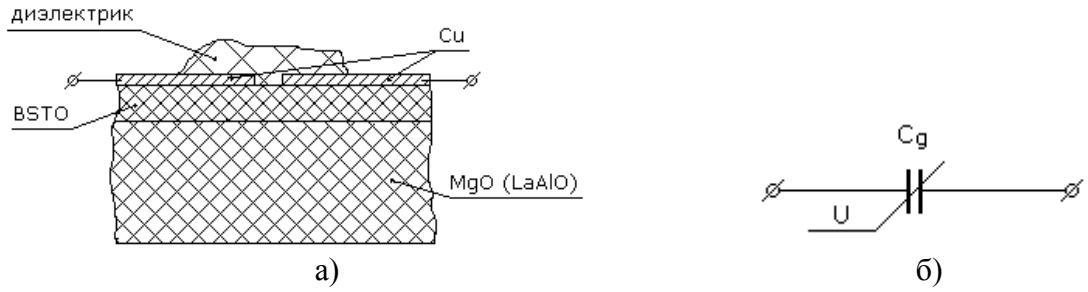


Рис. 1 Эскиз перестраиваемого сегнетоэлектрического (СЭ) конденсатора: а) конструкция, б) эквивалентная схема.

Электрическая ёмкость СЭ конденсаторов зависит от приложенного постоянного управляющего напряжения, изменяющего диэлектрическую проницаемость СЭ плёнки конденсатора. Конденсатор используется как элемент, изменяющий резонансную частоту резонаторов микроволнового фильтра.

Типовые характеристики таких перестраиваемых сегнетоэлектрических конденсаторов и обоснование на основе их предполагаемых особенностей микроволновых фильтров [2]:

а) C_{min}/C_{max}[пФ] - изменяемая емкость – зависит от величины и диапазона изменения напряженности электрического поля в сегнетоэлектрике, что в конечном счете определяется качеством сегнетоэлектрической пленки и величиной зазора между проводящими элементами.

Так для среднего качества сегнетоэлектрической пленки:

C_{min}/C_{max}[пФ] составляет величину 0,58/0,36 при зазоре между проводящими элементами 20μm и изменении напряжения смещения соответственно 5/200 [В].

При уменьшении между проводящими элементами до 10μm (уменьшении в два раза) и изменении напряжения смещения соответственно 5/120 [В] (уменьшении верхнего значения напряжения для диапазона изменения примерно в два раза) C_{min}/C_{max} [пФ]

составляет величину 1,2/0,7 (значение перестраиваемой емкости увеличится в два раза, но практически не изменится диапазон перекрытия К= C_{max}/C_{min}).

При таком значении диапазона перекрытия К≈1,6 возможно достижения диапазона перестройки частоты настройки фильтра 20%, при использовании ступенчатых резонаторов, как показано в [1].

б) U_{max} – максимально-допустимое напряжение на перестраиваемом сегнетоэлектрическом конденсаторе (определяет максимальное напряжение перестройки фильтра), которое в конечном счете определяет диапазон перекрытия К= C_{min}/C_{max}. Типовое значение U_{max} = 100…200 В, определяется максимальным значением напряженности поля в сегнетоэлектрической пленке (типовое значение 10…30 В/мкм) и конструкцией самого конденсатора.

в) tgδ - тангенс потерь в сегнетоэлектрической пленке – зависит от величины напряженности поля в сегнетоэлектрике и увеличивается с его увеличением и составляет примерно 0,01…0,03 где минимальное значение соответствует минимальному значению напряженности поля, а максимальное – максимальному значению напряженности поля для конструкций конденсаторов, перечисленных выше в п. а). Величина tgδ определяет добротность конденсаторов: Q_c=1/ tgδ.

г) Добротность сегнетоэлектрического конденсатора - Q_c в диапазоне частот Δf [ГГц] – зависит от величины напряженности поля в сегнетоэлектрике и уменьшается с его увеличением, а также зависит от средней частоты диапазона частот Δf [ГГц] и уменьшается с увеличением этого значения. Так для конструкций конденсаторов, перечисленных выше в п. а): Q_c= 300…30 при Δf=1…10 ГГц, Q_c=100…20 при Δf=10…30 ГГц, Q_c=50…10 при Δf=30…60 ГГц – такое значение добротности конденсаторов, при использовании ступенчатых микрополосковых резонаторов позволяет реализовывать фильтры с полосой пропускания 2% и больше [1].

д) Свойство быстродействия сегнетоэлектрических тонкопленочных элементов при воздействии импульсного униполярного электрического поля (поскольку для электрически перестраиваемых СВЧ устройств в современной микроэлектронике используется, как правило, импульсное однополярное управляющее воздействие) определяется переходным временем изменением диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрических пленок с течением времени после подаче управляющего воздействия. Основное изменение ≥90% диэлектрической проницаемости пленок $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ происходит в течение интервала времени $\tau_и \leq 10$ нс (при воздействии импульсами напряжения длительностью от 1 мкс до 100 мс). Это время, в конечно счете, определяет быстродействие сегнетоэлектрических элементов и СВЧ устройств на их основе, таких как фазовращатели и переключатели.

Полное ≥ 99% изменение диэлектрической проницаемости пленок $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ происходит с временем порядка $\tau \leq 20$ мкс, что в конечном счете определяет время перестройки таких устройств, как перестраиваемые микроволновые фильтры. При этом, если учитывать, что время установления колебаний в таком фильтре может быть приблизительно равным τ, то предельно достижимая полоса пропускания может быть уменьшена до значений 100 кГц (если позволяет этого достичь значение добротности элементов резонаторов).

е) Важным свойством сегнетоэлектрических тонкопленочных элементов является степень стабильности их параметров при значительном изменении уровня мощности СВЧ сигнала.

Количественно свойства сегнетоэлектрических конденсаторов при повышенных уровнях мощности может быть выражено через $P_{пред}$ – значение предельной мощности высокочастотного сигнала, которая не приводит к потере линейных свойств и/или деградации параметров сегнетоэлектрических элементов. Через свойства таких микроволновых устройств как перестраиваемые фильтры это свойство сегнетоэлектрических конденсаторов может быть оценено точкой пересечения уровня продуктов третьего порядка, приведенных ко входу с уровнем входного сигнала - IP_3. Поскольку, уровень обратного

смещения на сегнетоэлектрических элементах превышает в десять раз уровень такого смещения на полупроводниковых варакторах, то значение IP_3 для фильтров с сегнетоэлектрическими перестраиваемыми конденсаторами может составить ≥40 дБм.

Однако, для создания конкурентоспособных СВЧ устройств необходимо получить информацию о величине диэлектрической нелинейности и потерь сегнетоэлектрических пленок, реализованных различными. технологическими методами (магнетронное и лазерное напыление, керамическая технология), в широком диапазоне частот от единиц до десятков ГГц [3].

ж) Прочие важные свойства и особенности сегнетоэлектрических конденсаторов. Немаловажной особенностью таких элементов перестройки является их низкая стоимость, определяемая низкой стоимостью используемых СЭ плёнок, что в конечном счете снижает стоимость перестраиваемых микроволновых фильтров, Тем более, что, СЭ плёнка может быть использована не только как составная часть отдельного конденсатора, но и в составе тонкоплёночной ИС для формирования ее других элементов [3].

Планарные структуры перестраиваемых фильтров являются наиболее выгодными при использовании СЭ пленок в качестве управляющих сред. Примеры таких структур приведены на рис. 2.

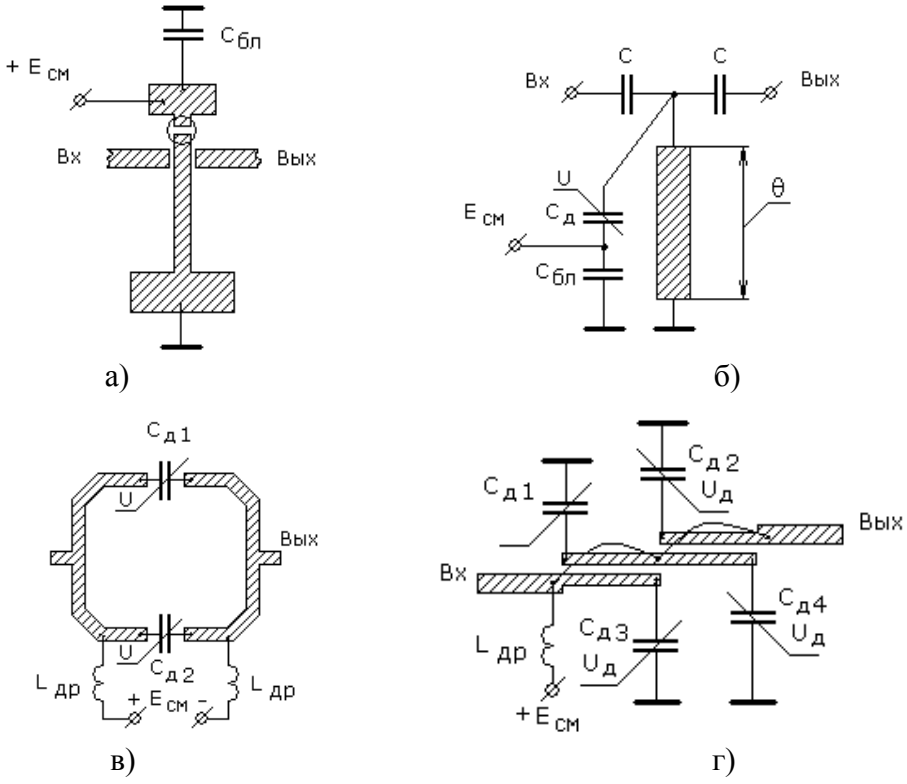


Рис. 2. Примеры перестраиваемых структур

Литература

1. *Захаров А.В*. Перестраиваемые микрополосковые резонаторы с сегнетоэлектрическими конденсаторами / А.В. Захаров, М.Е. Ильченко, В.Я. Карнаух, Л.С. Пинчук // Радиоэлектроника.- 2010. – Т.53, №8. – С.30-35. – (Изв. вузов).

2. Microwave measurement of the nonlinear properties of ferroelectric film planar varactors / Scientific institutions Electrotechnical university of Saint Peterburg 1999. – e-mail mcl@eltech.ru.

3. Основи мікрохвильової електроніки. Навчальний посібник. / В. І. Молчанов, Ю. М. Поплавко – К. НТУУ «КПІ», 2010 – 348 с.

УДК 621.317.791

АНАЛИЗ СВОЙСТВ КОЛЬЦЕВОГО ТРАКТА НА ОСНОВЕ СИММЕТРИЧНОГО ДВЕНАДЦАТИПОЛЮСНИКА

Лашкова Л.А., Гринчук Г.С., Трушкин А.Н.
Севастопольский национальный технический университет,
Кафедра радиотехники и телекоммуникаций,
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053, Украина
Тел.: + 38 (0692) 45-86-70*; e-mail: nataly_olga@list.ru*

The analysis of properties of a ring path on the basis of the converter 12-pole

The analysis of properties of a ring path of a measuring instrument of parameters of not mutual two-port networks is executed by a rule of not concerning contour. A basis of the measuring converter is the combined double tee. Calculation on formulas (2), (3) show that the error of measurement of the module of factor of transfer of ferrite gates in the direct and return directions makes 3 % and 4,5 % respectively at sufficient rigid requirements to the coordinated loading in a shoulder 6.

Введение

Создание ферритов дало мощный толчок к разработке и широкому внедрению в технику СВЧ линейных невзаимных четырехполюсников и различных устройств на их основе. При измерении их параметров существующие методы и приборы обнаруживают общий и принципиальный недостаток: необходимость изменять в процессе измерений направление распространения СВЧ энергии через невзаимный четырехполюсник на противоположное, что значительно снижает производительность измерений, поэтому задача исследования и разработки относительно простого измерительного преобразователя для исследования и контроля параметров невзаимных линейных устройств является актуальной.

Основная часть

Известно, что если многополюсник обладает геометрической симметрией, не содержит анизотропных элементов и имеет пренебрежимо малые потери, то возможен теоретический анализ его свойств [1]. В качестве измерительного преобразователя рассмотрим двенадцатиполюсник, представляющий собой комбинацию двух двойных тройников и его можно отнести к категории именно таких многополюсников (он имеет воздушное заполнение и плоскости симметрии P — P и N — N).

На рис. 1 показан кольцевой тракт измерителя на основе комбинированного двойного тройника (КДТ).

Матрица рассеяния КДТ с учетом его электрической симметрии и выбора плоскостей отсчета может быть записана следующим образом [2]

$$[S]=\begin{bmatrix} 0 & 0{,}5 & 0{,}5 & 0 & 0 & 1/\sqrt{2} \\ 0{,}5 & 0 & 0 & 0{,}5 & 1/\sqrt{2} & 0 \\ 0{,}5 & 0 & 0 & 0{,}5 & -1/\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0{,}5 & 0{,}5 & 0 & 0 & -1/\sqrt{2} \\ 0 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 1/\sqrt{2} & 0 & 0 & -1/\sqrt{2} & 0 & 0 \end{bmatrix}. \qquad (1)$$

Анализ выражения (1) показывает, что КДТ обладает мостовыми свойствами, однако плечи реального КДТ в широкой полосе частот согласовать невозможно. В связи с этим необходимо провести анализ свойств КДТ методом ориентированных графов с учетом рассогласования и асимметрии его плеч.

На рис. 2 приведен ориентированный граф кольцевого тракта измерителя.

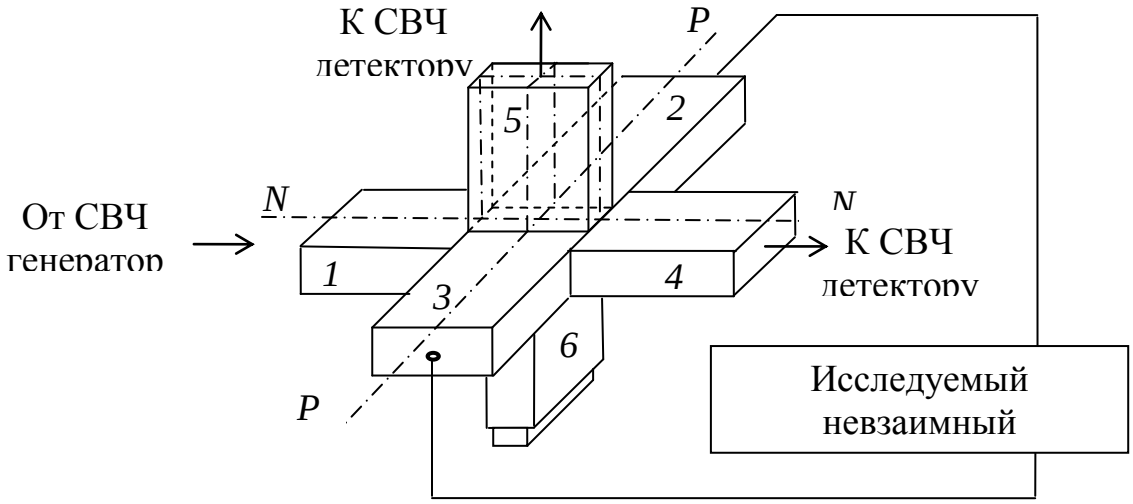


Рис. 1 — Кольцевой тракт на основе КДТ

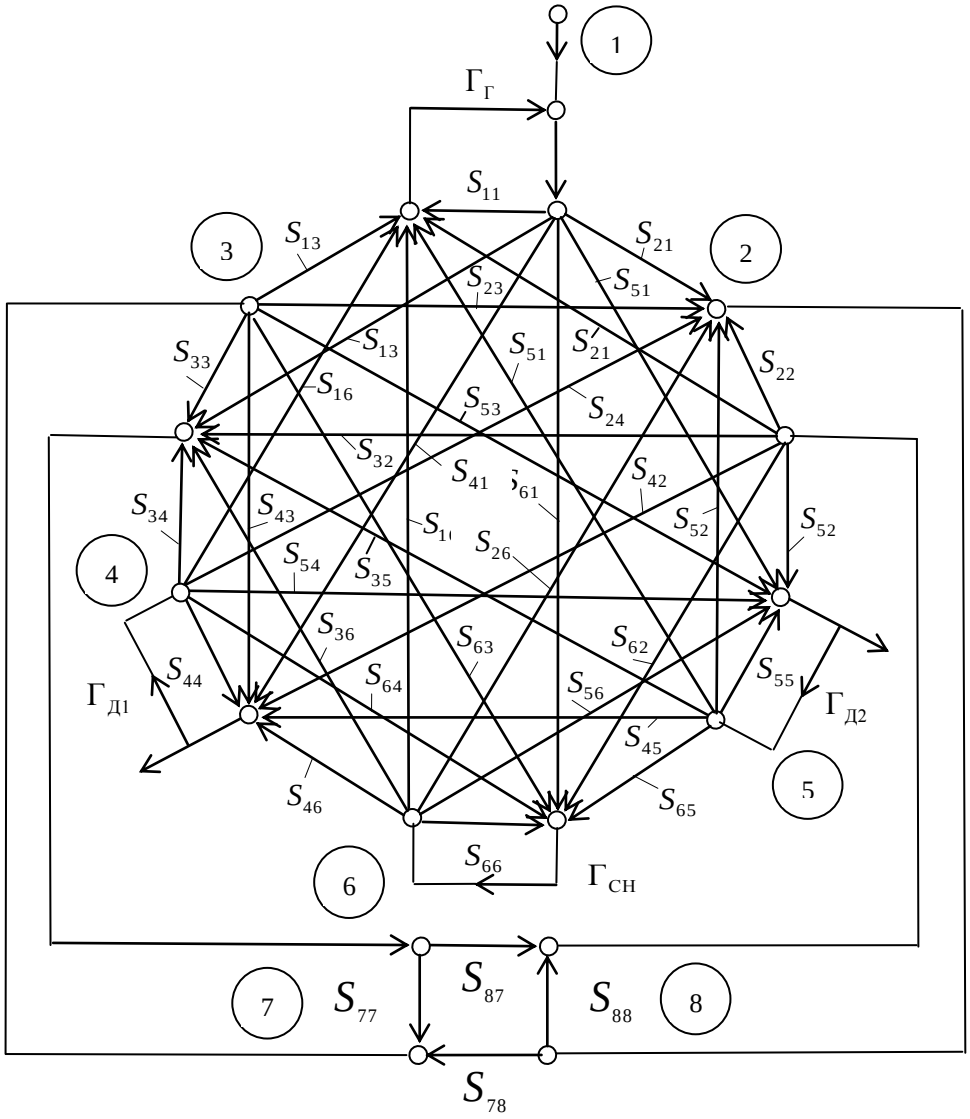


Рис. 2 — Ориентированный граф СВЧ тракта измерителя

В соответствии с рис. 2 выражения для комплексных коэффициентов передачи между выходом СВЧ генератора (точка 1) и входами первого и второго СВЧ детекторов (точки 4 и 5 соответственно) будут иметь вид:

$$T_{41}=\frac{S_1^*+S_2^*+S_3^*+S_4^*+S_5^*+S_6^*+S_7^*+S_8^*+S_9^*+S_{10}^*+S_{11}^*+S_{12}^*+S_{13}^*+S_{14}^*+S_{15}^*}{1-S_1^{***}-S_2^{***}-S_3^{***}-S_4^{***}-S_5^{***}-S_6^{***}-S_7^{***}-S_8^{***}-S_9^{***}-S_{10}^{***}-S_{11}^{***}-S_{12}^{***}-S_{13}^{***}}; \quad (2)$$

$$T_{51}=\frac{S_1^{**}+S_2^{**}+S_3^{**}+S_4^{**}+S_5^{**}+S_6^{**}+S_7^{**}+S_8^{**}+S_9^{**}+S_{10}^{**}+S_{11}^{**}+S_{12}^{**}+S_{13}^{**}+S_{14}^{**}+S_{15}^{**}+S_{16}^{**}}{1-S_1^{***}-S_2^{***}-S_3^{***}-S_4^{***}-S_5^{***}-S_6^{***}-S_7^{***}-S_8^{***}-S_9^{***}-S_{10}^{***}-S_{11}^{***}-S_{12}^{***}-S_{13}^{***}}, \quad (3)$$

где S_i^*, S_i^{**} — ветви комплексных коэффициентов передачи T_{41}, T_{51} соответственно,

S_i^{***} — касающиеся и некасающиеся контура.

Выражения для ветвей приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Ветви комплексных коэффициентов передачи T_{41}, T_{51}

№	Ветвь	Составляющие детектора Д1	Ветвь	Составляющие детектора Д2
1	S_1^*	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{43}\left(1-S_{55}\Gamma_{Д2}-S_{66}\Gamma_{СН}\right.$	S_1^{**}	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{43}\Gamma_{Д1}S_{54}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}\right)$
2	S_2^*	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{63}\Gamma_{СН}S_{46}\left(1-S_{55}\Gamma_{Д2}\right)$	S_2^{**}	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{43}\Gamma_{Д1}S_{64}\Gamma_{СН}S_{56}$
3	S_3^*	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{63}\Gamma_{СН}S_{56}\Gamma_{Д2}S_{45}$	S_3^{**}	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{63}\Gamma_{СН}S_{56}\left(1-S_{44}\Gamma_{Д1}\right)$
4	S_4^*	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{53}\Gamma_{Д2}S_{45}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}\right)$	S_4^{**}	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{63}\Gamma_{СН}S_{46}\Gamma_{Д1}S_{54}$
5	S_5^*	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{53}\Gamma_{Д2}S_{65}\Gamma_{СН}S_{46}$	S_5^{**}	$S_{21}S_{82}S_{78}S_{37}S_{53}\left(1-S_{44}\Gamma_{Д1}-S_{66}\Gamma_{СН}\right)$
6	S_6^*	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{42}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}-S_{55}\Gamma_{Д2}\right.$	S_6^{**}	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{42}\Gamma_{Д1}S_{54}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}\right)$
7	S_7^*	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{62}\Gamma_{СН}S_{46}\left(1-S_{55}\Gamma_{Д2}\right)$	S_7^{**}	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{42}\Gamma_{Д1}S_{64}\Gamma_{СН}S_{56}$
8	S_8^*	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{62}\Gamma_{СН}S_{56}\Gamma_{Д2}S_{45}$	S_8^{**}	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{62}\Gamma_{СН}S_{56}\left(1-S_{44}\Gamma_{Д1}\right)$
9	S_9^*	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{52}\Gamma_{Д2}S_{45}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}\right)$	S_9^{**}	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{62}\Gamma_{СН}S_{46}\Gamma_{Д1}S_{54}$
10	S_{10}^*	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{52}\Gamma_{Д2}S_{65}\Gamma_{СН}S_{46}$	S_{10}^{**}	$S_{31}S_{73}S_{87}S_{28}S_{52}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}-S_{44}\Gamma_{Д1}\right)$
11	S_{11}^*	$S_{41}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}-S_{55}\Gamma_{Д2}\right)$	S_{11}^{**}	$S_{41}\Gamma_{Д1}S_{45}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}\right)$
12	S_{12}^*	$S_{51}\Gamma_{Д2}S_{45}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}\right)$	S_{12}^{**}	$S_{41}\Gamma_{Д1}S_{64}\Gamma_{СН}S_{56}$
13	S_{13}^*	$S_{51}\Gamma_{Д2}S_{65}\Gamma_{СН}S_{46}$	S_{13}^{**}	$S_{51}\left(1-S_{66}\Gamma_{СН}-S_{44}\Gamma_{Д1}\right)$
14	S_{14}^*	$S_{61}\Gamma_{СН}S_{46}\left(1-S_{55}\Gamma_{Д2}\right)$	S_{14}^{**}	$S_{61}\Gamma_{СН}S_{56}\left(1-S_{44}\Gamma_{Д1}\right)$
15	S_{15}^*	$S_{61}\Gamma_{СН}S_{56}\Gamma_{Д2}S_{45}$	S_{15}^{**}	$S_{61}\Gamma_{СН}S_{46}\Gamma_{Д1}S_{54}$

Выражения для контуров приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Выражения для касающихся и некасающихся контуров

S_1^{***}	S_2^{***}	S_3^{***}	S_4^{***}	S_5^{***}	S_6^{***}	S_7^{***}
$S_{11}\Gamma_{Г}$	$S_{44}\Gamma_{Д1}$	$S_{55}\Gamma_{Д2}$	$S_{66}\Gamma_{СН}$	$S_{37}^2 S_{33} S_{77}$	$S_{28}^2 S_{22} S_{88}$	$\Gamma_{Г} S_{61}^2 \Gamma_{СН}$
S_8^{***}	S_9^{***}	S_{10}^{***}	S_{11}^{***}	S_{12}^{***}	S_{13}^{***}	
$\Gamma_{Г} S_{31}^2 S_{73}^2 S_7$	$\Gamma_{Г} S_{21}^2 S_{82}^2 S_8$	$\Gamma_{Г} S_{51}^2 \Gamma_{Д}$	$\Gamma_{Г} S_{41}^2 \Gamma_{Д}$	$\Gamma_{Д1} S_{64}^2 \Gamma_{СН}$	$\Gamma_{Д2} S_{65}^2 \Gamma_{СН}$	

Заключение

Расчет по формулам (2), (3) показывает, что погрешность измерения модуля коэффициента передачи ферритовых вентилей в прямом и обратном направлениях составляет 3% и 4,5% соответственно при достаточно жестких требованиях к согласованной нагрузке в плече 6.

Библиографический список

1.Альтман Д.Л. Устройства сверхвысоких частот / Д.Л. Альтман; пер. с англ. — М.: Мир, 1968. — 638 с.

2. Елизаров А.С. Комбинированный двойной тройник и его свойства /А.С. Елизаров// Изв. Вузов: Радиоэлектроника. Сер. 12. Общетехническая, 1970, вып.1 — С. 38 — 43.

УДК 621.391

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ УСТРОЙСТВ WPAN НА МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ LTCC И LCP

Собко Д., Боклан И., Шелковников Б.Н.
Национальный технический университет Украины «КПИ»,
Институт телекоммуникационных систем
E-mail: fodion@narod.ru

Modeling of WPAN filters based on ltcc and LCP multilayer technologies

The results of modeling multilayer resonators and filters based on low temperature co-fired ceramic (LTCC) and liquid crystal polymer (LCP) are presented. The resonators and filters are modeled for mm-wave range of frequencies. The models are developed with using of microstrip and coplanar lines.

1. Введение

На сегодняшний день беспроводные персональные сети (wireless personal area network, WPAN) все шире применяются для связи на незначительном расстоянии, – от нескольких метров до нескольких сантиметров и связи в космосе. Это компьютерная, бытовая, оргтехника, средства связи. Одной из актуальных задач развития WPAN сетей является разработка устройств, удовлетворяющих заданным требованиям. Это требования стандарта IEEE 802.15, а также такие требования конечного пользователя как компактность и эстетичность конечного устройства. Указанные требования можно удовлетворить с использованием технологий низкотемпературной керамики LTCC и жидкокристаллического полимера LCP. Технологии LTCC и LCP выбраны за основу построения устройств, поскольку на сегодняшний день они являются одними из наилучших технологий для построения устройств по ряду показателей. LTCC широко используется в качестве материала для интегрированных решений в мм-диапазоне. Технология характеризуется отлаженным процессом и стабильностью с относительно высокой диэлектрической проницаемостью (ε=7.8). Как альтернатива, LCP является органическим материалом, который представляет собой уникальное сочетание электрических, химических и механических свойств. Это позволяет создавать высокочастотные конструкции со способностью LCP выступать в качестве подложки и основы для гибких и многослойных конструкций.

2. Основная часть

В работе представлены результаты моделирования в пакете CST Microwave Studio компактных резонаторов и фильтров в диапазоне частот 60 ГГц. При моделировании за основу взяты многослойные технологии LTCC и LCP [1]. Технология LTCC по сравнению с другими технологиями (HTCC, PCB, FR4), характеризуется малой относительной диэлектрической проницаемостью (ОДП, ε_r=5,4…7,8) и компактными размерами реализованного устройства. Для технологии LCP характерен другой процесс изготовления устройства, а также меньшая ОДП, равная ε_r=2,9…3,2.

На рис. 1 показан смоделированный резонатор на технологии LTCC (ε_r=5,4) и его характеристики S11 и S12. Резонансная частота 60 ГГц. Размеры резонатора 1,65x1,65x0,275 мм. Резонатор построен с использованием микрополосковой линии. На рис. 2 показан смоделированный LCP (ε_r=2,9) фильтр на трех резонаторных ячейках и его характеристики [2]. По сравнению с резонатором (рис. 1), фильтр имеет более широкую полосу пропускания – около 2 ГГц с коэффициентом S21 не хуже -3 дБ.

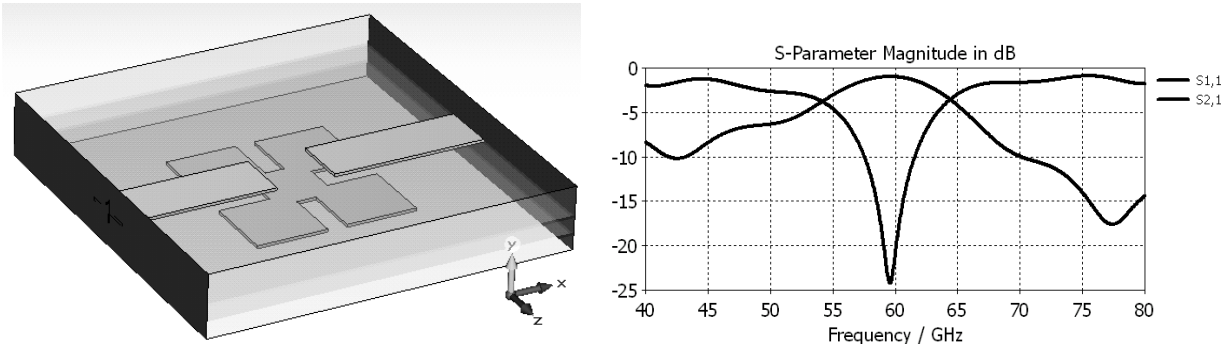


Рис. 1. Резонатор на LTCC технологии его и характеристики S11 и S21

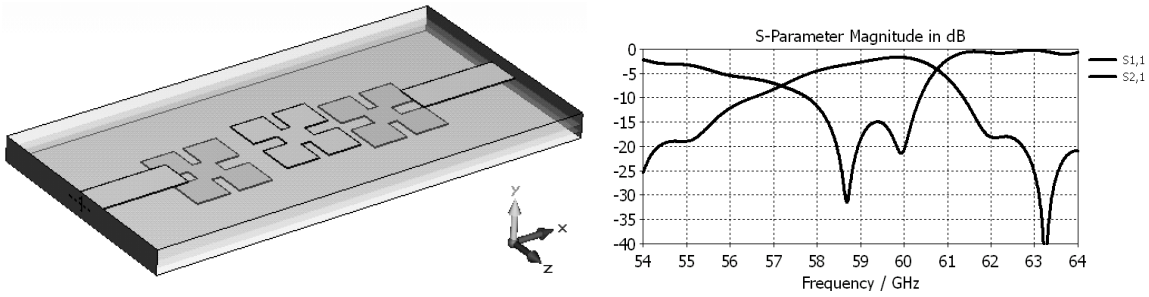


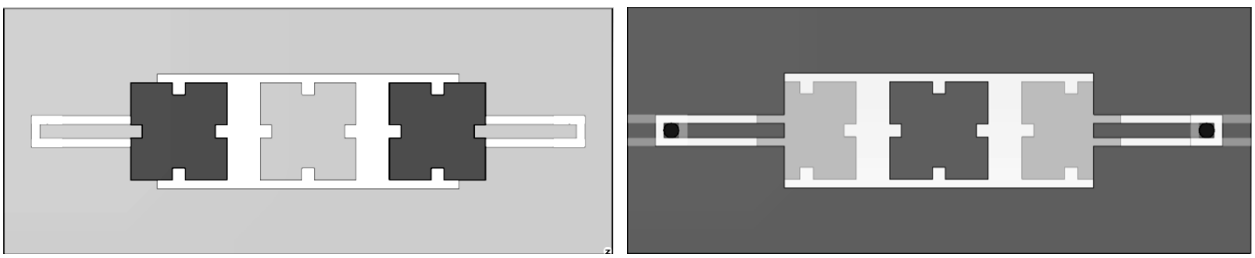
Рис. 2. LCP-фильтр на трех резонаторных ячейках и его характеристики S11 и S21

Для моделей резонаторов и фильтров на технологиях LCP и LTCC с использованием микрополосковых линий полученные характеристики фильтров на разных технологиях практически не отличаются. Различие проявляется только в размерах резонаторных элементов фильтров, и, соответственно, размерах фильтра (таблица 1). В таблице 1 приняты обозначения: N – число ячеек, L – размер ячейки (резонатора), Д – длина, Ш – ширина, В – высота фильтра.

Таблица 1

Техн.	ε_r	N	L	Д	Ш	В
LTCC	5,4	1	0,683	1,65	1,65	0,275
		3	0,683	4,1	2,44	0,275
LCP	2,9	1	0,929	2,12	2,12	0,275
		3	0,929	5,3	2,65	0,275

Представленные выше модели резонатора и фильтра построены с использованием микрополосковых линий на входе и выходе фильтра. Как показало исследование, лучших результатов удается получить с использованием на входе и выходе компланарных линий. На рис. 3 показан 7-слойный LCP-фильтр (4 диэлектрических, 3 проводимых слоя) с использованием переходов на основе компланарных линий. Фильтр (рис. 3) построен на трех резонаторных ячейках, проницаемость диэлектирика ε_r=2,9. Размеры фильтра 3,625x1,45x0,43 мм.



а) б)

Рис. 3. LCP-фильтр на трех резонаторах: а – вид снизу, б – вид сверху

В отличие от фильтра рис. 2, фильтр рис. 3 построен с использованием компланарной линии для соединения портов. На рис. 4 представлены результаты моделирования фильтра – характеристики S11 и S21. Фильтр характеризуется полосой пропускання 53,0-55,8 ГГц (2,8 ГГц) с затуханием не болем 3 дБ.

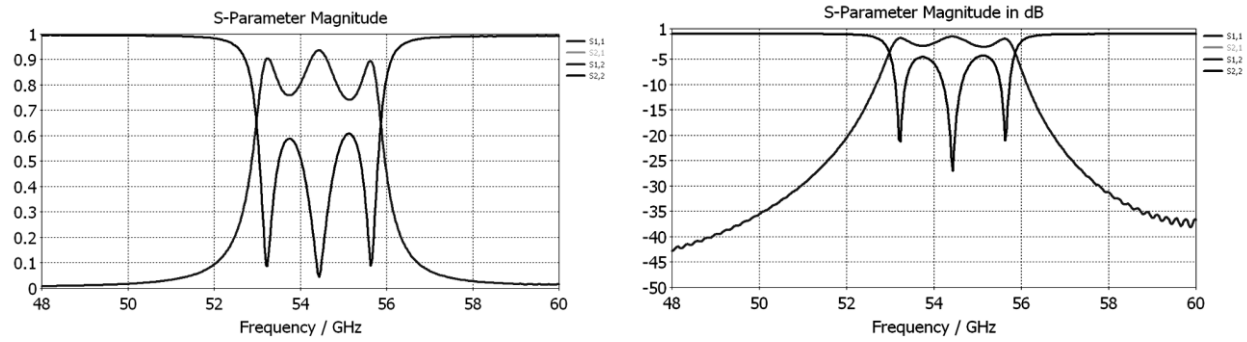


Рис. 4. Характеристики LCP фильтра с использованием компланарной линии

Как видно, построение фильтров с использованием компланарной линии (рис. 4) дает возможность получить улучшенные характеристики пропускания по сравнению с применением микрополосоковых линий (рис. 2) на входе и выходе фильтра. На рис. 5 представлены характеристики фильтра на диаграмме Вольперта-Смитта и визуализация потока энергии в смоделированном фильтре.

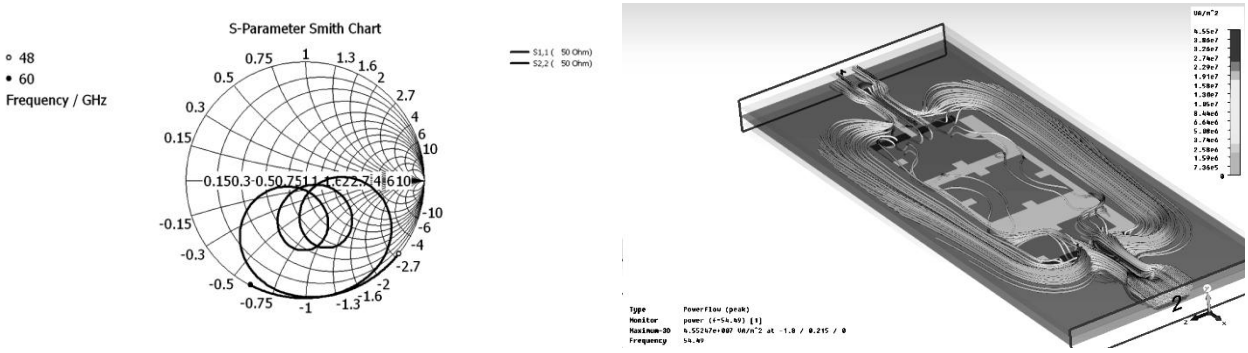


Рис. 5. Диаграмма Вольперта-Смитта и поток энергии

3. Заключение

Смоделированы компактные резонаторы и фильтры на технологиях LTCC и LCP для работы в диапазоне 60 ГГц устройств WPAN сетей. Фильтры на нескольких резонаторных ячейках характеризуются увеличенной полосой пропускания по сравнению с резонаторами. Применение в конструкциях фильтров компланарных структур способствует улучшению характеристики пропускания фильтра и получению более крутых склонов характеристики. Разработанные модели могут быть эффективно внедрены в производство благодаря таким конкурентноспособным качественным показателям, как характеристики пропускания, малые физические размеры, экономичность при производстве.

4. Список литературы

[1] Б.Н. Шелковников, С.А. Осипчук, Т.В. Иснюк. Применение технологий LTCC и LCP для построения микроволновых устройств на базе метаматериалов// «КрыМиКо’2009»,– С. 575–576.

[2] Lee J.H. 3D-SOP Millimeter-Wave Fuctions for High Data Rate Wireless Systems using LTCC and LCP Technologies / J.H. Lee, S. Sarkar, S. Pinel // «ECaT’2005», – P.764-768.

УДК 621.372

ОПТИМІЗАЦІЯ ДІАГРАМИ НАПРАВЛЕНОСТІ АНТЕНИ НА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЗОНАТОРАХ

Моховиков О.С., Трубін О.О.
НТУУ «КПІ»
E-mail: mokhovykov@gmail.com

Optimization of based on dielectric resonators antenna pattern

Results of modeling based on dielectric resonators antenna pattern via computer program based on genetic algorithm are obtained and analyzed.

В останні роки спостерігається тенденція до мінітюаризації апаратури бездротового зв'язку. Зокрема, це призвело до необхідності зменшення розмірів антен без погіршення їх характеристик. В даному контексті викликають інтерес антени на діелектричних резонаторах завдяки їх малим розмірам.

На сьогодні відомо чимало антенних пристроїв, в якості випромінюючих елементів яких застосовуються одиночні діелектричні резонатори. Але саме системи ДР, які надають великі можливості для застосування, поки що мало досліджені. Цей процес стримується насамперед недостатнім розвитком теорії резонансного розсіювання електромагнітних хвиль на діелектричних структурах у відкритому просторі.

Розглянемо структуру, що представляє собою систему зв'язаних між собою активного діелектричного резонатора та трьох напівциліндричних діелектричних резонаторів з магнітними типами коливань H101, розташованих на металевій пластині(Рис. 1). Така антена має однопелюсткову діаграму направленості[1].

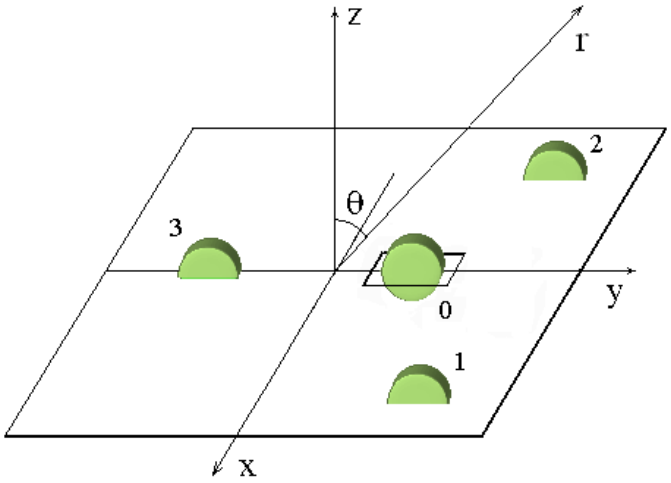


Рис. 1. Вид антени

Активний ДР-0, з одного боку, зв'язується з хвилеводом через прямокутний отвір у його стінці, а з іншого боку зв'язується з пасивними напівциліндричними ДР 1-3, що лежать на металевій площині. При цьому у системі ДР установлюється режим зв'язаних коливань. Значення амплітуд і фаз зв'язаних коливань підібрані так, щоб максимум сумарного випромінювання системи був спрямований ортогонально площині,що проходить через центри ДР уздовж осі z(рис. 1).

Всі необхідні параметри системи ДР можуть бути розраховані, якщо відомі коефіцієнти взаємного зв'язку між резонаторами ks,n[2]. Розрахунок коефіцієнтів взаємного зв'язку проводиться методом розкладання зовнішнього поля ДР по полю хвилевода, після чого

стінки хвилеводу уявно спрямовуються до нескінченності. В результаті можливо розрахувати в аналітичному виді коефіцієнти взаємного зв'язку циліндричних ДР із магнітними азимутально однорідними коливаннями[3].

Нами досліджувалась залежність діаграми направленості антени від взаємного положення діелектричних резонаторів. Для її оптимізації використовувалась програма, написана в Mathcad, основана на використанні модифікованого генетичного алгоритму, в якій реалізовано процедури статистичного задання особин у популяції, сортування та елімінування неперспективних особин, ймовірнісної селекції групи особин для початку пошуку локальних екстремумів, операцій пошуку локальних екстремумів, а також процедур завершення роботи алгоритму[4]. Після кожного циклу генетичних операторів знаходились локальні екстремуми методом деформованого багатогранника. Кількість особин в популяції 40-100. Кількість поколінь 20-40. Також використовувалась штрафна функція для відсічення діаграм направленості з великими боковими пелюстками. ДР0 мав координати (0;13мм), ДР1 мав координати (Lx;-Ly), ДР2 мав координати (-Lx;-Ly), ДР3 мав координати (0;Ly).

При моделюванні діаграми направленості антени однакової в площинах $\varphi=0$ та $\varphi=\pi/2$ отримали наступні результати:

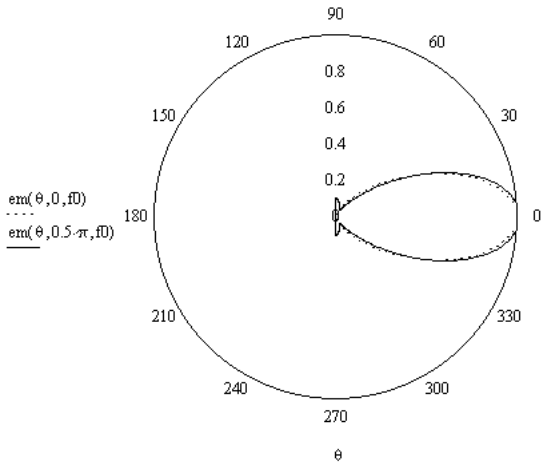


Рис. 2. Діаграма направленості антени, однакова в площинах $\varphi=0$(пунктирна лінія) та $\varphi=\pi/2$(суцільна лінія)

Отримані значення відстаней: Lx=29.78 мм, Ly=23.05 мм.

При моделюванні діаграми направленості антени мінімальної ширини в площині $\varphi=0$ отримали наступні результати:

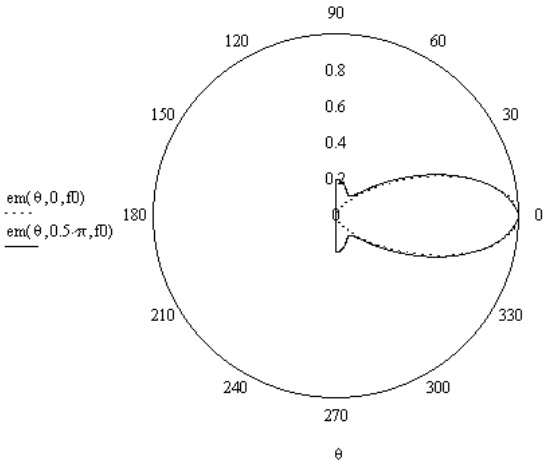


Рис. 3. Діаграма направленості антени мінімальної ширини в площині $\varphi=0$(пунктирна лінія). Суцільна лінія –ДС в площині $\varphi=\pi/2$

Отримані значення відстаней: Lx=29.78 мм, Ly=23.05 мм.

При моделюванні діаграми направленості антени мінімальної ширини в площині φ= π/2 отримали наступні результати:

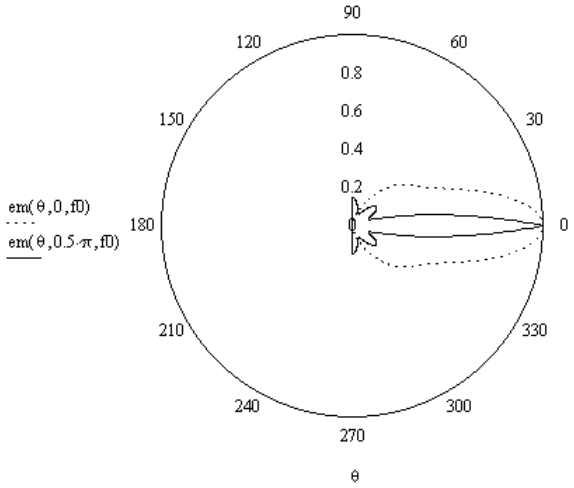


Рис. 4. Діаграма направленості антени мінімальної ширини в площині φ=π/2 (суцільна лінія). Пунктирна лінія –ДС в площині φ=0

Отримані значення відстаней: Lx=48.92 мм, Ly=33.17 мм.

При спробі зменшення ширини ДС в площині φ=π/2 отримали неприпустиме зростання бокових пелюсток та викривлення діаграми в площині φ=0.

Отримані результати моделювання діаграми направленості антени на чотирьох діелектричних резонаторах свідчать про можливість створення пасивних антенних решіток з однопелюстковою діаграмою направленості, в якості випромінюючих елементів яких застосовують діелектричні резонатори. Такі антени можуть бути використані в системах Wi-Fi, WiMAX та ін.. Генетичний алгоритм добре справляється з задачею оптимізації параметрів таких антен.

Проведення подальших досліджень пристроїв даного класу дозволить більш якісно використати їхні потенційні можливості, такі як відносно невеликі розміри, селективність параметрів, малі дисипативні втрати.

Література

1. *Трубін О.О., Новіков В.І.* Планарна антена для системи WI-FI на діелектричних резонаторах //Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. - 2007. - №35
2. *Трубін О.О., Шмиглюк Г.С.* Моделювання параметрів антенної решітки на циліндричних діелектричних резонаторах // Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. - 2006. - №33
3. *М. Е. Ильченко, А. А. Трубин* «Электродинамика диэлектрических резонаторов», -К.: 2004. 264 с.
4. *Трубин А.А., Моховиков А.С.* Оптимизация Амплитудно-частотной характеристики трехзвенного полосового фильтра на диэлектрических резонаторах с помощью генетического алгоритма // Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. -2010. -№40. С. 82-87.

УДК 621.396

ПІДВИЩЕННЯ СПЕКТРАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОСИСТЕМ З ОРТОГОНАЛЬНИМ ЧАСТОТНИМ РОЗДІЛЕННЯМ

Максимюк Т.А., Думич С.С., Брич М.В.
Національний університет "Львівська політехніка"
E-mail: taras_maks@ukr.net

Increasing the spectral efficiency of wireless system with orthogonal frequency division multiplexing

A method of spectral efficiency increasing was proposed, using the pulse shaping with optimal time-frequency localization. It had been solved the task of intersymbol interference reducing.

Мережі мобільного зв'язку четвертого покоління (LTE) в основному базуються на використанні технології OFDM. Сигнал, який передається в канал являє собою послідовність інформаційних пакетів сформованих у вигляді лінійної комбінації функцій класичного базису Вейля-Гейзенберга. Важливим питанням при побудові мобільних мереж є вирішення проблеми багатопроменевого поширення хвиль, яка в свою чергу призводить до міжсимвольної інтерференції. При боротьбі з будь–якими завадами в радіоканалі, завжди актуальною задачею є пошук ефективних віконних функцій, які б забезпечили якнайкращу локалізацію сигналу в частотно-часовій області.

Формулювання даної проблеми зводиться то теорії фон Неймана [1], та теорії елементарних сигналів Габора [2]. На основі цих теорій, Роджер Балліан [3], і Френсіс Лоу [4], одночасно довели, що базиси Габора-фон Неймана, сингулярні, при накладенні на них додаткової умови ортогональності. Тобто властивості одночасної локалізації енергії в частотній і часовій областях, підкоряються принципу невизначеності Гейзенберга [5].

Параметр Гейзенберга, який визначає властивості локалізації сигналу записується в такому вигляді:

$$\xi = \frac{1}{4\pi \Delta t \Delta f} \tag{1}$$

де Δt, Δf – максимальна дисперсія енергії сигналу в часовій та частотній площинах.

Згідно з нерівністю Гейзенберга, параметр ξ визначений в таких межах:

$$0 \le \xi \le 1 \tag{2}$$

де нижня межа ξ=0, відповідає прямокутній віконній функції, Δf якої прямує до нескінченності, а верхня межа ξ=1 – функції Гауса, яка відповідає ідеальній частотно-часовій локалізації [6].

Однак використання функції Гауса в класичних системах OFDM неможливе, згідно теорії Габора. Базис Габора сформований на основі функції Гауса не є ортогональним.

Проаналізуємо реалізацію системи OFDM/OQAM з використанням алгоритму IOTA (Isotropic Orthogonal Transform Algorithm) - ізотропне ортогональне перетворення [7].

Нехай $\mathcal{O}_a$ - ортонормований оператор функції $x(t)$ відповідно до виразу:

$$\mathcal{O}_a x(t) = \frac{x(t)}{\sqrt{a \sum_{k=-\infty}^{\infty} |x(t-ka)|^2}}, \; a > 0 \tag{3}$$

Наслідком операції $\mathcal{O}_a$ є ортогональність функції *x(t)* в частотній області. Спробуємо провести такі операції з Гаусівською функцією $g_a(t)$. Застосувавши до неї $\mathcal{O}_{\tau_0}$, отримаємо:

$$y_a(t) = \mathcal{O}_{\tau_0} g_a(t)$$

Виконавши операцію $\mathcal{F}^{-1} O_{v_0} \mathcal{F}$ над $y_a(t)$, і врахувавши, що $\Delta\tau_0 \Delta\upsilon_0$=1/2, ми отримаємо:

$$\zeta(t) = \mathcal{F}^{-1} O_{v_0} \mathcal{F} \mathrm{y_a(t)} = \mathcal{F}^{-1} O_{v_0} \mathcal{F} \mathcal{O}_{\tau_0} g_a(t) = \mathcal{F}^{-1} O_{v_0} \mathcal{F} \mathrm{g_a(t)} \tag{4}$$

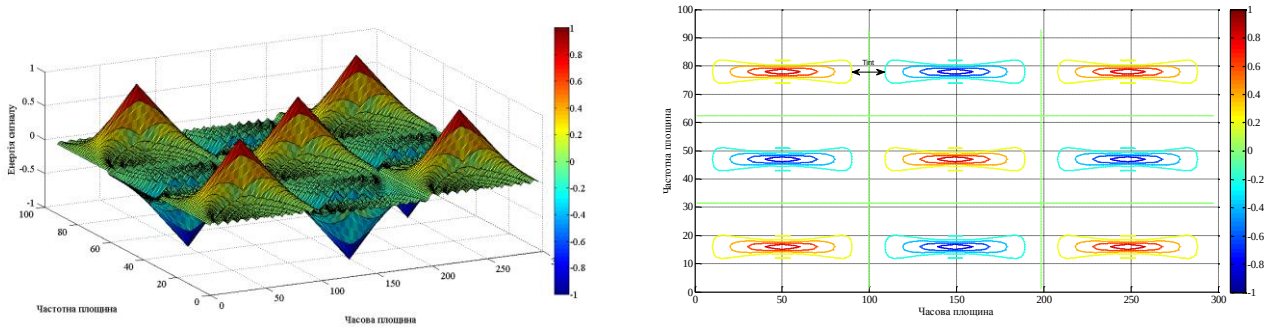
де $\zeta(t)$ – IOTA функція.

З (4) легко довести, що IOTA функція буде рівною свому перетворенню Фур'є, тобто:

$$\mathcal{F}\zeta = \zeta \tag{5}$$

З рівності (5) видно, що ζ має ізотропні властивості в межах частотно-часової площини. Параметр Гейзенберга для IOTA-функції ξ = 0.9769, близький по значенню до функції Гауса, що підтверджує її хороші властивості частотно-часової локалізації.

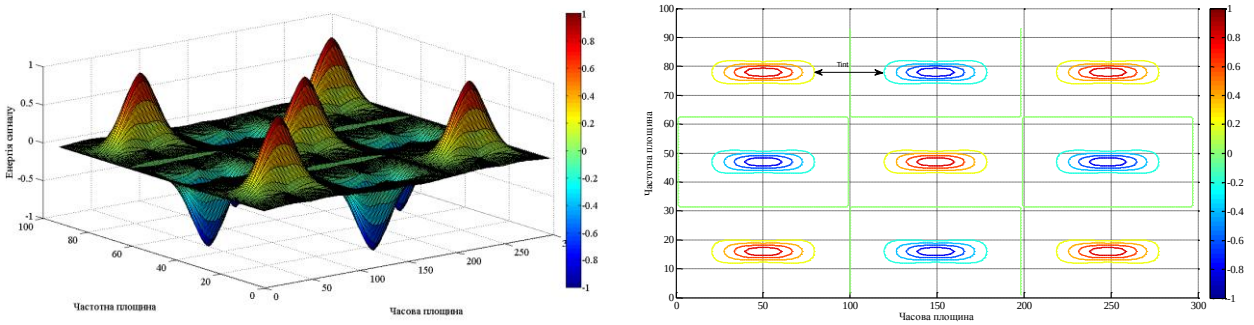
Проведено дослідження переваги компактної функції над прямокутною. Для цього побудовані просторові зображення частини ресурсного блоку LTE та його проекція на площину, з метою порівняння інтерференційних загроз для кожної з них. На рис.1 зображено послідовність символів для випадку прямокутного вікна.



а) б)

Рис.1. Просторове представлення послідовності OFDM символів – а), та його проекція – б), для прямокутного вікна.

Зображений на рисунку часовий інтервал T_{int} показує мінімальне запізнення наступного символу в часі, яке може спричинити міжсимвольну інтерференцію. Приведемо аналогічні залежності для функції IOTA (рис.2).



а) б)

Рис.2. Просторове представлення послідовності OFDM символів – а), та його проекція – б), для віконної функції IOTA.

Результати моделювання відповідають очікуваним результатам для IOTA функції. Як бачимо з рис.2 інтервал T_{int} для IOTA значно більший ніж для прямокутної віконної функції.

Для порівняння швидкості передавання проведемо дослідження спектральної ефективності. Запишемо формулу для визначення спектральної ефективності OFDM/QAM системи:

$$\eta_{QAM} = log_2 M(1-\frac{T_g}{T_S})[\frac{bps}{Hz}], \tag{6}$$

де T_g – тривалість захисного інтервалу, T_s – тривалість OFDM символу, M – кількість позицій для M-QAM модуляції.

Відповідно для M-OQAM модуляції, без використання захисного інтервалу (6) запишеться наступним чином [8]:

$$\eta_{QAM} = log_2 M[\frac{bps}{Hz}], \tag{7}$$

Введемо коефіцієнт виграшу спектральної ефективності [5]:

$$k_\eta = \frac{\eta_{OQAM}}{\eta_{QAM}}$$

Тоді швидкість передавання інформації в системах з використанням компактних віконних функцій буде становити:

$$R_{OQAM} = k_\eta R_{QAM} \quad (8)$$

Відповідно до цього проведений розрахунок пікових швидкостей передавання в нисхідному каналі LTE, за допомогою імітаційної моделі (табл.1).

Таблиця 1. Розрахунок пікових швидкостей передавання в нисхідному каналі

Смуга	1.4 МГц		3 МГц		5 МГц		10 МГц		15 МГц		20 МГц	
N несучих	72		180		300		600		900		1200	
Тип модуляції	QAM	OQAM	QAM	OQAM	QAM	OQAM	QAM	OQAM	QAM	OQAM	QAM	OQAM
MIMO 2x2	10,3	12,7	24,1	30,3	40,4	50,5	80,6	102,7	120,5	153,6	161,8	206,1
MIMO 4x4	16,9	21,3	49,3	56,6	76,1	96,3	156,4	193,9	230,2	292,5	320,3	390,1

Варто зауважити, що результати для OQAM модуляції не залежать від використання конкретної віконної функції, тому справедливі для будь-якої іншої віконної функції, за умови, що вона буде “компактною” та не буде вимагати використання циклічного префіксу.

Висновок

Властивості локалізації сигнальних конструкцій суттєво впливать на показники ефективності безпровідної системи, що підтверджують проведені дослідження. В роботі показано перевагу застосування віконних функцій з оптимальною частотно-часовою локалізацією на прикладі IOTA-функції. Визначено, що при використанні “компактних” функцій в OFDM, можна обійтись без використання захисних часових інтервалів після кожного символу. Відповідно отримаємо виграш в спектральній ефективності OFDM/OQAM системи, у порівнянні із OFDM/QAM з використанням захисного інтервалу – приблизно на 20%.

Проведені дослідження показують, що інтервал між символами при використанні компактної віконної функції, перевищує інтервал для прямокутної функції, навіть при додаванні в ній захисного інтервалу. Відповідно до цього проведено розрахунок пікових швидкостей передавання, і визначено, що для всіх варіантів реалізації LTE, використання OQAM модуляції у поєднанні з компактною віконною функцією дозволяє підвищити швидкість передавання інформації.

Література

1. J. von Neumann 1955 Mathematical Foundations of Quantum Mechanics (Princeton: Princeton University Press)

2.Gabor 1946 Theory of communication J. IEE 93 429-57

3.Balian R 1981 Un principe d'incertitude fort en theorie du signal ou en mecanique quantique C. R. Acad. Sci., Paris 292 1357-62

4.Low F 1985 Complete sets of wave packets A Passion for Physics-Essay in Honour of Georey Chewed C DeTar (Singapore: World Scientic) pp 17-22

5.T.Maksymyuk, L.Berkman. The LTE channel transmission rate increasing, TCSET’2012.

6.J.Du, S.Signell. Classic OFDM Systems and Pulse Shaping OFDM/OQAM Systems, Electronic, Computer, and Software Systems Information and Communication Technology, Feb. 2007.

7.S. Signell, IOTA Functions and OFDM," Slides and MATLAB code, 2003-2004.

8.T.A. Maksymyuk, S.S. Dumych. Increasing the spectral efficiency of OFDM signal, “Computer Science & Engineering 2011” (CSE-2011), 24-26 November 2011, Lviv, Ukraine.

Секція 5. Сенсорні телекомунікаційні мережі

ЗАГАЛЬНА АРХІТЕКТУРА, ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ І РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО БАНКА ДАНИХ СПЕКТРАЛЬНО-ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНСЬКИХ ТА БІЛОРУСЬКИХ ПОЛІГОНІВ ДЗЗ

М.О. Попов, С.А. Станкевич, С.П. Ковальчук, В.І. Пікулик
Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України
Україна, Київ, 01601, вул. Олеся Гончара, 55-Б, mpopov@casre.kiev.ua

Організація автоматизованого банку даних (АБД) передбачає технічне, людське і юридичне забезпечення щодо його функціонування [1].

У відповідності до АБД спектрально-часових характеристик об'єктів українських та білоруських полігонів ДЗЗ технічне забезпечення представлене базою даних (БД), системою управління базою даних (СУБД), локальною мережею ЦАКДЗ і центральним сервером АБД.

БД спроектована на основі реляційної моделі представлення даних. Для реалізації БД і її схеми (рис. 1) було використане середовище MS Access, як найбільш поширене та зручне. При цьому, програмний засіб MS Access був використаний з пакета MS Office 2003, що придбаний ЦАКДЗ.

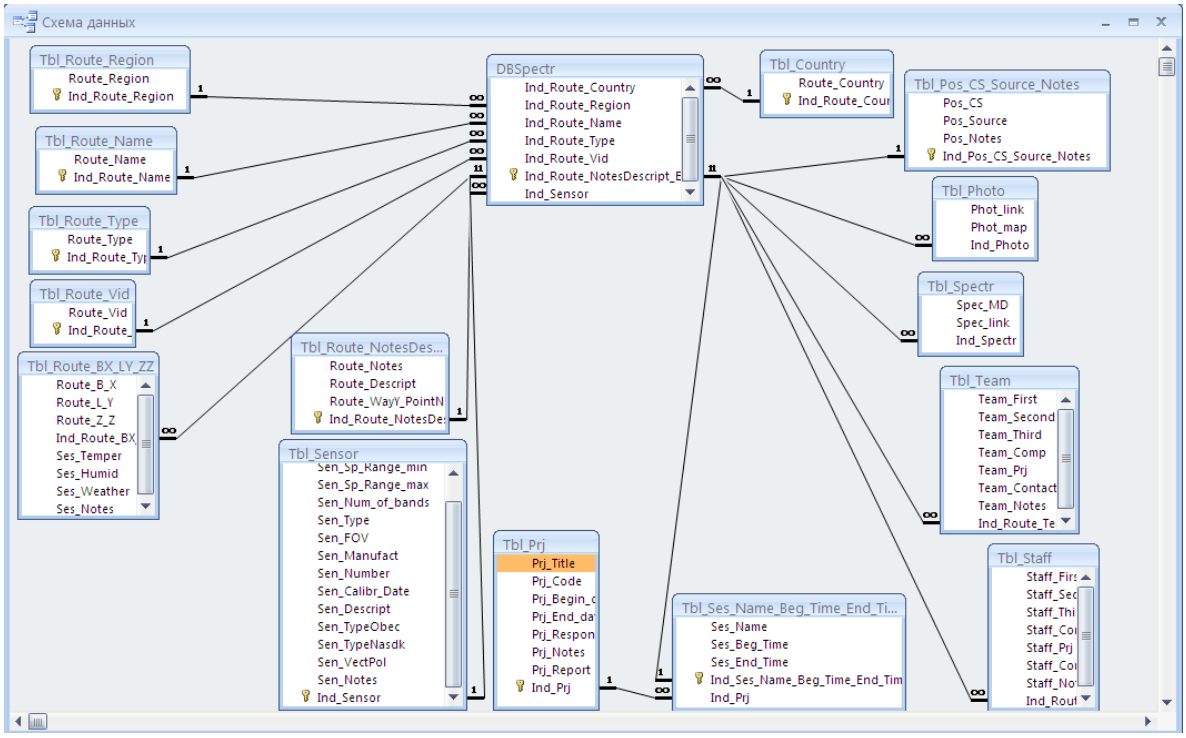


Рис. 1. Схема бази даних

Схеми бази даних на рис. 1 також наочно представляє набори атрибутів схем відносин, зв'язки між відносинами і типи зв'язків.

СУБД реалізована в середовищі MS Access на основі макрокоманд і VBA. При цьому, основне функціональне навантаження припадає на долю VBA, а макрокоманди лише виконують допоміжні функції. Такий поділ в реалізації функцій СУБД притаманній корпоративним банкам інформації. Крім цього, реалізація функцій на VBA враховує можливість одночасного багатокористувацького доступу до БД.

СУБД реалізує багатомовну підтримку (рис. 2), аналіз та додавання нових практично отриманих даних (рис. 3), видачу даних по запиту користувача (рис. 4).

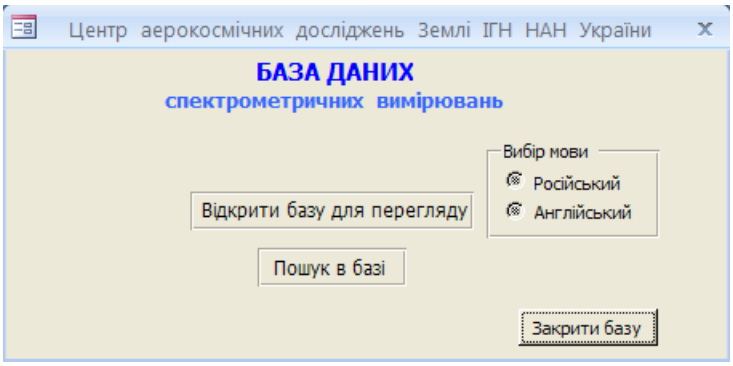


Рис. 2. Центральна форма запуску СУБД

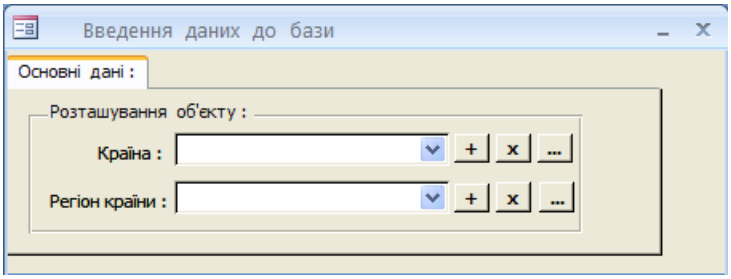


Рис. 3. Форма додавання даних

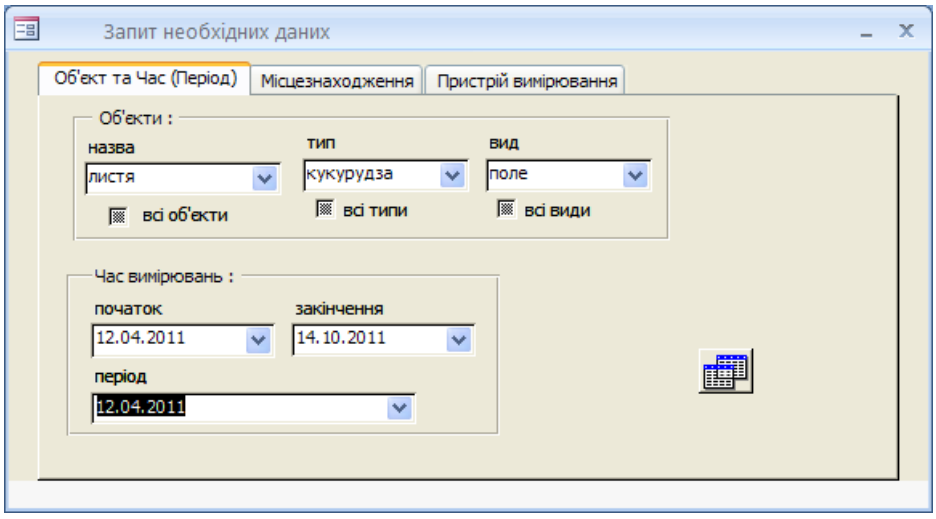


Рис. 4. Форма автоматичного корегування SQL-запиту

Функції аналізу та додавання нових практично отриманих даних автоматично реалізують основні операції над кортежами, а саме, додавання і вилучення кортежів, зміну значень вибраних атрибутів для заданого кортежу.

Операції над кортежами відношень виконуються з урахуванням схеми бази даних (див. рис. 1) і автоматичною індексацією необхідних атрибутів.

В основі представлення необхідних (релевантних) даних користувачу лежить виконання SQL-запиту, що заздалегідь сформульований і інтегрований в СУБД [2]. Визначення параметрів SQL-запиту відбувається автоматично на етапі взаємодії користувача і СУБД через діалогове вікно запиту.

Локальна мережа ЦАКДЗ забезпечує обмін даними між користувачами і доступ до центрального сервера АБД з розташованою на ньому БД спектрально-часових характеристик об’єктів українських та білоруських полігонів ДЗЗ і СУБД.

Центральний сервер АБД працює під управлінням ліцензійного серверного програмного забезпечення. Серверне програмне забезпечення настроєне на виконання ролі сервера терміналів, що надає користувачам єдині інтерфейс і настройки та формує єдине середовище для розміщення, розвитку і використання БД.

До складу людського забезпечення АБД входять головний адміністратор, технічний адміністратор, спеціалісти з наповнення БД та користувачі. Для здійснення відповідних функцій кожною ланкою фахівців засобами адміністрування і безпеки сервера терміналів і СУБД створені відповідні автоматизовані робочі місця (АРМ).

Юридичне забезпечення АБД реалізується керівником шляхом введення функцій АРМ в АБД до функціональних обов‘язків відповідних посадових осіб, що забезпечують супровід АБД.

Таким чином, були розглянуті загальна архітектура, реалізація і принципи функціонування АБД спектрально-часових характеристик об’єктів українських та білоруських полігонів ДЗЗ.

Перелік посилань

1. ДСТУ 2226-93: Автоматизовані системи. Терміни та визначення.– Київ: Держстандарт України, 1993.– 92 с.
2. Кириллов В.В., Громов Г.Ю. Структуризированный язык запросов SQL.– СПб.: СПбГИТМО, 1995.– 92 с.

Дослідження проведено за фінансовою підтримкою ДФФД України (проект № Ф41.2/022)

УДК 681.3(075)

СЕНСОРНІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЯК СКЛАДНІ ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ: ІТЕРАТИВНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ

Нечипоренко О.М.
Кафедра ПСКЛА НТУУ «КПІ»

При неперервно зростаючій складності технічних систем зростають вимоги до їх надійності з метою мінімізувати матеріальні і трудові витрати при їх проектуванні, виробництві та експлуатації.

Відомо, що завдання аналізу надійності та його обсяг залежить від стадій життєвого циклу системи, який включає етапи розробки технічного завдання, ескізного та технічного проектів, виробництва і експлуатації.

Мета роботи – визначити особливості аналізу надійності складних технічних систем і запропонувати найбільш придатний метод аналізу в сучасних умовах.

Новизна результатів дослідження: запропоновано використовувати при якісному аналізі надійності *ітеративний метод*.

Багато питань теорії і практики надійності складних технічних систем можуть розглядатися як загальнотехнічні. Разом з тим специфіка складних технічних систем вимагає в ряді випадків особливого підходу і спеціальних методів аналізу і підвищення надійності.

Основною *особливістю* складних технічних систем є те, що відомості про процеси, які відбуваються в них, не завжди виявляються достатніми. Щоб такі відомості одержати, систематизувати і врахувати при проектуванні і виробництві, необхідні чималий час і чималі засоби, якими розробники часто не володіють. Наслідком цього є *непрогнозованість* деяких аварійних ситуацій, *випадковий* характер появи відмов в апаратурі складних технічних систем.

Для аналізу дотримання правил і режимів експлуатації, а також для організації системи збирання інформації про надійність складних технічних систем, складових частин і комплектуючих елементів, в докладі пропонується розробити і впровадити на кожний складних технічних систем комплексну автоматичну систему аналізу та контролю надійності його складових і елементів (систему забезпечення надійності СНЗ) при впливі на складних технічних систем фізичних величин навколишнього середовища (температури, атмосферного тиску, вологості, вібрації тощо), які будуть включати первинні вимірювальні перетворювачі (датчики) тиску, температури, вологості; вібрації тощо, систему автоматичного зняття показань цих перетворювачів в моменти відмов тих чи інших елементів складних технічних систем, а також систему статистичного аналізу і обробки отриманої інформації сучасними методами математичної статистики. Так як найбільший вплив на показники надійності має дія температури та вібрації при вході в зону турбулентності, розпочати розробку і проектування такої системи для цих фізичних величин.

Виконанню кількісного аналізу надійності складної технічної системи (об’єкту) передує якісний аналіз відмов або нормального стану, який при експлуатації об’єкту може бути здійснений будь-яким з двох методів [1, 2]:

- дедуктивний (зверху вниз) – аналіз діагностичного дерева відмов;
- індуктивний (знизу вверх) – аналіз характеру та наслідків відмов;

Розглянемо детальніше вищеназвані методи якісного аналізу безвідмовності.

Дедуктивний аналіз

Суть дедуктивного методу зводиться до необхідності послідовного переходу від найвищого рівня (наприклад, системи чи підсистеми) до нижчих рівнів для визначення відхилень у роботі системи. Дедуктивний метод орієнтований на події і використовується для визначення відмов декількох елементів (одночасно або послідовно), наявності типових

несправностей зі спільною причиною. Це особливо важливо при відмовах, які виникають від сприяння умов експлуатації, наприклад, при спільному впливі на надійність всіх систем складних технічних систем температури навколишнього середовища.

Індуктивний аналіз

Суть індуктивного методу аналізу зводиться до визначення видів несправностей на рівні елементів, коли вплив типу несправності на роботу системи в цілому переноситься на наступний, вищий рівень системи. Цей метод дає змогу точно визначити однотипні види несправностей. Найпоширенішим індуктивним методом аналізу надійності є метод аналізу характеру та наслідків відмов. Кількісні оцінки імовірності відмов розраховують безпосередньо на основі прогнозування безвідмовності.

Порівняльний детальний аналіз методів кількісного аналізу показників надійності (аналіз характеру та наслідків відмов, аналіз діагностичного дерева відмов, аналіз блок-схеми надійності, прогнозування надійності за кількістю елементів (лямбда-метод), Марковський аналіз, імовірнісно-фізичний метод) показав, що в залежності від складності системи поєднання дедуктивного методу (для окремих елементів системи) з індуктивним (для системи в цілому) дає можливість виключити недоліки кожного з них. Таке поєднання можна зробити ітеративним шляхом, коли окремими ітераціями, побудовою дерева відмов системи, можна не тільки проаналізувати показники надійності, а й їх прогнозувати.

Такі переваги має також імовірнісно-фізичний метод аналізу надійності [2]. Однак, слід зауважити, що цей метод аналізу має недоліки: не дає опису невірних або неочікуваних наслідків, якщо фахівець у галузі аналізу не вживе спеціальних заходів і не враховує приробіток (припрацювання).

Якісний аналіз відмов або нормального стану ЛА при експлуатації об’єкту може бути здійснений комбінацією двох методів: дедуктивного та індуктивного [3].

Оцінка надійності складних технічних систем за допомогою описаного в [3] ітеративного методу добавляє більш достовірний характер аналізу показників надійності, одночасно робить його і однозначним, оскільки зводить оцінку надійності надалі до одного узагальненого розподілу. Це в значній мірі полегшує порівняння надійності різних типів складних технічних систем. Таке порівняння тим більше зручно, що самі формули визначення показників надійності таким методом враховують одночасно і раптові, і поступові відмови. Крім того, представляється можливість наглядного графічного визначення показників надійності.

Висновки: пропонується використовувати при *якісному* аналізі надійності на стадії введення в експлуатацію, експлуатації та ремонті складної технічної системи ітеративний метод – коли дедуктивний та індуктивний метод доповнюють один одного [3].

Список використаної літератури

1. *Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М.* Надійність машин. – К.: Либідь, 2003. – 424 с.
2. ДСТУ 3433-96 Надійність техніки. Моделі відмов.
3. *Нечипоренко О. М*. Основи надійності літальних апаратів. Навчальний посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 240 с. – Бібліогр.: с. 235-239. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-360-2.

УДК 004.75

ЗАСТОСУВАННЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ

Алєксєєва І.В., Федорова Л.Б.
Кафедра математичного аналізу та теорії ймовірностей,
НТУУ «Київський політехнічний інститут», Україна, Київ
E-mail: alexir1@ukr.net, fedorova_lb@yahoo.com.ua

Topic

In this article the results of observations for ^{222}Rn content in air, air temperature, barometric pressure and humidity received by sensors are analyzed.

Сенсорні мережі складаються з різних типів датчиків: сейсмічних, акустичних, теплових інфрачервоних тощо. Вони здатні виконати різноманітні вимірювання умов зовнішнього середовища, такі як:

- температура,
- вологість,
- тиск,
- наявність або відсутність деяких об'єктів,
- динамічні характеристики, такі як швидкість, напрям і розмір об'єкту.

Можливості мікроелектромеханічних систем, бездротового зв'язку та цифрової електроніки дозволяють застосовувати нові технології у військовій справі, дослідженні зовнішнього середовища, медицині, у будинках та на інших об'єктах.

Прогрес у галузі технології дистанційного зондування і автоматизований збір даних дозволяє застосовувати датчики для дослідження змін в метеорологічних та гідрологічних процесах. Прогрес сенсорних мереж полягає в можливості з'єднання з Інтернетом, що дозволяє здійснювати контроль, моніторинг і спостереження зовнішнього середовища віддаленими користувачами. Одним з прикладів застосування сенсорних мереж в метеорології та гідрології є розгортання прототипу мережі метерологічних датчиків у Національному парку Йосемити в Каліфорнії [2]. Управління водними ресурсами в даній місцевості ускладнюється перепадом висот від 1200 до 3700 метрів, що суттєво впливає на терміни танення снігу. Датчики вимірюють рівень води, температуру, хімічні включення та атмосферний тиск.

Аналогічними дослідженнями в Україні займаються в Держгідрометі [3]. У зв'язку з наслідками аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) виникає потреба у спостереженнях за радіоактивним забрудненнями поверхневих вод та повітря. Найбільший внесок у радіаційний фон Землі надає радіоактивний інертний газ радон, що є продуктом розпаду урану і торія. Небезпечний вплив надлишку радона на людину ні у кого не викликає сумнівів. За данними Наукового комітету ООН, від 5 до 20% всіх онкологічних захворювань пов'язано з впливом на організм радону. Радон виділяється з водної поверхні в атмосферу. Концентрація радону у повітрі залежить від геологічної обстановки та погодних умов.

В 2010 році під час дослідницької експедиції на Чорному морі кожні 10 хвилин протягом двох тижнів датчики вимірювали температуру повітря, атмосферний тиск, вологість повітря та концентрацію радону. Одержані показники передавалися на комп'ютер.

Проведено статистичний аналіз одержаних емпіричних даних за 27.07.2010. Перевірено гіпотезу про нормальний розподіл даних концентрації радону за критеріями типу Колмогорова, Шапіро-Франсіа та критерієм ексцесу. Кількість елементів виборки - 76.

Модифікований критерій Колмагорова		
0,061348	0,338924	Гіпотеза про нормальність не відхиляється
Критерій Шапіро-Франсіа		
0,979033	0,204977	Гіпотеза про нормальність не відхиляється
Критерій ексцеса		
-0,02766	0,479755	Гіпотеза про нормальність не відхиляється

Перевірено залежність концентрації радону в повітрі від температури і вологості повітря. Обчислено значення коефіцієнтів кореляції Пірсона в обох випадках.

Кореляція між концентрацією радону і вологістю	Кореляція між концентрацією радону і температурою повітря
Коефіцієнт Пірсона	Коефіцієнт Пірсона
0,860018741	-0,90678055
Довірчий 95% інтервал	Довірчий 95% інтервал
0,77965926	-0,94228181
0,912511444	-0,851117016

Зауважимо, що додатний коефіцієнт кореляції в першому випадку вказує на збільшення концентрації радону із зростанням вологості повітря. В другому випадку – від'ємний коефіцієнт кореляції ілюструє зниження концентрації радону при підвищенні температури.

Проведено аналіз часових рядів методом ковзного середнього. Для обчислень застосовувалась програма AtteStat 8.1, яка виконана у вигляді настройки до Microsoft Excel і складається з функціонально незалежних модулів. На рис.1 показана залежність концентрації радону (^{222}Rn) від часу.

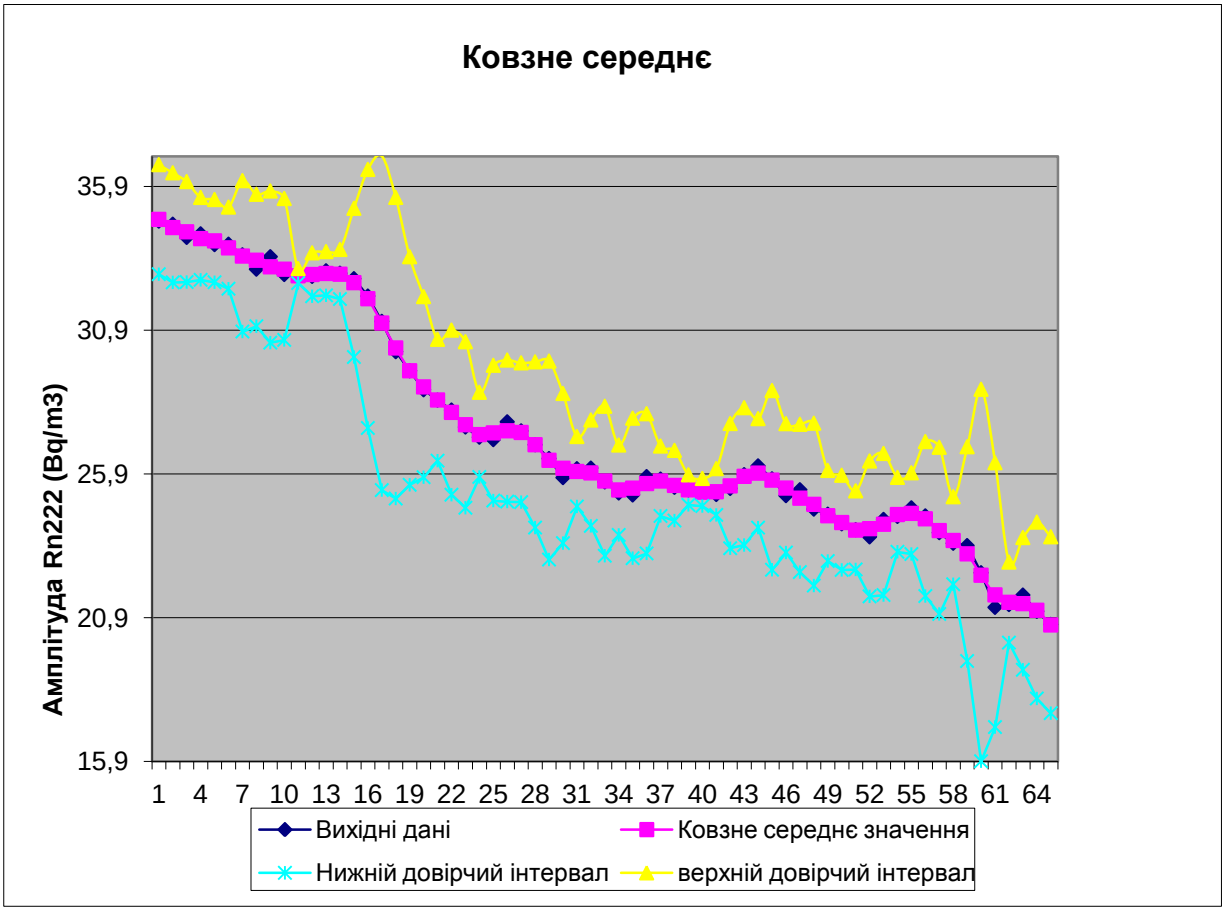


Рис.1

Висновки.

З розвитком обчислювальної техніки і засобів зв'язку настає ера безпровідних мереж. В таких мережах за допомогою мікрокомп'ютерів здійснюється обмін одержаних в результаті вимірювання природно-фізичних процесів або передача їх на центральний блок, розроблений для обробки одержаних даних. Людина через Інтернет отримує можливість вести моніторинг, контролювати і, навіть, управляти природними процесами.

Література.

1. Беспроводные сенсорные сети: обзор Акулдиз И.Ф. (Перевод с английского: Левжинский А.С.)/ Ел. ресурс http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128601003024
2. Jessica D. Lundquist , Daniel R. Cayan, and Michael D. Dettinger. Meteorology and Hydrology in Yosemite National Park: A Sensor Network Application /http://tenaya.ucsd.edu/~jessica/Lundquist_sensornetwork.pdf
3. Канівець В.В., Деркач Г.А. Цезій-137 у воді і завислих наносах української ділянки річки Дунай/ Гідробіологічний журнал. – 2011.- Т.47, № 6.

УДК 681.586.5

МОДЕЛЬНИЙ ПРИКЛАД ОПТИМАЛЬНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗАШУМЛЕНИХ ВИМІРІВ В ТЕЛЕКОМУНИКАЦІЙНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМАХ ІЗ ОПТИЧНИМИ ЛІНІЯМИ З'ВЯЗКУ(ОЛЗ)

О.І. Лисенко, д.т.н., професор[1], Л.О. Афанасьєва, здобувач, м.н.с. НДЦ МД[2]
[1,2]Національний технічний університет України «КПІ»
E-mail: a_i_lysenko@voliacable.com
liana.afanasyeva@gmail.com

Проблема фільтрації сигналів та зображень в автокорельованих завадах традиційно привертала увагу в різних областях науки і техніки, що обумовлено практичною важливістю її рішення стосовно зображень геофізичних полів і даних дистанційного зондування та до завдань медичної діагностики.

В докладі розглядається приклад застосування оптимальної фільтрації для обробки зашумлених вимірів в сенсорних телекомунікаційних системах із оптичними та волоконно-оптичними лініями зв'язку та пропонується структура алгоритму фільтрації.

Результати практичних вимірів, що підлягають обробці, містять певний корисний сигнал на фоні різного роду перешкод (шумів), при цьому спектр перешкод в загальному випадку представлений по всьому інтервалу головного частотного діапазону та накладено на спектр корисного сигналу. У цих умовах ставиться завдання реалізації оптимальних фільтрів, які дозволяють досить надійно проводити виявлення сигналу та виділяти сигнал на фоні завад або пригнічувати завади без істотного спотворення сигналу.

На практиці часто виникають задачі визначення стану системи за результатами вимірювань. Так як вимірювання завжди супроводжуються випадковими помилками, то слід говорити не про визначення стану системи, а про його оцінювання шляхом статистичної обробки результатів вимірювань. Теорія лінійної фільтрації Калмана-Бьюсі була розповсюджена на випадок довільної перешкоди в спостереженнях, для якої існує лінійний формуючий фільтр, що описується диференціальним рівнянням Гулько-Новосельцевої.

Структура запропонованого алгоритма фільтрації сигналів включає в себе наступні етапи.

1) Виходячи з того, що корисний сигнал представлений у вигляді суми синусоїди даної частоти ω_0 з випадковою або невідомою амплітудою і фазою та стаціонарною випадковою функцією з коваріаційною функцією $k(\tau) = De^{-a|\tau|}(\cos\omega_1\tau + \frac{a}{\omega_1}\sin\omega_1|\tau|)$, з адитивної суміші його з завадою, що має коваріаційну функцію $k_1(\tau) = D_1e^{-a|\tau|}$ маємо наступне диференційне рівняння

$$\dot{Z}_1 = Z_2,\ \dot{Z}_2 = -\omega_0^2 Z_1,$$

де $Z_1(t)$-синусоїдальний сигнал, а $Z_2(t)$ - його похідна.

2) Стаціонарна випадкова функція $Z_3(t)$ буде розглядатися як вихідний сигнал формуючого фільтра, що описується рівняннями

$$\dot{Z}_3 = Z_4,\ \dot{Z}_4 = -b^2 Z_3 - 2aZ_4 + V,$$

де $b^2 = a^2 + \omega^2$,а V - білий шум інтенсивністю $v = 2Dab^2$.

3) Сигнал, що спостерігається визначається формулою

$$X = Z_1 + Z_3 + U,$$

U - завада з коваріаційною функцією $k_1(\tau) = D_1e^{-a|\tau|}$.

4) Таким чином маємо систему з чотиривимірним вектором стану, що описується рівнянням $\dot{Z} = a_1 Z + a_0 + \psi V$ при $a_0 = 0$:

$$a_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\omega_0^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -b^2 & -2a \end{bmatrix}, \quad \psi = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Формуючий фільтр для завади U описується рівнянням $\dot{U} + \alpha U = V_1$, де V_1-білий шум інтенсивністю $v_1 = 2D_1\alpha$.

5) Сигнал, що спостерігається пропустимо через зворотню систему, що є форсуючою ланкою першого порядку з передаточною функцією $s + \alpha$. В результаті отримаємо сигнал X_1 з завадою, що представляю собою білий шум. Матимемо:

$X_1 = \dot{X} + \alpha X = \dot{Z}_1 + \alpha Z_1 + \dot{Z}_3 + \alpha Z_3 + V_1 = \alpha Z_1 + Z_2 + \alpha Z_3 + Z_4 + V_1$, який визначається як $X = b_1 Z + b_0 + \psi_1 V$ при $b_1 = [\alpha \quad 1 \quad \alpha \quad 1]$, $b_0 = 0$, $\psi_1 = [0 \quad 1]$

6) З формули $\beta = (Rb_1^T + \psi v \psi_1^T)(\psi v \psi_1^T)^{-1}$ знаходиться $\beta = Rb_1^T v_1^{-1}$.

$$\beta = Rb_1^T v_1^{-1} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} \\ R_{12} & R_{22} & R_{23} & R_{24} \\ R_{13} & R_{23} & R_{33} & R_{34} \\ R_{14} & R_{24} & R_{34} & R_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ 1 \\ \alpha \\ 1 \end{bmatrix} * \frac{1}{2D_1\alpha} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \end{bmatrix},$$

де $\beta_p = \dfrac{\alpha R_{p1} + R_{p2} + \alpha R_{p3} + R_{p4}}{2D_1\alpha}$ $(p = 1,2,3,4)$.

7) Коваріаційна матриця похибки R, в даному випадку має вигляд

$$\dot{R} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\omega_0^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -b^2 & -2a \end{bmatrix} R + R \begin{bmatrix} 0 & -\omega^2 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -b^2 \\ 0 & 0 & 1 & -2a \end{bmatrix} -$$

$$-\frac{R}{2D_1\alpha} \begin{bmatrix} -\alpha^2 & \alpha & \alpha^2 & \alpha \\ \alpha & 1 & \alpha & 1 \\ \alpha^2 & \alpha & \alpha^2 & \alpha \\ \alpha & 1 & \alpha & 1 \end{bmatrix} R + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2Dab^2 \end{bmatrix}$$

Метою даного дослідження є обробка зашумлених вимірів в системах тестування волоконно-оптичних ліній зв'язку для підвищення точності результатів вимірювань та відповідно здатності мережі зв'язку виконувати задані функції з передачі інформації з достовірністю, яка встановлена нормами протягом тривалого часу.

Література

1. Пугачев В.С.Стохастические дифференциальные системы. Анализ и фильтрация./ В.С. Пугачев, И.Н. Синицын. – 2-е изд., доп. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1990. – 632 с.
2. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. /В.С. Пугачев – М.: Наука. Главная редакция физико-математическойлитературы, 1979. – 496 с.

УДК 531.383

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ОРІЄНТАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ПЛАТФОРМИ НА БАЗІ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ОДНОАНТЕННОГО ПРИЙМАЧА СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

О.П. Мариношенко, В.О. Митрошин, О.В. Прохорчук

Вступ

Останнім часом глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) використовуються не тільки для визначення місцязнаходження рухомого об'єкту, але і для визначення його просторової орієнтації.

Достатньо детально досліджені системи визначення орієнтації та положення рухомих об'єктів за допомогою багатоантенних приймачів супутникових навігаційних систем (СНС). З метою зменшення вартості таких систем постала задача розробки алгоритму визначення трьох кутів орієнтації телекомунікаційної платформи (ТП) на базі безпілотного літального апарату (БПЛА) за допомогою одноантенного приймача СНС.

Постановка задачі

Проаналізувати можливість визначення кутів орієнтації телекомунікаційної платформи за допомогою інформації, що надходить від одноантенного приймача СНС про швидкість V_g та прискорення a_g рухомого об'єкту відносно поверхні Землі.

Визначення кутів орієнтації ТП

Два кути орієнтації визначаються з вектору швидкості $\tilde{V}_g$ по відношенню до системи координат, осі якої напрямлені на північ, схід та по місцевій вертикалі. Ці кути розраховуються за формулами:

$$\tilde{\varphi}_s = \arctan\left(\frac{V_{gy}}{V_{gx}}\right),\ \tilde{\theta}_s = \arctan\left(\frac{-V_{gz}}{\sqrt{V_{gx}^2 + V_{gy}^2}}\right),$$

де $\tilde{\varphi}_s$ - кут курсу, а $\tilde{\theta}_s$ - кут тангажу.

З урахуванням припущення про координований розворот, нормальна компонента прискорення ТП буде рівною сумі вектору прискорення підйому l і нормальній компоненті гравітації:

$$a_a^n = l + g^n.$$

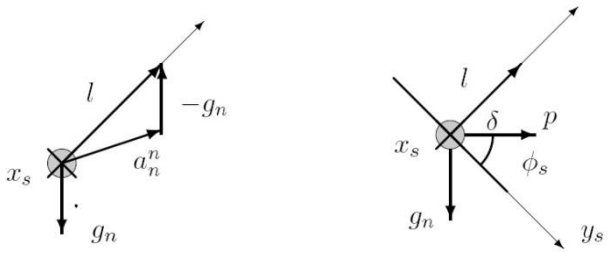


Рис. 1. Визначення вектору підйому

Рис.1 показує прискорення a_a^n і g^n і вектор швидкості V_a, напрямлений від нас. Вектор прискорення підйому l по визначенню перпендикулярний траєкторії польоту і може бути записаний як:

$$l = a_a^n - g^n.$$

Визначимо базисний вектор p:

$$p = g \times V_a = g^n \times V_a .$$

Кут δ між l і p:

$$\delta = \arccos\left(\frac{l \cdot p}{\|l\| \cdot \|p\|}\right),\ \phi_s = \arcsin\left(\frac{l \cdot p}{\|l\| \cdot \|p\|}\right),$$

де ϕ_s відноситься до кута крену в швидкісній СК.

Матриця напрямних косинусів $R(\psi, \theta, \phi)$ позначає поворот від НСК до зв'язаної СК, що задана кутами Ейлера (ψ, θ, ϕ).

Таким самим чином позначимо матрицю напрямних косинусів $R(\psi_s, \theta_s, \phi_s)$, що є поворотом від нормальної системи координат (НСК) до швидкісної СК, що задана кутами Ейлера $(\psi_s, \theta_s, \phi_s)$. Поворот від швидкісної СК до зв'язаної СК описується $R(0, \alpha, 0)$. Тоді співвідношення між двома наборами кутів Ейлера буде:

$$R(\psi, \theta, \phi) = R(\psi_s, \theta_s, \phi_s) \cdot R(0, \alpha, 0).$$

Останнє рівняння приводить до двох корисних виразів:

$$\sin\theta = \cos\alpha \cdot \sin\theta_s + \sin\alpha \cdot \cos\phi_s \cdot \cos\theta_s,\ \sin\phi = (\cos\theta \cdot \sin\phi_s) / \cos\theta.$$

Для випадку, коли $\alpha = 0$ ці вирази спрощуються:

$$\sin\theta = \sin\theta_s,\ \sin\phi = \sin\phi_s.$$

Кут псевдокрену $\tilde{\phi}_s$ визначається як ефективний кут крену, що відповідає боковому рівню зміни вектора швидкості V_g.

Кут псевдокрену визначається наступним чином:

$$\tilde{a}_a^t = \frac{a_a \cdot V_g}{\|V_g\|^2} V_g,\ \tilde{a}_a^n = a_a - \tilde{a}_a^t,\ \tilde{g}^t = \frac{g \cdot V_g}{\|V_g\|^2} V_g,\ \tilde{g}^n = g - \tilde{g}^t,$$

$$\tilde{l} = \tilde{a}_a^n - \tilde{g}^n,\ \tilde{p} = g \times V_g = \tilde{g}^n \times V_g,\ \tilde{\phi}_s = \arcsin\left(\frac{\tilde{l} \cdot \tilde{p}}{\|\tilde{l}\| \cdot \|\tilde{p}\|}\right).$$

Для розрахунку $\tilde{\phi}_s$ приймається, що вектор швидкості вітру W є квазістаціонарним, тоді:

$$\frac{d}{dt} W \approx 0 .$$

В цьому випадку прискорення центра мас ТП a_a вже не залежить від вектору швидкості вітру W, тоді:

$$a_a = \frac{dV_a}{dt}\bigg\|_W \approx \frac{dV_g}{dt}\bigg\|_{НСК} = a_g .$$

Для координованого розвороту та помірних вітрових збурень кут псевдокрену практично збігається з кутом крену в швидкісній СК та зв'язаній СК. Для випадку координованого розвороту, використовуючи апроксимацію другого порядку, отримуємо різницю між псевдокреном $\tilde{\phi}_s$ і креном в швидкісній СК ϕ_s:

$$\phi_s - \tilde{\phi}_s \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{\tan\phi_s}{1 + (\tan\phi_s)^2} \cdot \rho^2,$$

де ρ - означає кут між векторами V_a і V_g.

Для ТП зі швидкістю польоту 180 км/год, що розвертається з кутом крену в 45 градусів, при дії бокового вітру зі швидкістю 70 км/год, похибка визначення кута псевдо-крену не перевищує 2 градусів.

У випадках некоординованого маневру чи дуже сильного поперечного вітру псевдокрен може значно відрізнятися від реального кута крену, тоді необхідно вводити до складу системи орієнтації та навігації ТП систему повітряних сигналів, яка дає можливість визначити швидкість літального апарату відносно повітряних мас V_a та визначити кути атаки α і ковзання β.

Висновки

В статті авторами запропонований алгоритм визначення псевдо-орієнтації ТП на базі БПЛА за допомогою інформації про швидкість V_g і прискорення a_g рухомого об'єкта відносно Землі, які вимірюються або розраховуються приймачем СНС. Показана можливість побудови такої системи, при цьому похибка визначення кута псевдо-крену не перевищує 2 градусів за умови координованого розвороту ТП, що розвертається зі швидкістю 180 км/год та кутом крену в 45 градусів, при дії бокового вітру зі швидкістю 70 км/год.

Список літератури

1. Розробка та дослідження системи орієнтації та навігації безпілотного літального апарату з використанням мікромеханічних технологій та багатоантенних GPS/ГЛОНАСС приймачів / О.В. Збруцький, О.І. Нестеренко, О.В. Прохорчук, А.Г. Січкар. // Зб. Праць інституту математики НАН України. – Сучасні проблеми аналітичної механіки – 2004. – 1, №2. – с.97-114.
2. В.В. Конин. Системы спутниковой радионавигации / В.В. Конин, В.П. Харченко. – К.: Холтех, 2010. – 520 с.
3. Hofmann-Wellenhof B. GNSS – Global Navigation Satellite Systems. GPS, GLONASS, Galileo, and more // Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H,, Wasle E. – Springer-Verlag Wien. – 2008. – 516 p.
4. Gang Lu. Attitude determination in a survey launch using multi-antenna GPS technologies. / Gang Lu, M.E. Cannon, G. Lachapelle. - National Technical Meeting, ION. San Francisco, 20-22 Jan 93.

УДК 004.725.4

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

І. О. Нечипоренко, О.І. Лисенко
НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем
E-mail: sunny-love@list.ru

Simulation modes of wireless sensor networks

The development of wireless technology has allowed the creation of wireless sensor networks. In these provided systematic data on these networks, the characteristics of construction, and proposed method of optimizing the time modes of the sensor network by using graphs.

Одним з важливих складових елементів телекомунікаційних систем (ТКС) є безпроводові сенсорні мережі (БСМ), які являють собою специфічну структуру, що забезпечує вирішення задач моніторингу, збирання, зберігання та обробки інформації. Сучасна телекомунікаційна сенсорна мережа (WSN) – безпроводова мережа, яка складається з просторово розподілених автономних пристроїв з використанням датчиків, які забезпечують загальний контроль фізичних, екологічних чи інших параметрів: температури, звуку, вібрації, тиску, руху, дії забруднення та ін.

Сучасна сенсорна система – це розподілена самоконфігуруюча інформаційна система, яка складається з центру збору, обробки та зберігання даних. Вона будується на базі малогабаритних інтелектуальних сенсорних пристроїв, які забезпечують знімання інформації з контрольованих об’єктів. Отже, сенсорна мережа являє собою спеціалізовану інформаційну систему, яка включає в себе: процедури нагляду, моніторингу, виявлення інформаційних сигналів, передавання інформацію в центр обробки, групову обробку інформації, прийняття рішень і формулювання висновків, зберігання й архівацію даних.

Сенсорні мережі знайшли широке застосування в промисловості, сільському господарстві, правоохоронних, контролюючих і охоронних структурах. Передбачається стійка тенденція щодо розширення сфери їх застосування, за якістю моніторингу, стійкості, адаптованості.

Одне з актуальних застосувань стаціонарних сенсорних мереж – це забезпечення моніторингу житлових, господарських та адміністративних приміщень. Це так названа проблема створення «Інтелектуального будинку». В такій системі встановлюються датчики для різних служб «Інтелектуального будинку»: управління світлом, кліматом, домашньою електронікою.

Прикладом рухомих сенсорних мереж можуть бути мережі, які застосовуються в біологічній сфері, наприклад, для систематичного вимірювання параметрів медичних показників людини (тиску, температури і т.д.).

Більшість сенсорів є мобільними пристроями з вбудованими джерелами енергії. Тому одним з факторів тривалості функціонування вузла є енергоспоживання. Пасивне сканування каналу призводить до великих втрат енергії. Рішенням поставленого завдання є періодична активність вузлів (рис. 1). Тобто, вузол може працювати в трьох режимах: робочий – повне функціонування вузла, пасивний – часове сканування каналу на наявність несучої і для отримання інформації синхронізації усіх вузлів, і неробочий, при якому вузол не функціонує.

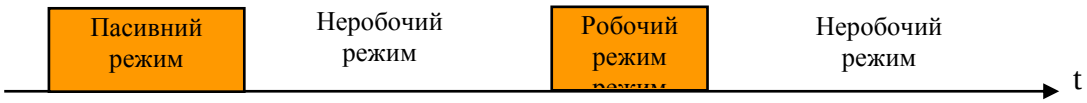


Рис. 1 Цикл функціонування вузла

Проведемо оптимізацію за часом режимів роботи сенсора за допомогою мережного графіку. В практиці управління великими ТК компаніями практично завжди застосовується метод мережного планування та управління (МПУ). Основою методу МПУ є мережний

графік (мережна модель), який відображає логічний взаємозв'язок та взаємообумовленість елементарних робіт (операцій), що входять до його складу.

Мережні графіки – це орієнтовані графи (орграфи), дугам або вершинам яких надані деякі числові значення. В системах МПУ використовуються наступні найбільш поширені способи побудови мережних графіків:

1. Мережні графіки в термінах «дуги-операції» (під операцією розуміється деяка робота). В таких графіках вершини, що носять назву «події» відповідають моментам часу початку або завершення однієї чи декількох операцій, а дуги – операціям (діям);

2. Мережні графіки в термінах «дуги-зв'язки», в яких операції зображуються вершинами мережі, а дуги показують порядок виконання (взаємозв'язок) окремих операцій. На сьогодні найбільше розповсюдження має перший спосіб. Перейдемо до детального розгляду цього способу.

В мережному графіку розрізнять 3 види подій:

1. Вихідна;
2. Завершальна;
3. Проміжна.

Вихідна подія – це така подія із якох починається виконання комплексу операцій.

Завершальна подія – відповідає досягненню кінцевої мети, тобто завершенню комплексу операцій. Мережний графік із декількома завершальними подіями носить назву багатоцільового.

Проміжними – є всі інші події.

Вважається, що подія не має тривалості в часі, а відбувається миттєво. Моментом часу завершення події вважається момент завершення виконання усіх операцій, що входять до складу події. Доти, доки не виконані всі операції, що входять до складу події не можу відбутися сама подія та не може бути розпочата жодна із операцій, що йдуть безпосередньо за цією подією.

Операції бувають трьох видів:

1. «Реальна операція» (позначається «→») – це процес, що вимагає витрат часу та ресурсів: поставки матеріалів, виконання робіт, створення моделі і т.д.

2. «Операція очікування» (позначається «_._._») – це процес, який потребує лише витрат часу: тесування обладнаня, калібрування приладів, вихід на номінальний температурний режим

3. «Фіктивна операція» (позначається «---») або логічна залежність, відображає технологічну або ресурсну залежність при виконанні деякої операції.

Оптимізація за часом комплексу операцій, модель якого представлена мережним графіком, полягає у скороченні критичного часу, тобто у скороченні критичного шляху – найдовшого шляху за мережним графіком. Така задача виникає тоді, коли критичний час виконання комплексу операцій перевищує час «T_{kr0}», який задано умовами задачі вищого рівня.

Зрозуміло, «t_{kr}» обчислюється для номінальних умов виконання операцій, які вимагають деяких номінальних витрат ресурсів. В більшості випадків існують деякі межі зміни ресурсу, що впливає на швидкість перебігу операцій, в яких можливо лінійно (в незначних межах) або нелінійно (в значних межах) впливати на тривалість операцій. Якщо із резервами часу виконання операцій, що не належать критичному шляху можливо пов'язати резерви ресурсів, то ці резерви доцільно спрямувати на інтенсифікацію операцій критичного шляху.

Задачі оптимізації комплексу операцій за часом розглядають у двох постановках:

1. Із залученням додаткових ресурсів;
2. Із раціональним використанням внутрішніх резервів.

Розглядатиметься задача оптимізації комплексу операцій за часом із залученням додаткових ресурсів, а сама оптимізація проводитиметься за допомогою пакету програм Mathlab Simulink та вбудованої до неї функції «linprog».

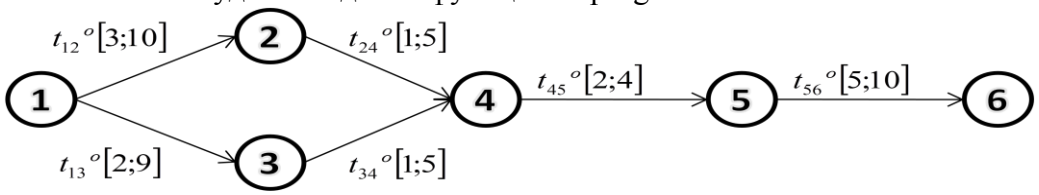


Рис. 2 Мережний графік комплексу операцій режимів роботи сенсора

На цьому графіку бачимо 7 подій, які відповідають таким позначенням:

Будемо вважати, що «1» - це початок роботи сенсора і сенсор може вимірювати 2 параметри – рівень вологості і температуру повітря.

(1;2) – вимірювання рівня вологості сенсором;

(1;3) – вимірювання температури;

(2;4) та (3;4) – передача даних на сервер;

(4;5) – аналіз енергетичних ресурсів батареї сенсора;

(5;6) – перехід у пасивний режим.

Для визначення критерію оптимізації насамперед потрібно задатися часом тривалості кожної операції (рис.2), перша цифра – мінімально необхідний час на виконання кожної операції, остання – максимальний час, який може витрачатися на операцію.

$$t_{12} \in [3;10] \qquad (1)$$

Наступним етапом є введення на кожній операції додаткових ресурсів, наприклад таким чином:

$$t_{12} = 10 - 0{,}2x_{12} \qquad (2)$$

де x_{12} - вкладений зовнішній ресурс (наприклад, гроші).

Для правильної постановки задачі потрібно визначити область допустимих розв’язків, яка задається наступними обмеженнями:

- обмеження, пов’язані із тривалістю операцій, час тривалості кожної операції неможливо зменшити нижче мінімального значення;
- обмеження, пов’язані із хронологічною послідовністю операцій, кожна наступна операція не може початися раніше за попередню;
- залежність операцій від об’єму вкладених ресурсів.

Постановка задачі набуває вигляду критерію мінімізації найбільшого критичного часу проходження по мережному графіку (тобто найдовший час проходження сенсором усіх подій має бути мінімальним):

$$W = t_{56}^{f} \to \min_{X \in G}, \qquad (3)$$

Де G – область допустимих значень, яка задається раніше введеними обмеженнями.

У результаті виконання моделювання у пакеті програм Mathlab Simulink були отримані чисельні значення періодів часу виконання кожної операції, а також за допомогою функції linprog був визначений мінімально допустимий час виконання сенсором усіх операцій.

Література

1. Akyildiz I.F. Wireless Sensor Networks / I.F. Akyildiz // Tutorial at IEEE INFOCOM. — 2005. — March 14.

2. Горяева С.Н. Особенности построения сенсорных сетей / С.Н. Горяева // 2-а міжнародна наукова конференція «Сучасні інформаційні системи. Проблеми та тенденції розвитку.»: Зб. матеріалів конференції — Х.: ХНУРЕ, — 2007. — С. 145—146.

3. Томашевський В. М. Моделювання систем. Підручник. – К.: Видавнича група BHV, 2007. - 352 с.

УДК 656.71.057:621.31(043.2)

ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВЛЕННЯ МЕРЕЖІ АЕРОДРОМНОГО СВІТЛОСИГНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ З ВРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПЕРВИННОЇ СЕНСОРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Казак В.М., Новачук Л.В.
Національний авіаційний університет
E-mail: novachuk_liliya@ukr.net

The complexification principles information and analytical support of power network of light signaling complex of aerodrome into consideration peculiarities of primary information

The system of complexification of different power supplies of light signaling complex of aerodrome are considered.

Для підвищення імовірності надійного забезпечення електроенергією аеродромного світлосигнального комплексу (АСК) може використовуватися сумісна інформація про наявність електроживлення від різних джерел енергії. АСК за вимогами ІСАО до надійності електроживлення відноситься до електроприймачів першої категорії особливої групи [1,2]. В якості незалежного джерела електроживлення використовуються дизельні генераторні агрегати. Для підвищення показників надійності та живучості запропоновано використовувати як додатковий «гарячий резерв»: сонячні або вітрові установки. Для забезпечення безперебійного живлення два основних джерела енергії, дизель-генератор та сонячні установки об'єднаємо в єдину систему джерел енергії на основі принципу комплексування. Збільшення числа джерел енергії, дія яких заснована на різних фізичних принципах, покращують технічні характеристики системи живлення. Це підвищує надійність та живучість системи, так як вихід із ладу одного з джерел енергії не призводить до відмови системи живлення в цілому.

Отже, під комплексуванням гомогенних та негомогенних пристроїв електроживлення від різних за фізичною природою джерел енергії розуміється їх об'єднання в комплексовану систему, що дає можливість безперебійного забезпечення АСК живленням, підвищення живучості систем, завадозахищеності, надійності функціонування АСК аеропорту.

Пояснимо можливість підвищення надійності забезпечення АСК живленням за рахунок точності вимірювання та обробки інформації про наявність електроживлення за рахунок комплексування вимірювачів різних джерел енергії, що називається способом компенсації похибок (рис. 1). Сигнали, що надходять від різних джерел енергії (*ДЖ1, ДЖ2, ДЖ3, ДЖ4*) оцінюють по одному й тому ж параметру θ з похибками $\xi_1(t)$, $\xi_2(t)$, $\xi_3(t)$, $\xi_4(t)$ відповідно. Після першого відраховуючого пристрою стоїть фільтр *Ф*, який використовуючи апріорні дані про статистичні характеристики похибок, формує оцінку одної з них. Фільтр обирається так, щоб він з мінімальними викривленнями пропускав похибку $\xi_1(t)$ та більш сильніше пригнічував похибки $\xi_2(t)$, $\xi_3(t)$, $\xi_4(t)$. В другому відраховуючому пристрої проходить компенсація похибок, в результаті кінцева похибка виявляється меншою вихідної похибки $\xi_1(t)$ основного джерела живлення *ДЖ1*. В якості фільтра *Ф* може бути використаний режекторний фільтр, що пригнічує похибки $\xi_2(t)$, $\xi_3(t)$, $\xi_4(t)$. Тоді на виході другого відраховуючого пристрою створюється сигнал спостереження:

$$y(t) = x(t) + \xi_1(t) - \xi_2(t) \approx x(t) \qquad (1)$$

Відмінність $y(t)$ від $x(t)$ має місце у випадку, коли фільтру на вдається повністю пригнітити похибки $\xi_2(t)$, $\xi_3(t)$, $\xi_4(t)$ та пропустити без спотворення похибку $\xi_1(t)$.

Тобто $y(t) = x(t) + \Delta x[\zeta(t)]$.

До задачі комплексування різних джерел енергії можливі два основні підходи. Згідно першого із них комплексування здійснюється на етапі первинної обробки інформації про наявність електроживлення АСК, згідно другого – на етапі вторинної обробки інформації. При першому підході на основі спостереження векторного процесу, компоненти якого представляють собою вхідні дані джерел енергії первинної обробки сигналів, синтезується не тільки система об'єднання окремих джерел, але і самі джерела первинної інформації (рис. 1).

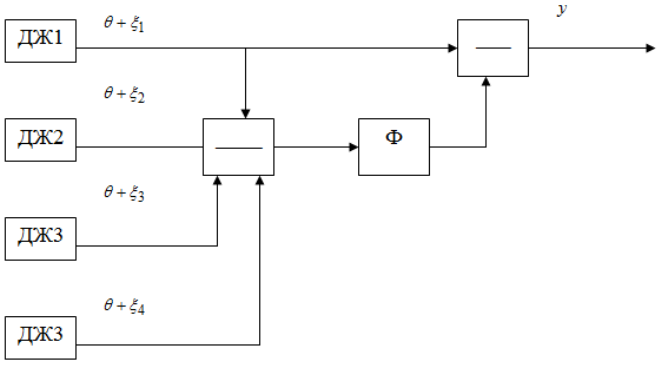


Рис. 1. Схема комплексування вимірювачів параметрів різних джерел енергії способом компенсації

При другому підході компоненти спостережувального векторного процесу представляють собою вихідні дані джерел енергії різної фізичної природи первинної обробки сигналів. При цьому синтезується вся система комплексування. В силу статистичного характеру збурюючих впливів, похибок вимірювань та помилок прийняття рішень в системі елктроживлення АСК при оптимізації комплексування обробки інформації про наявність електроживлення від різних джерел енергії використовуються методи, що засновані на теорії статистичних рішень.

Нехай маємо l вимірювачів. Будемо вважати, що i-й вимірювач оцінює інформативний параметр θ_{it}, $i=1,\dots,l$, або деяку функцію від нього. Припустимо, що ці параметри створюють l – мірний випадковий процес $\theta_t=(\theta_{1t},\dots,\theta_{lt})$, $t\geq 0$. Вихідні дані вимірювачів, що містять інформативні параметри та похибки вимірювань, можна розглядати як реалізацію деякого l – мірного випадкового процесу $y_t=(y_{1t},\dots,y_{lt})$ Розглянемо задачу визначення оптимальної (в байєсівському сенсі) оцінки $d^*_{i\tau}=(d^*_{1i\tau},\dots,d^*_{li\tau})$ векторного параметру θ_τ в деякий момент часу $\tau\succ 0$ по результатах спостереження вихідних вимірювачів y_y на протязі відрізку часу $[0,t]$. Між моментом τ та часом спостереження часу t можливі різні співвідношення: $\tau\prec t$, $\tau=t$, $\tau\succ t$. До цієї задачі оцінювання і зводиться загальна задача оптимального комплексування l вимірювачів.

Відмітимо, що при рішенні загальної задачі не має значення, як комплексуються вимірювачі: на етапі первинної обробки або вторинної. В першому випадку під y_t необхідно розуміти спостережувальний векторний процес на входах вимірювача, в другому – на виходах вимірювачів. Специфіка в рішенні задач буде проявляться при заданні конкретних моделей процеса y_t. При комплексуванні на етапі первинної обробки інформації процес y_t окрім інформативних параметрів θ_t повинен містити випадкові похибки та шуми; на етапі вторинної обробки в якості похибок виступають похибки вимірювачів. Ефективність комплексування в значній мірі буде залежати від того, наскільки адекватна задана модель y_t реальному процесу спостереження.

Позначимо через $\delta_\tau=(\delta_{1\tau},\dots,\delta_{l\tau})$ вектор-функцію рішення, за допомогою якої по реалізаціям $y_0^t=\{y_{1\vartheta},\dots,y_{l\vartheta},\ 0\leq\vartheta\leq t\}$ спостереження на відрізку часу $[0,t]$ процесу y_t виноситься рішення $d_{i\tau}=\delta_\tau(y_0^t)$, тобто $d_{it\tau}=\delta_{i\tau}(y_0^t), i=1,\cdots,l$ що являється оцінкою

параметра θ_t в момент часу $\tau \succ 0$. Задаючи функцію втрат $c(\theta,d)$, де θ та d – l-мірні вектори, шляхом мінімізації апостеріорного ризику: $\min_{\sigma_\tau} M\left\{c\left[\theta_\tau, \delta_\tau(y_0^t)\right] \middle| y_0^t\right\} = M\left\{c\left[\theta_\tau, \delta_\tau^*(y_0^t)\right] \middle| y_0^t\right\}$ можна визначити байєсовські рішення $\delta_{t\tau}^* = \delta_\tau^*(y_0^t)$ - оптимальну оцінку параметра θ_t. Ця оцінка й дає загальні алгоритми оптимального комплексування. При цьому у випадку $\tau = t$ фільтраційна оцінка $\delta_{t\tau}^*$ визначає структуру оптимальної фільтраційної системи комплексування вимірювачів, а при $(\tau \succ t)$ оцінка $\delta_{t\tau}^*$ визначає структури оптимальних інтерполяційної ($\tau \prec t$) та екстраполяційної ($\tau \succ t$) систем комплексування вимірювачів. Якість роботи оптимальної системи комплексування описується байєсівським ризиком:

$$\bar{r}_{t\tau}^* = MM\left\{c\left[\theta_\tau, \delta_\tau^*(y_0^t)\right] \middle| y_0^t\right\} = Mc\left[\theta_\tau, \delta_\tau^*(y_0^t)\right]$$

При квадратичній функції втрат маємо:

$$c(\theta,d) = \sum_{i=1}^{l} (\theta_i - d_i)^2 \tag{2}$$

оптимальні оцінки знаходимо із виразу:

$$d_{t\tau}^* = M(\theta_\tau, \left| y_0^t\right.), \ \tau \langle\rangle t, \tag{3}$$

Якщо існують апостеріорні площини імовірностей параметрів θ_t, i=1, …, l,

$$w(\theta_{i\tau}, \left| y_0^t\right.) = p_{i\tau}(\theta_i), i = 1, \ ..., l, \tag{4}$$

то відповідно з (3):

$$d_{it\tau}^* = \delta_{l\tau}^*(y_0^t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \theta_i p_{i\tau}(\theta_i) d\theta_i. \tag{5}$$

Для функцій втрат (2) байєсівський ризик: $\bar{r}_{t\tau}^* = \sum_{i=1}^{l} M[\theta_{it} - \delta_{i\tau}^*(y_0^t)]^2$.

представляє собою суму середніх квадратів помилок оцінювання параметрів. При цьому середньоквадратичні помилки

$$\sigma_{it\tau} = \sqrt{M[\theta_{i\tau} - \delta_{i\tau}^*(y_0^t)]^2} \tag{6}$$

характеризують найвищі точності оцінювання параметрів, які можуть бути досягнуті при оптимальному комплексуванні. Порівнюючи величини (6) з середньоквадратичними помилками для першочергових оцінок:

$$\sigma_{it} = \sqrt{M(\theta_{i\tau} - y_{it})^2}, \ i = 1, \ ..., l \tag{7}$$

можна визначити ефективність оптимальної системи комплексування обробки інформації. Ефективність комплексування можна підвищити, якщо систему комплексування будувати на основі інтерполяційної оцінки.

Отже, система комплексування джерел енергії різної фізичної природи підвищують надійність системи в цілому та забезпечують АСК безперебійною електроенергією.

Література

1. Электрическое и светотехническое оборудование аэропортов. Справочник / Ю.К. Величко, В.Д. Козлов, И.А. Зеленков и др. / Под ред. Ю.К. Величко. – М.: Воздушный транспорт, 1994. – 272 с.

2. Величко Ю.К. Электроснабжение аэропортов: Учебное пособие.– К.: КИИГА, 1996. – 132.

ОЦІНКА БАГАТОШАРОВОГО ПОЛЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ВІД РОЗПОДІЛЕНОЇ МЕРЕЖІ ДИСТАНЦІЙНИХ ДАТЧИКІВ

С.А. Станкевич, А.В. Васько, М.І. Герда
Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України
Україна, Київ, 01601, вул. Олеся Гончара, 55-Б, st@casre.kiev.ua

Запропоновано оцінку багатошарового поля геопросторових даних на основі обчислення імовірностей виявлення об'єктів спостереження по шарах та їх злиття на основі байєсівської моделі. Запропонована оцінка є критерієм оптимального перерозподілу областей спостереження наявних дистанційних датчиків.

Ключові слова: геопросторові дані, дистанційні датчики, імовірність виявлення об'єктів, байєсівська модель.

Складність та неповна визначеність тематичних задач дистанційного спостереження Землі потребує широкого залучення багато- та гіперспектральних зображень та інших даних від мережі розподілених дистанційних датчиків. До таких датчиків належать супутникові та авіаційні знімальні системи, наземні вимірювальні прилади, тощо. В результаті функціонування мережі датчиків отримуються просторові розподіли (шари) геофізичних, біофізичних, геохімічних, геологічних показників – карти рослинності, ґрунтів, вологовмісту, температури, атмосферні та гідрологічні профілі, сейсмограми, об'єкти господарчої діяльності та інфраструктури, і навіть семантичні описи [1].

Проте метою вирішення більшості тематичних задач дистанційного спостереження Землі є надійне та достовірне виявлення, ідентифікація та визначення місцеположення певних природних або антропогенних об'єктів чи явищ – покладів корисних копалин та інших природних ресурсів, стану екосистем та агроценозів, джерел забруднень, наслідків надзвичайних подій тощо. Такі складні задачі звичайно передбачають залучення до аналізу різноманітних геопросторових даних з наступним прийняттям остаточного рішення в межах певної моделі злиття [2].

Основний принципом аналізу наявних геопросторових даних має бути забезпечення відповідності системи виявлених об'єктів спостереження реальній геоситуації на всіх етапах вирішення той чи іншої тематичної задачі. Але оскільки дистанційні та допоміжні дані, як правило, є спільними для більшості тематичних задач, виникає вимога інтегрування всієї наявної геопросторової інформації до єдиної системи геоінформаційного забезпечення прийняття управлінських рішень та управління. Геоінформаційне забезпечення передбачає циркуляцію даних про місцевість і об'єкти на ній в спеціалізованій геоінформаційній системі (ГІС). По своїй суті ГІС – це сполучення цифрової топооснови та геоданих – цифрового масиву необхідної різнорідної інформації, систематизованої та прив'язаної до відповідної точки картографічної системи. Впровадження ГІС дозволяє істотно підвищити точність, актуальність та оперативність відновлення використовуваних геоданих [3].

Умовою ефективного використання ГІС у практиці є постійна актуалізація геоданих. Але періодичність оновлення дистанційних і тем більш наземних даних про об'єкти спостереження в сучасних розподілених авіаційних та супутникових знімальних системах обмежена і майже завжди недостатня [4]. Отже, виникає актуальна задача оптимального або хоч би раціонального розподілу наявних дистанційних датчиків по просторових районах (ділянках) земної поверхні. Зараз ця задача вирішується операторами розподілених мереж виходячи з неформалізованих або слабкоформалізованих експертних уявлень [5]. Метою цієї роботи є обґрунтування концепції такого розподілу на основі імовірнісної оцінки багатошарового поля геопросторових даних.

Кількісним критерієм оцінки поля геопросторових даних пропонується вважати геопросторовий розподіл імовірності виявлення об'єктів спостереження в області функціонування мережі дистанційних датчиків. Якщо *j*-ий дистанційний датчик розподіленої мережі формує зображення *i*-го об'єкта спостереження, то зазначену імовірність P_{ij} може бути оцінено за допомогою модифікованої формули Живичина [6]:

$$P_{ij} = \exp\left[\frac{\ln\alpha \ \mathrm{erf}^{-1}(2\alpha-1)}{\psi_{ij}} \cdot \left(\frac{r_j}{d_i}\right)^2\right] \quad , \qquad (1)$$

де d_i – характерна детальність, яка є унікальною для кожного класу об'єктів спостереження та рівня класифікації, α – імовірність правильного виявлення об'єкта при просторовій розрізненності, що дорівнює характерній детальності, r_j – просторова розрізненність на місцевості, що забезпечується дистанційним датчиком, ψ_{ij} – еквівалентне відношення "сигнал-шум" багатоспектрального зображення *i*-го об'єкта [7]. В (1) параметр α характеризує загальні статистичні можливості виявлення об'єктів в еталонних умовах і визначається експериментально; параметр d_i описує можливості виявлення конкретного об'єкта і може бути визначений, наприклад, за критерієм Джонсона [8]; параметри r_j та ψ_{ij} – це показники просторових та радіометричних можливостей дистанційного датчика при спостереженні об'єктів.

За результатами функціонування розподіленої мережі дистанційних датчиків одержується багатошарове поле спостережень, яке в кожній точці утворює набір імовірностей (1). Для узагальненої оцінки мережі *P* має застосовуватися злиття даних [9]:

$$P = \sum_i c_i P_i = \sum_i c_i \,\&\, P_{ij} \quad , \qquad (2)$$

де $\{c_i\}$ – ваговий вектор важливостей (вартостей) об'єктів спостереження, & – оператор злиття імовірностей, наприклад, байєсівський [2].

В результаті за (2) одержується розподілу імовірнісної оцінки багатошарового поля геопросторових даних, яку можна використовувати для подальшого управління мережею наявних датчиків. Зараз методи оптимального управління такого роду розроблені більш-менш добре [10].

Таким чином, запропонована оцінка багатошарового поля геопросторових даних може стати основою управління розподіленою мережі дистанційних датчиків в задачах аерокосмічного моніторингу.

Література

1. Попов М.А., Кудашев Е.Б., Марков С.Ю., Топольницкий М.В., Станкевич С.А. Принципы построения объединённой е-инфраструктуры геоинормационных ресурсов для оптимизации процедур решения тематических задач дистанционного зондирования Земли // Материалы 14-ой Всероссийской объединённой конференции "Интернет и современное общество".- СПб.: СПб ИТМО, 2011.- С.100-106.
2. Stankevich S.A., Kozlova A.K., Vasko A.V., Gerda M.I. Hybrid model for data fusion in remote sensing research of the Earth // Abstracts of 11th Ukrainian Conference on Space Research.- Yevpatoria: Space Research Institute, 2011.- P.74.
3. Бурачек В.Г., Железняк О.О., Зацерковний В.І. Основи геоінфрмаційних систем.- Ніжин: Аспект-Поліграф, 2011.- 512 с.
4. Бурштинська Х.В., Станкевич С.А. Аерокосмічні знімальні системи.- Львів: Львівська політехніка, 2010.- 292 с.
5. Малышев В.В., Бобронников В.Т., Дарнопых В.В., Шидловский А.В. Планирование целевого функционирования спутниковых систем мониторинга.- М.: МАИ, 2002.- 80 с.
6. Станкевич С.А. Уточнення відомої емпіричної формули оцінки імовірності правильного дешифрування об'єктів на аерокосмічному зображенні // Збірник наукових праць Наукового центру ВПС України.- Вип.7.- Київ: НЦ ВПС, 2004.- С.242-246.

7. Станкевич С.А. Імовірнісно-частотна оцінка еквівалентної просторової розрізненності багатоспектральних аерокосмічних знімків // Космічна наука і технологія, 2006.- Т.12.- № 2/3.- С.79-82.

8. Leachtenauer J.C. Resolution requirements and the Johnson criteria revisited // Proceedings of SPIE, 2003.- Vol.5076.- No.8.- P.1-15.

9. Klein L.A. Sensor and Data Fusion: A Tool for Information Assessment and Decision Making.- Bellingham: SPIE Press, 2004.- 342 p.

10. Deshpande A., Guestrin C., Madden S.R., Hellerstein J.M., Hong W. Model-driven data acquisition in sensor networks // Proceedings of the 30th International Conference on Very Large Data Bases VLDB'04.- Toronto: University of Toronto, 2004.- P.588-599.

УДК 621.396.946

УДОСКОНАЛЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЗВ'ЯЗНОСТІ ВУЗЛІВ ЕПІЗОДИЧНИХ РАДІОМЕРЕЖ

Валуйський С.В.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: samubf@gmail.com

The improved mathematical model of nodes connectivity evaluation of wireless ad hoc networks

Proposed improved mathematical model of nodes connectivity evaluation of wireless ad hoc networks that lets you evaluate not only the availability of connectivity, but also predict its duration in view of the rapid and unpredictable movement of mobile subscribers.

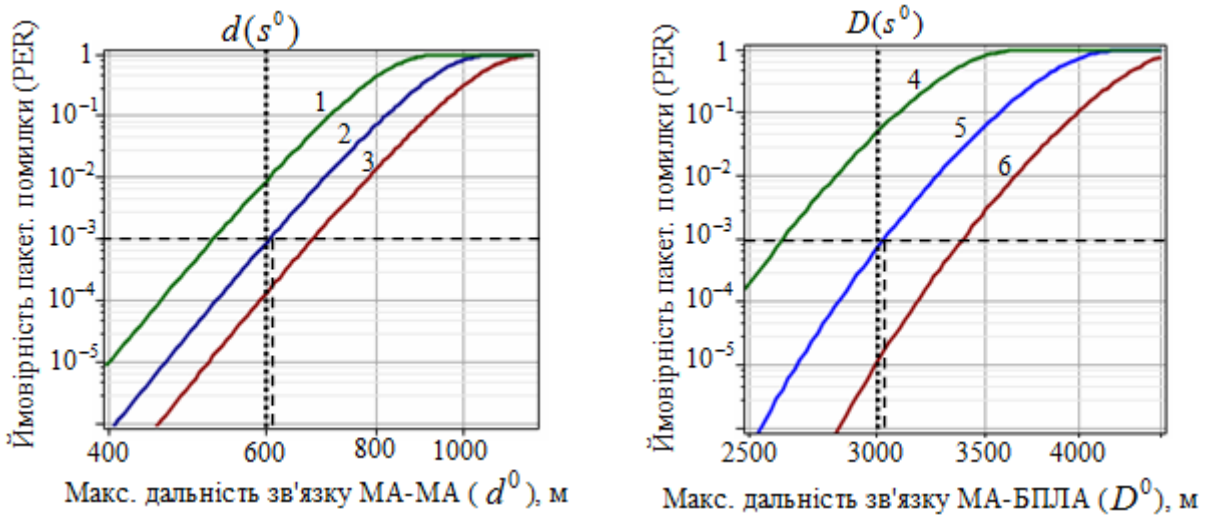
Епізодичні радіомережі (ЕРМ) або *MANET* будуються довільним чином і функціонують за принципом розподілу функцій управління потоками даних серед усіма вузлами мережі. Роль вузлів можуть грати як наземні мобільні абоненти (МА), так і повітряні ретранслятори, наприклад, на основі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1]. В силу своєї архітектури такі мережі не мають постійних з'єднань. Передача даних реалізується на тимчасових зв'язках, які частіше визначаються фізичними параметрами: потужністю прийнятого і переданого сигналу, розташуванням і рухливістю вузлів. Постійний рух вузлів мережі (як МА, так і БПЛА) призводить до труднощів при оцінці наявності з'єднання між ними. Запропоновані на сьогодні математичні моделі оцінки зв'язності вузлів ЕРМ дозволяють оцінити лише наявність зв'язності, не враховуючи величину та характер мобільності абонентів. Тому в роботі запропонована удосконалена модель, суть удосконалення якої полягає в поєднанні сукупності аналітичних моделей оцінки достовірності передачі даних в радіоканалах із сукупністю аналітичних моделей прогнозування переміщення мобільних абонентів.

Показано, що максимальна дальність безпосереднього радіозв'язку пари вузлів мережі обмежується, по-перше, енергетикою радіолінії, при якій відношення сигнал-шум в точці прийому не менше визначеної величини для забезпечення заданої ймовірності пакетної помилки (PER) при заданому виді сигнально-кодової конструкції. Використовуючи модуляцію BPSK в поєднанні зі згортковим кодом типу 133_8,171_8 з швидкістю 1/2, отримано наступні залежності PER від максимальної дальності зв'язку для каналів МА-МА (рис. 1а) та каналів МА-БПЛА (БПЛА-БПЛА) (рис. 1б) при різних значеннях потужності передавача.

По-друге, максимальна дальність безпосереднього радіозв'язку визначається ефективністю функціонування протоколу множинного доступу (МД) до спільного канального ресурсу. При збільшенні протяжності радіолінії зростає інтервал уразливості та відповідно кількість колізій при організації МД, а отже зменшується пропускна здатність та зростає затримка передачі в каналі. Тому максимальна дальність зв'язку може визначатися граничним значення пропускної здатності каналу s^0 при заданій швидкості передачі V, розмірі пакету даних L та інтенсивності трафіку G. Так при $s^0 = 0{,}5$ максимальна протяжність радіолінії МА-МА d^0 має становити не більше 600м для протоколу МД із сигналом «зайнято» (МДСЗ) (показано вертикальною лінією на рис. 1а), МА-БПЛА D^0 – не більше 3000м для адаптивного протоколу МД з резервуванням (АПР) (показано вертикальною лінією на рис. 1б), а на протяжність радіолінії БПЛА-БПЛА не має обмежень (окрім енергетики), оскільки протокол МД, що застосовується в ній, не залежить від нормованого часу розповсюдження пакету.

Таким чином, щоб забезпечити задані вимоги до характеристик протоколів МД, потужність передачі слід обирати таким чином, щоб забезпечити необхідний рівень PER на

відстані, що визначається максимальним часом розповсюдження пакету в стільниках мережі. Так для забезпечення рівня PER 10^{-3} на лінії МА-МА протяжністю 600 м потужність передачі має становити близько 0,8 Вт. У свою чергу для забезпечення того ж рівня PER на лінії МА-БПЛА протяжністю 3000 м потужність передачі має становити близько 4 Вт.



а) б)

Рис. 1. Залежність PER від максимальної дальності зв’язку МА-МА (а) та МА-БПЛА (б) при різних значеннях потужності передачі: 1 – 0,6 Вт; 2 – 0,8 Вт; 3 – 1 Вт; 4 – 3 Вт; 5 – 4 Вт; 6 – 5 Вт

Через свою мобільність абоненти ЕРМ не можуть постійно знаходитись в зоні радіо видимості один одного та зоні покриття БПЛА, отже виникає практичний інтерес розрахунку тривалості зв’язності між ними, протягом якого вони можуть здійснювати інформаційний обмін (побудувати маршрут та передати деяку кількість інформації).

В роботі запропоновано декілька простих математичних моделей переміщення вузлів ЕРМ для дослідження тривалості зв’язності між ними в умовах прямої радіо видимості та з урахуванням ретрансляції. Під *тривалістю зв’язності* $T_{зв\ ij}$ пари вузлів (МА-МА або МА-БПЛА) будемо розуміти час досягнення одного вузла границі зони взаємної радіо видимості з іншим вузлом (наприклад, час досягнення точки *B* границі кола радіусу *R* з центром в точці *A*, як показано на рис. 3). Застосовуючи апарат тригонометрії матимемо:

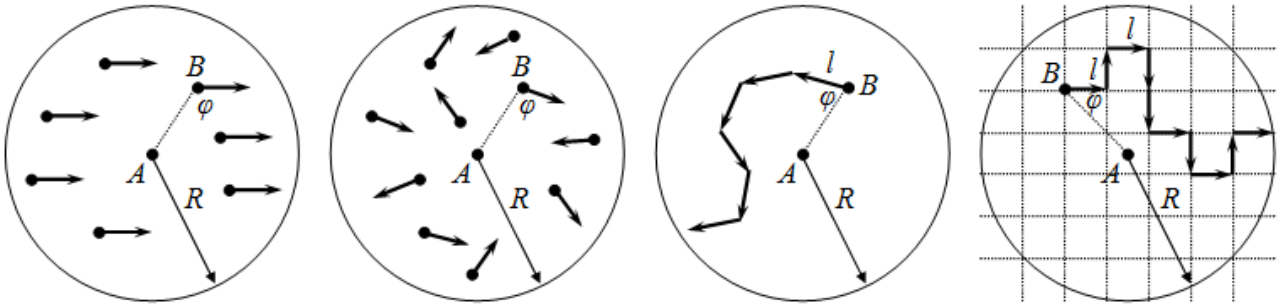
$$T_{зв} = \frac{AB\cos\varphi + \sqrt{R^2 - AB^2\sin^2\varphi}}{v},$$

де *v* – швидкість переміщення вузла *B*, м/с; φ – кут напрямку переміщення.

Таким чином тривалість зв’язності прямо пропорційна радіусу зони покриття та обернено пропорційна швидкості переміщення вузлів. На величину тривалості зв’язності також впливає характер мобільності вузлів. Було виконано моделювання переміщення вузлів за 4-ма сценаріями, що, наприклад, описують рух пошукової бригади під час рятувальної операції (рис. 2): 1) «марш» ($\varphi = const,\ v = const$); 2) «різнобій» ($\varphi = const,\ v = const$); 3) «випадкове блукання полем» ($\varphi = random,\ v = const,\ l = const$); 4) «випадкове блукання містом» ($l = const, v = const,\ \varphi = random\{0^0, 90^0, 180^0, 270^0\}$).

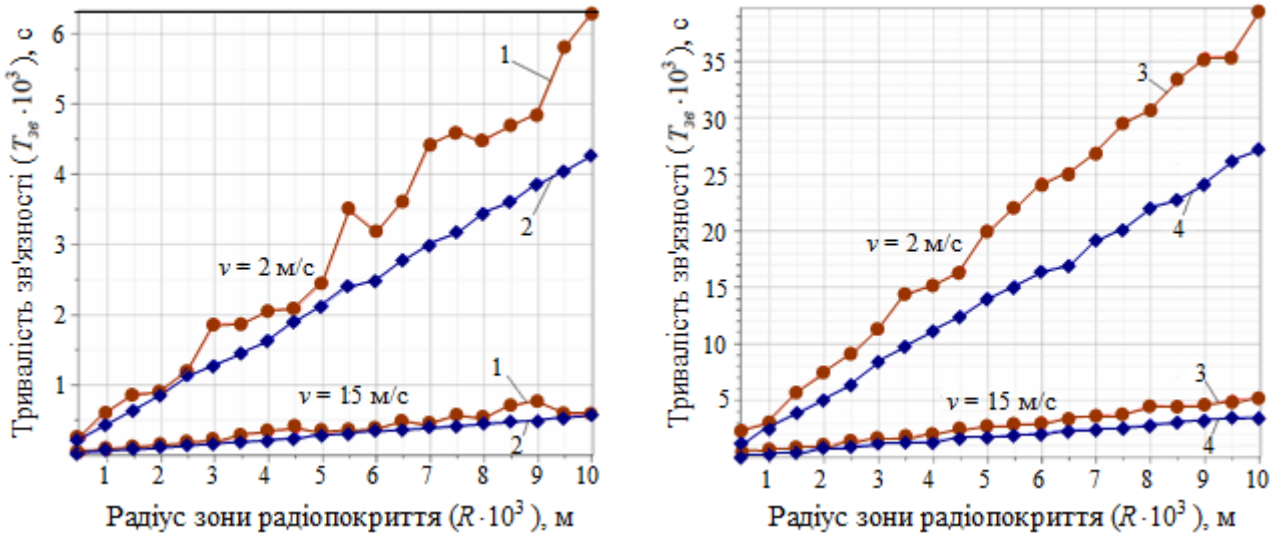
Згідно результатів моделювання (рис. 3) найбільші значення тривалості зв’язності відповідають третьому сценарію, а найменші – другому (при фіксованому радіусі зони покриття *R* та швидкості переміщення вузлів *v*). Так середня тривалість зв’язності з’єднання «БПЛА-пішохід» на випадок «різнобою» становитиме порядку 36 хв, а з’єднання «БПЛА-

автомобіль» порядку 5 хв. Отримані результати можуть бути використанні при розробці методу підвищення пропускної здатності ЕРМ з управлінням положенням телекомунікаційних аероплатформ [1], а саме визначати частоту зміни положення БПЛА.



а) б) в) г)

Рис. 2. Траєкторії руху вузлів ЕРМ в залежності від сценарію мобільності: а – «марш», б – «різнобій», в – «випадкове блукання полем», г - «випадкове блукання містом»



а) б)

Рис. 3. Залежність середнього часу досягнення МА границі зони покриття від її радіусу при різних швидкостях та сценаріях переміщення: 1 – «марш» (а), 2 – «різнобій» (а), 3 – «випадкове блукання полем» (б), 4 – «випадкове блукання містом» (б)

Таким чином, удосконалена модель оцінки зв'язності вузлів ЕРМ дозволяє не тільки оцінювати наявність зв'язності відповідно до заданої достовірності, а й прогнозувати її тривалість в умовах швидкої та непередбачуваної зміни положення мобільних абонентів.

Література

1. Лисенко О. І. Метод управління топологією мережі повітряних ретрансляторів для підвищення структурно-інформаційної зв'язності безпроводових епізодичних мереж / О. І. Лисенко, С. В. Валуйський, П. І. Кірчу // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2011. – № 1. – С. 117–126.

УДК 621.391

МЕТОД МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Лысенко А.И., Новиков В.И.
НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем
E-mail: novikov1967@ukr.net

Routing method for wireless sensor networks based on fuzzy logic

Propose a new routing method for wireless sensor networks based on fuzzy logic

Существующие подходы к маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях не позволяют учитывать все множество факторов, влияющих на распределение трафика в сети и на передачу пакетов между двумя узлами [1]. Основной проблемой является сложность построения точной математической модели сети по многим причинам, основной из которых является сложная система взаимного влияния параметров. Учет большего количества параметров состояния сети позволит нам составлять более точную картину распределения трафика в сети, картину возникновения коллизий и загрузки узлов. Для решения данной проблемы нам необходимо, во-первых, выбрать протокол маршрутизации, который позволял бы собирать и поддерживать информацию о состоянии узлов и каналов связи сети и, во-вторых, предложить математический аппарат для учета собранных параметров и принятия решения, какой маршрут является оптимальным с точки зрения указанных критериев. В данном докладе предложен подход к проблеме маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях на основе аппарата нечеткой логики.

Основная идея заключается в следующем: для маршрутизации в беспроводной сенсорной сети предлагается использовать новый метод маршрутизации на основе аппарата нечеткой логики. Использование нечеткой логики в данном методе позволяет учитывать множество параметров состояния узлов и каналов связи при выборе оптимального маршрута передачи данных, при этом не требуется построение точной математической модели.

Таким образом, предлагаемый метод маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях состоит из двух этапов:

На первом этапе протокол маршрутизации по требованию приложения запускает процедуру обнаружения возможных маршрутов до узла назначения, при этом контрольные пакеты маршрутизации также передают параметры состояния узлов и каналов связи. После завершения данной процедуры (по таймеру) собранные данные подаются на вход контроллера нечеткой логики.

На втором этапе контроллер нечеткой логики производит выбор оптимального маршрута из числа найденных маршрутов. Значения параметров состояния каждого маршрута подаются на вход контроллера, который проводит фаззификацию всех значений и затем в соответствии с установленной базой правил выполняет операцию нечеткого вывода. На выходе контроллера мы получаем четкий (численный) рейтинг каждого маршрута. Маршрут с наибольшим рейтингом считается оптимальным.

Следовательно, разработка всего метода маршрутизации разбивается на три подзадачи:

• Выбор протокола маршрутизации для поиска потенциальных маршрутов передачи данных и одновременного сбора значений параметров состояния каналов связи и узлов на данных маршрутах.

• Определение набора параметров состояния каналов связи и узлов, которые будут учитываться при оценке маршрутов, и построение оценочных функций для них. Оценочная функция позволяет вычислить значение выбранного параметра для всего маршрута по отдельным значениям для всех узлов и каналов связи, составляющих маршрут.

• Разработка контроллера нечеткой логики для принятия решения о выборе оптимального маршрута из числа найденных маршрутов.

Для поиска потенциальных маршрутов передачи данных и сбора значений параметров состояния каналов связи и узлов был выбран реактивный протокол маршрутизации от источника, названный ODSR (On-Demand Source Routing, Маршрутизация от источника по требованию) [2]. Маршрутизация от источника означает, что при отправке пакета данных узел сам записывает в него полный маршрут (все промежуточные узлы), по которому нужно передать пакет. Каждый из промежуточных узлов извлекает адрес следующего узла на маршруте и передает ему пакет, в результате чего пакет и достигает узла назначения.

В результате анализа были выбраны следующие параметры состояния узлов и каналов связи, которые учитываются при оценке потенциальных маршрутов:

• Пропускная способность канала связи между двумя узлами.

• Задержка передачи пакета.

• Загруженность пакетного буфера узла.

• Качество связи.

• Количество промежуточных узлов.

В результате, после получения узлом-источником ответа маршрутизации значения перечисленных параметров извлекаются из пакета и подаются на вход контроллера нечеткой логики. Использование контроллера нечеткой логики в предлагаемом методе маршрутизации дает возможность учитывать все описанные выше параметры состояния узлов и каналов связи, не прибегая к построению точной математической модели.

Настраиваемыми параметрами разработанного метода маршрутизации являются:

• Параметры функций принадлежности 6 лингвистических переменных (5 входных и 1 выходная переменная).

• Значения выходной переменной для 3125 правил нечеткого вывода.

• Значения таймаутов поиска маршрута и кэширования маршрута.

• Значения интервалов сбора информации о состоянии среды передачи узла: для определения периодов занятости и доступности среды с целью вычисления доступной пропускной способности и для определения доли потерянных пакетов.

Параметры функций принадлежности привязывают контроллер нечеткой логики к заданному сценарию работы сети. Так, например, увеличение размера сети приведет к тому, что значение „большой" лингвистической переменной „количество промежуточных узлов" будет описываться иными функциями принадлежности со сдвинутыми в сторону увеличения границами. Аналогично и для остальных лингвистических переменных. Этот факт имеет большое значение, поскольку варьируя границы функций принадлежности и базу правил, можно влиять на работу метода маршрутизации, а значит и на распределение трафика в сети с целью улучшения различных показателей качества обслуживания.

Таким образом, использование аппарата нечеткой логики позволило разработать метод маршрутизации с возможностью оптимизации параметров его работы для различных сценариев функционирования сети. Однако, это ставит вопрос об оптимальном выборе значений параметров этого метода, который требует отдельного рассмотрения и решения.

Разработанный метод маршрутизации является универсальным решением для различных сценариев работы беспроводных сенсорных сетей в том смысле, что он позволяет оптимизировать свои параметры для функционирования в каждом выбранном сценарии.

Литература:

1.Бунин С.Г., Миночкин А.И., Романюк В.А. Перспективы беспроводных ячеистых сетей //Зв'язок.- 2007.-№5 – С.20-24

2.Akalidiz I.F. Wireless mesh networks: a survey // Computer Networks – Vol.47. – 2005. – P.445-487

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ПРИ ПРОВЕДЕННІ АВІАЦІЙНИХ РОБІТ З ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ В УМОВАХ ГІРСЬКОЇ МІСЦЕВОСТІ

Хижняк В.В., Чумаченко С.М.
Науково-дослідний центр проблем авіації, авіаційного пошуку і рятування Українського НДІ цивільного захисту МНС

Актуальність проблематики дослідження в галузі забезпечення оперативного просторово-часового покриття значних площ при виконанні авіаційних робіт з пошуку і рятування особливе значення отримує в умовах проведення операцій у гірській та лісистій місцевості. У першу чергу це пов'язано із обмеженними можливостями покриття сенсорною мережею в складних природно-ландшафтних та погодно-кліматичних умовах умовах Карпат та гірського Криму, по-друге - необхідністю безперервної координації дій пошуково-рятувальних команд, окремих рятувальників та авіаційних засобів.

Проблема стійкого забезпечення передачі корисної інформації із сенсорних мереж при проведенні операцій МНС у горах потребує наукового обгрунтування їх організації для різних варіантів комплексного застосування авіаційних засобів [1, 2].

Розглянемо можливі варіанти сценаріїв надзвичайних ситуацій (НС), що є актуальними для цієї місцевості:

1) Лісові пожежі з невизначеністю джерел займання;
2) Складні паводкові ситуації;
3) Виникнення ризику сходження селів і снігових лавин у складній погодно-метеорологічній ситуації;
4) Виникнення аварій з витоком газу або нафтопродуктів на газо- або нафтопроводах;
5) Падіння літальних апаратів;
6) Пошук зниклих людей у складних погодно-метеорологічних умовах.

Якщо розглянути більш детально можливі варіанти комплексного застосування авіаційних засобів, то в залежності від сценарію розвитку ситуації іх можна поділити на наступні (див. таблиця 1).

Таблиця 1

№ варіанту сценарію НС	Попередня розвідка	Уточнення просторово-часових масштабів НС	Картографування місцевості з точним визначенням місцеположення об’єктів пошуку і рятування	Доставка пошуково-рятувальної групи
1	Дистанційне зондування із застосуванням космічної зйомки або аерофотозйомки з літака	БПЛА самольотного прив’язний аеростат або дирижабль з тепловими сенсорами	Мобільна сенсорна мережа на базі БПЛА з тепловими сенсорами	Вертоліт, літак
2	Дистанційне зондування із застосуванням космічної зйомки або аерофотозйомки з літака	БПЛА самольотного або вертолітного типу, прив’язний аеростат або дирижабль з тепловими сенсорами	Мобільна сенсорна мережа на базі БПЛА з тепловими сенсорами	Вертоліт або дирижабль
3	Вертоліт	БПЛА вертольотного типу	Мобільна сенсорна мережа на базі	Вертоліт

			БПЛА з тепловими сенсорами	
4	Літак з аерофотоапаратом та вертоліт з камерою	БПЛА вертольотного типу з тепловими відеосенсорами	Мобільна сенсорна мережа на базі БПЛА з тепловими сенсорами	Вертоліт, літак або дирижабль
5	Вертоліт з системою теплового відеобачення	БПЛА самольотного типу з тепловідео-сенсорами	Мобільна сенсорна мережа на базі БПЛА з тепловими сенсорами	Вертоліт, літак або дирижабль
6	Вертоліт з системою теплового відеобачення	БПЛА самольотного типу з тепловими сенсорами	Мобільна сенсорна мережа на базі БПЛА з тепловими сенсорами	Вертоліт або дирижабль

Телекомунікаційне забезпечення виконання вище зазначених завдань потребує розгортання безпровідних сенсорних мереж з врахуванням у кожному конкретному випадку визначених сценаріїв варіантів застосування авіаційних засобів МНС.

Одним з досить апробованих підходів при виборі альтернативних рішень є застосування методу аналізу ієрархій [3]. У закордонній і вітчизняній науковій літературі є посилання на приклади застосування цього методу в різних галузях науки й техніки.

Розглянемо завдання багатокритеріального оцінювання, коли фактори й ознаки оцінювання задані нечітко, але для яких функція корисності інтегрального критерію, задана чітко.

Для вирішення поставленого завдання оцінювання потрібно визначити й максимізувати функцію корисності інтегрального критерію для розглянутих об'єктів оцінювання:

$$\max\{U(z_1, z_2, \ldots, z_k)\}, \quad (1)$$

де $z_i = f_i(y \in S)$, i= 1 . . . k, - склад вектора критеріїв, S - множина припустимих оцінок.

Основними труднощами, які виникають при вирішенні поставленого завдання, є проблема одержання математичного опису функції корисності U інтегрального критерію. У теорії корисності функція корисності U розглядається й розраховується як імовірнісна величина, однак, для багатьох складних неформалізованих завдань оцінити багатомірний розподіл імовірності дуже складно й навіть нерозв'язно.

Будемо розглядати функцію корисності не як імовірнісну, а як нечітку величину, причому функції приналежності нечітких множин розглядаються як суб'єктивні виміри експертів.

Багатокритериальне завдання оцінювання можна представити у вигляді ієрархічної декомпозиції (рис. 1), де множина критеріїв оцінювання - $\{K\}$, множина факторів оцінювання - $\{F\}$, множина ознак оцінювання - $\{O\}$, а множина об'єктів оцінювання - $\{NOP\}$.

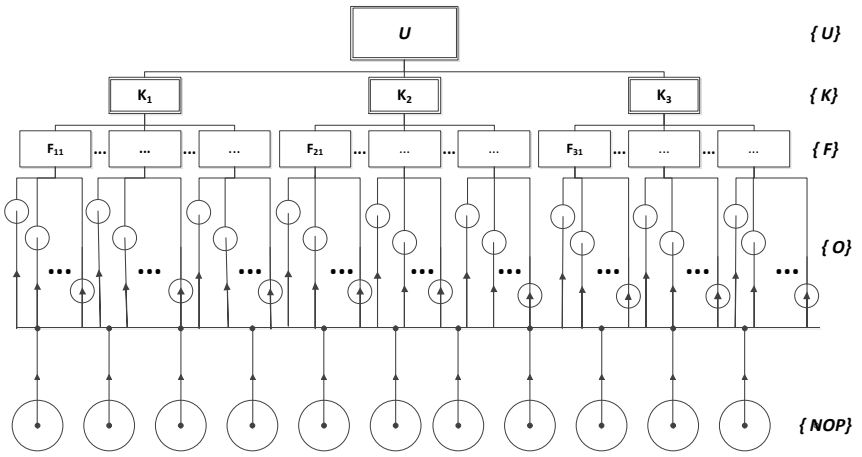


Рис. 5. Ієрархічна декомпозиція задачі експертного оцінювання

Якщо інтегральний критерій (ціль оцінювання) представляється занадто складним, його можна представити у вигляді ієрархії більше простих субкритериев.

Елементи ієрархії, тобто фактори оцінювання і його ознаки оцінювання є нечіткими множинами.

Метод аналізу ієрархій (MAI), будучи методом вирішення багатокритеріальних завдань у складній обстановці з ієрархічними структурами, які включають неформалізовані елементи [3], використовується в цьому випадку як непрямий метод визначення функцій приналежності нечітких множин.

Функції приналежності нечітких множин, які формалізують кожний критерій (складний, що представляється у вигляді ієрархії або простий) визначаються на множинах факторів і ознак оцінювання, при цьому означені множини є базовими для нечітких множин критеріїв. На кожному рівні ми маємо різні чіткі упорядковані множини, які складаються з елементів, які є нечіткими (якісними) і визначаються кожний своєю функцією приналежності. Елементи кожного рівня є нечіткими підмножинами чітко упорядкованої множини й визначаються саме в цьому змісті.

Процедури експертного оцінювання із застосуванням нечіткого методу аналізу ієрархій дозволяють підвищити достовірність і якість експертного оцінювання альтернативних варіантів застосування сенсорних мереж при проведенні авіаційних робіт з пошуку і рятування.

Література

1. Лисенко О.І., Валуйський С.В. Підвищення структурної надійності безпроводових епізодичних мереж шляхом застосування повітряних ретрансляторів // Системні технології. – 2010. – Вип.6(71). – С. 115 – 130.
2. Електронне джерело: http://habrahabr.ru/blogs/it-infrastructure/105557/
3. Саати Т. Прийняття рішень. Метод аналізу ієрархій: Пер. з англ.- М.: Радіо й зв'язок, 1993. - 320 с.

ПОБУДОВА СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

С.М. Чумаченко, А.Н. Сорокін
Національний авіаційний університет, м.Київ;
Науково-дослідний центр Збройних Сил України "Державний океанаріум"

На теперішній час система державного екологічного контролю має ряд серйозних недоліків. Недостатнє фінансування природоохоронних заходів та повна відсутність фінансування в 2011 році цільових заходів щодо забезпечення екологічної безпеки не дозволяють в повній мірі проводити заходи збереження та відновлення навколишнього природного середовища в умовах залишкового фінансування ВМС Збройних Сил. В цих умовах значно зростає роль екологічного моніторингу, як дієвого заходу для попередження, ліквідації і контролю забруднення територій військово-морських баз та інших об'єктів ВМС [1-3].

Аналіз останніх публікацій вітчизняних та зарубіжних авторів [3-8], присвячених проблематиці удосконалення системи екологічного контролю та моніторингу навколишнього природного середовища потенційно небезпечних воєнно-техногенних об'єктів (і, зокрема, у ВМС Збройних Сил) не дозволяють в повній мірі провести систематизацію проблемних методологічних питань щодо побудови єдиної мережі екологічного моніторингу в Збройних Силах.

Тому метою цієї публікації є обгрунтування підходів до побудови єдиної сенсорної мережі екологічного моніторингу ВМС ЗС України.

На сьогодні в рамках Програми реабілітації територій, забруднених унаслідок військової діяльності, на 2002-2015 роки існує напрямок щодо екологічної паспортизації військових об’єктів та розробки екологічного паспорту, метою якого є створення бази даних для екологічного моніторингу військової частини, визначення рівня екологічних загроз від військових об’єктів та розробка заходів для зменшення екологічного ризику від військової діяльності.

Відповідно з покладеними функціями, моніторинг включає три основних напрямки діяльності - спостереження за факторами техногенного впливу і станом навколишнього середовища, оцінку фактичного стану навколишнього середовища та його прогноз і оцінку прогнозованого стану.

Основні принципи організації і створення сенсорної мережі екологічного моніторингу обумовлені характером її функціональних задач, а також місцем в системі екологічної безпеки бойової підготовки (БП) ВМС.

Організація сенсорної мережі комплексного екологічного моніторингу БП ВМС спирається на системний аналіз результатів спостережень, оцінок і прогнозів, що здійснюються у відношенні складових військової природно-техногенної геосистеми (ВПТГС). Для оцінки впливу воєнно-техногенного навантаження (ВТН) необхідно обґрунтувати комплекс показників, який би забезпечив функціонально повну характеристику вектора екологічного стану (ВЕС) ВПТГС.

Через те, що екологічним моніторингом передбачається поєднання спостережень за абіотичною складовою екосистеми, оцінювання і прогнозування відповідних реакцій її біотичної складової, в організацію і здійснення екологічного моніторингу закладається принцип комплексного поєднання моніторингів – геологічного (геофізичного), біологічного та моніторингу джерел і факторів ВТН.

До функціональних задач сесорної мережі екологічного моніторингу повинен входити також моніторинг джерел і факторів ВТН. Цей моніторинг повинен включати виявлення пошкоджень рослинного та ґрунтового покриву й ураження складових ВПТГС факторами

ВТН та контроль за їх поширенням. Його результат можна визначити у вигляді вектору стану ВТН

$$MTL = \left(mtl_{\ddot{e}\acute{I}\tilde{o}}, mtl_{\tilde{o}\ddot{e}\ddot{e}}, mtl_{\hat{o}\,l\varsigma} \right), \qquad (2.3)$$

де $mtl_{\ddot{e}\acute{I}\tilde{o}}$ - індикатор механічного ВТН; $mtl_{хім}$ - індикатор хімічного ВТН; $mtl_{фіз}$ - індикатор фізичного ВТН.

В цьому випадку, екологічний моніторинг БП ВМС, організований і здійснюваний як триєдиний – геологічний, біологічний та моніторинг джерел і факторів ВТН, обґрунтовано може бути названий комплексним.

Наступною ознакою комплексної організації і здійснення екологічного моніторингу БП ВМС є поєднання і збалансованість вирішення його системних задач, пов'язаних з постійним спостереженням, оцінкою і прогнозуванням стану ВПТГС та задач моніторингу, що витікають з характеру і змісту часткових екологічних проблем глобального, регіонального чи місцевого масштабу.

Комплексний характер екологічного моніторингу також визначається застосуванням методів системного аналізу показників, які характеризують вплив факторів ВТН на різні складові НПС та стан екосистем ВП.

У процесі екологічного моніторингу організовуються і здійснюються спостереження, оцінка і прогнозування як природних змін ВПТГС, так і змін, викликаних воєнно-техногенним навантаженням, які накладаються на природні зміни.

Розглянутий принцип організації і здійснення екологічного моніторингу передбачає виділення пріоритетних показників для контролю стану приземного шару повітря, літосфери, природних біоценозів, поверхневих та ґрунтових вод, а також стану здоров'я людей в зоні впливу БП ВМС.

Одним із ключових компонентів системи екологічного моніторингу є інформаційно-вимірювальна сенсорна мережа екологічного моніторингу (ІВСМЕМ), яка є джерелом інформації про екологічний стан довкілля військових об'єктів. Вона представляє собою розподілену мережу контролю ключових параметрів у різних складових середовища (повітря, вода, ґрунт) і об'єктах екосистеми з метою збору, обробки даних моніторингу і представлення результатів для особи, що приймає рішення в системі управління екологічною безпекою ВМС Збройних Сил.

ІВСМЕМ призначена для спостереження за параметрами екологічної обстановки, попередньої обробки отриманих даних і передачі їх у Центр екологічного моніторингу Міністерства оборони для формування узагальнених відомостей з метою розробки рекомендацій для вищого керівного складу.

ІВСМЕМ складається з мережі зовнішніх спостережень військових об'єктів, каналів зв’язку, автоматизованої інформаційно-аналітичної системи.

Відомча система екологічного моніторингу ВМС ЗС України потребує створення єдиної інформаційно-аналітичної системи на основі розподіленої ієрархічної мережі управління базами даних екологічного моніторингу.

Основними завданнями інформаційно-аналітичної системи є: облік екологічно небезпечних джерел забруднення військових об'єктів; прогнозування значень масового викиду забруднюючих речовин від джерел забруднення за відповідний період експлуатації; визначення фонового стану навколишнього природного середовища на період початку моніторингу в районі розміщення військових об’єктів; оцінка площі первинного та вторинного забруднення; складання спектрів основних забруднювачів за групами небезпеки; актуалізація бази даних викидів забруднюючих речовин від типових джерел забруднення; здійснення аналізу та прогнозування величини забруднення і еколого-економічного збитку на територіях військових об’єктів ВМС.

Відомча система екологічного моніторингу ґрунтується на інформаційно-аналітичній системі, яка об'єднує і узагальнює розширену екологічну інформацію про стан всіх екологічно небезпечних об'єктів ВМС Збройних Сил України, проводить статистичний аналіз екологічного стану об'єктів, за рахунок вбудованої системи нечіткої логіки та математичних процедур прогнозування дає можливість формувати запити і звіти для забезпечення своєчасного та обґрунтованого прийняття рішень з екологічних питань.

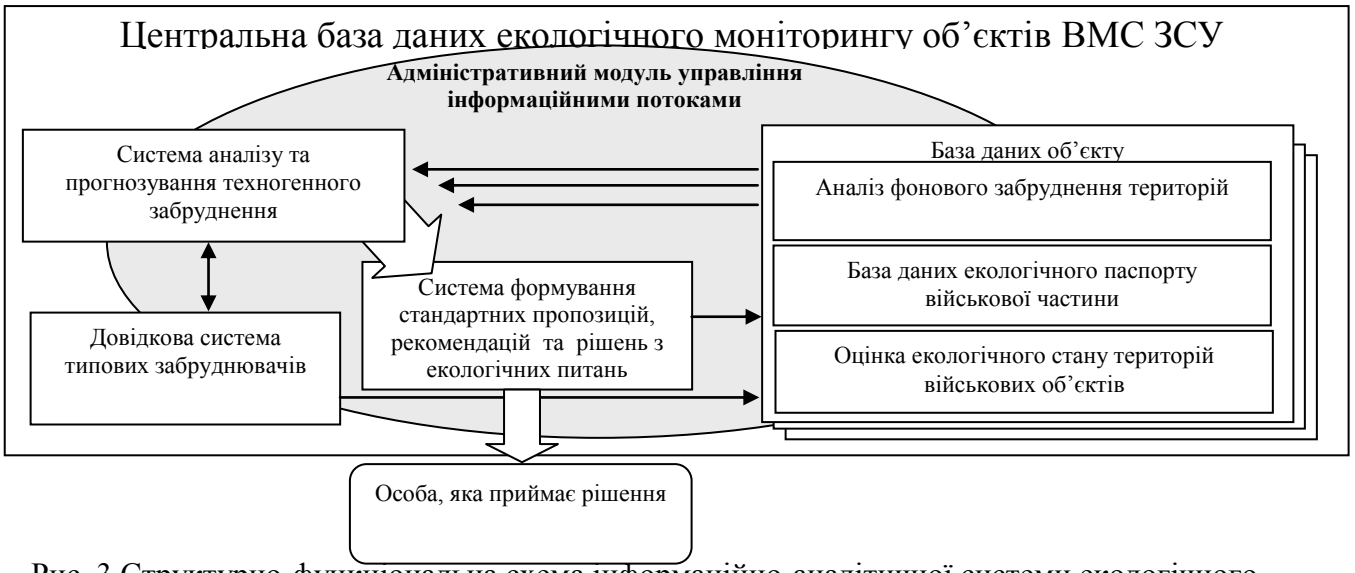


Рис. 3 Структурно-функціональна схема інформаційно-аналітичної системи екологічного моніторингу об'єктів Збройних Сил України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Підлісна М.С., Мазор І.Г., Катеринчук Б.А. та ін. Екологічна безпека військ: Підручник. – К.: Міністерство Оборони України, 1998. – 130 с.
2. Романченко І.С., Сбітнєв А.І., Чумаченко С.М.. Проектування бази даних для системи моніторингу навколишнього середовища в Збройних Силах України //Наука і оборона. – 2004. – № 1. – С. 47 – 53.
3. Военная екологія: Учебник для высших военных учебных заведений /И.П. Айдаров, Б.Н. Алексеев, А.В. Бударагин и др. Под редакцией Н.В. Петрухина, А.В. Тарабары, И.А. Постовита. — М.: Русь – СВ, 2000. — 360 с.
4. Григоров С.И., Родионов А.С.. Военная экология и экологическое обеспечение Вооруженных Сил Российской Федерации. — Военная мысль. – 1994. - № 2.
5. Бондар О.І., Корінько І.В., Ткач В.М., Федоренко О.І. Моніторинг навколишнього середовища: Навчальний посібник. - К.-Х.: ДЕІ-ГТІ, 2005. - 126 с.
6. Временное методическое руководство по проведению комплексных эколого-геологических исследований (на территории Украины) / Е.А. Яковлев, Г.Г. Лютый, В.И. Почтаренко и др. – К.: ГГП «Геопрогноз», 1994. – 331 с.
7. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. - М.: Гидрометеоиздат, 1984. — 560 с.
8. Лысенко А.И., Чумаченко С.Н., Чеканова И.В., Турейчук А.Н. Математическая постановка задачи оптимального управления экологическим состоянием техногенно нагружаемых территорий // Адаптивні системи автоматичного управління. - Вип.5(25). - 2002. - С.45-55.

РОЛЬ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ І АВТОМАТИЗАЦІЇ В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ АВІАЦІЙНИХ РОБІТ З ПОШУКУ ТА РЯТУВАННЯ В УКРАЇНІ

Гурник А.В.

Останнім часом у телекомунікаціях все більшої уваги приділяється побудові автоматизованих мереж різного призначення. Цьому сприяє підвищення продуктивності, а точніше отримання, збір, обробка, своєчасна (швидка) передача повної та достовірної інформації, а також постійний дієвий контроль за станом її опрацювання.

Загальна ситуація в галузі інформатизації та автоматизації на сьогодні не може бути визнана як така що повною мірою задовольняє забезпечення комплексу авіаційних робіт з пошуку та рятування в Україні. Криза та технологічне відставання в цих питаннях поставили в скрутне становище галузі, які займаються впровадженням інформатизації, створенням і використанням систем й засобів автоматизації та відповідної елементної бази, у тому числі й для пошуково-рятувального забезпечення польотів авіації.

Технічну основу автоматизації складає персональна обчислювальна техніка, яка у своїй більшості не інтегрована в локальні обчислювальні мережі і на мінімальному рівні забезпечена спеціальним програмним забезпеченням, а існуючі окремі розрахункові й інформаційні задачі та комплекси математичних моделей не складають у сукупності інформаційно-розрахункові комплекси і, як наслідок, більшість з них не можуть бути ефективно застосовані при проведенні авіаційних робіт з пошуку та рятування.

Вирішення завдань удосконалення існуючих технологій і розроблення та впровадження нових режимів економних багатоцільових систем комп'ютерних телекомунікаційних мереж і автоматизації із збереженням пріоритетності оповіщень (повідомлень), високою швидкістю оброблення й передавання даних, з урахуванням їх розгортання на існуючій інфраструктурі, є однією з найважливіших задач при організації ефективної роботи щодо здійснення комплексу заходів з пошуково-рятувального забезпечення польотів авіації в системі проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування в межах Єдиної державної системи цивільного захисту населення й територій, а саме:

- ✓ організації чергування пошуково-рятувальних сил і засобів та органів управління польотами суб'єктів системи;
- ✓ організації аварійного оповіщення;
- ✓ координації та проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування тощо.

Актуальним є використання спеціальних геоінформаційних систем, які дозволять в режимі on – line контролювати район пошуку та рятування.

Генеральним напрямом розвитку системи авіаційних робіт з пошуку та рятування є втілення багатоцільових комп'ютерних телекомунікаційних мереж із засобами автоматизації, що забезпечують пріоритетність оповіщення та його реєстрацію.

Обсяг інформації, необхідний для управління системою, квадратово залежить від суми одиниць обладнання та кількості обслуговуючого персоналу цієї системи, тобто $W = c(m + n)^2$.

Важливою характеристикою системи управління є час циклу управління (Тцу), який включає цикл збору інформації, цикл рішення і цикл доведення інформації) (Тцу = Тзб + Тріш + Тдов).

Одним із шляхів поліпшення якісних характеристик управління системою проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування є вдосконалення технічної бази автоматизації управління та побудова сучасної автоматизованої системи управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування (надалі – автоматизована система), що дозволить підвищити оперативність управління за рахунок швидкого опрацювання великого обсягу

інформації, звільнити персонал від малопродуктивної роботи, уможливити діяльність служби телемедичної допомоги.

До автоматизованої системи ввійдуть підсистеми різних рівнів і багатоцільового функціонального ресурсного призначення, які функціонуватимуть у єдиному інформаційно-управлінському полі.

Принципи побудови автоматизованої системи: відповідність, комплексність, розподілення, перспективність, сумісність, стандартизація, уніфікація та модульність, ефективність, можливість модернізації.

Автоматизована система зв'язку забезпечить дотримання вимог щодо пропускної спроможності, оперативності, вірогідності та достовірності інформації, а також безперервності, стійкості тощо.

Система автоматизації як сукупність апаратно-програмних засобів включає комплекси засобів автоматизації (КЗА), які забезпечують формування та використання програмно-технічного продукту для реалізації комплексу інформаційно-розрахункових задач та математичних моделей. До складу КЗА входять програмно-технічні комплекси (ПТК), які забезпечують реалізацію задач за рахунок створення в складі ПТК автоматизованих робочих місць (АРМ). АРМ оснащуються обчислювальними комплексами, електронними системами, засобами відображення інформації тощо, які об'єднуються між собою через інформаційно-телекомунікаційні мережі, інформаційно-аналітичні системи у взаємопов'язані локальні обчислювальні мережі (ЛОМ) структурних підрозділів (функціональних груп) системи проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування. Програмним ядром центрального модуля управління автоматизованої системи являється спеціальна геоінформаційна система (ГІС). КЗА створюються як у стаціонарному так і у мобільному варіантах.

Враховуючи приєднання України до міжнародних конвенцій і угод щодо співробітництва з організації і проведення пошуково-рятувального забезпечення польотів авіації, з метою виконання прийнятих зобов'язань доцільно розглядати автоматизовану систему, як складову глобальної системи авіаційного пошуку та рятування й забезпечити її формування та розвиток. Інтеграція автоматизованої системи до глобальної мережі має здійснюватися через комунікації інформаційно-телекомунікаційної мережі МНС України, що крім іншого забезпечить інформаційну взаємодію з абонентами корпоративних мереж центральних органів виконавчої влади, які регулюють діяльність авіації, підприємств, установ та організацій усіх форм власності, що експлуатують повітряні судна або пропонують послуги в цій галузі.

Удосконалення існуючих технологій і розроблення та впровадження на їх основі нових багатоцільових систем комп'ютерних телекомунікаційних мереж і автоматизації, інтегрованих єдністю системотехнічних принципів в автоматизовану систему управління проведенням авіаційних робіт з пошуку та рятування суттєво вплине на:

— забезпечення ефективності заходів реагування на ранніх стадіях лиха чи катастроф та надання допомоги, що має вирішальне значення для зменшення втрат людських життів;
— підвищення результативності проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування в Україні.

УДК 65.011.3:656.71(042)

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ІНФОРМАЦІЙНО-СЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЬ ПРИ ЗБІЙНИХ СИТУАЦІЯХ У АЕРОПОРТІ

В.М. Казак, Д.О. Шевчук, Васильєв М.А.
Національний авіаційний університет
E-mail:do@nau.edu.ua, vasilyev_ma@ukr.net

Functional diagram of the decision support system in airport extra situations

Designed decision support system for better management and safety use airport supplies. System main task is provide economic stability of the airport.

Як показує аналіз статистичних даних діяльності міжнародних аеропортів, приблизно у 40 відсотках причиною затримки рейсів є вплив несприятливих погодних умов, що призводить до значних економічних збитків [1,2]. Динамічність авіаційного підприємства в збійних ситуаціях, внаслідок несприятливих погодних умов, визначається зростанням інформаційної завантаженості осіб, керуючих виробничим процесом. Прийняття управлінського рішення в умовах порушення добового льотного плану авіаційного виробництва характеризується дефіцитом часу, а вибір варіанта рішення здійснюється за допомогою евристичних методів. Такі методи зумовлюють значну ймовірність прийняття неоптимальних рішень, які призводять до значних економічних збитків на авіаційному підприємстві в умовах виникнення збійних ситуацій.

У даній роботі розроблена структурна схема системи підтримки прийняття рішень диспетчера у збійних ситуаціях. Задачею цієї системи є здійснення оперативного планування діяльності аеропорту і забезпечення мінімально можливих збитків авіакомпаній під час виникнення збійних ситуацій.

Під збійною ситуацією слід розуміти результат впливу збурень на процес, що призводить до відхилень від встановленого плану обслуговування рейсів.

Функції розробленої системи:

1. Формування оптимальної черги повітряних суден (ПС) що прибувають.
2. Перенаправлення ПС на додаткові аеродроми, в разі відсутності вільних місць стоянки
3. Планування оптимального завантаження технічних засобів для ліквідації збійної ситуації і забезпечення посадки, зльоту та обслуговування ПС.
4. Розподілення задач та ресурсів між службами та підрозділами аеропорту.
5. Координація проведення робіт службами та підрозділами аеропорту.
6. Збір даних про динаміку ліквідації збійної ситуації.
7. Корекція добового льотного плану.

Введення в експлуатацію даної системи дозволить диспетчеру приймати рішення не спираючись на власний досвід та навички, а обираючи один з кількох можливих варіантів дій при даних умовах. Це в свою чергу знизить інформаційну завантаженість диспетчера, отже призведе до більш ефективної ліквідації наслідків збійної ситуації. Таким чином буде знижено небезпеку прийняття хибного рішення і зменшено економічні втрати в наслідок збійної ситуації.

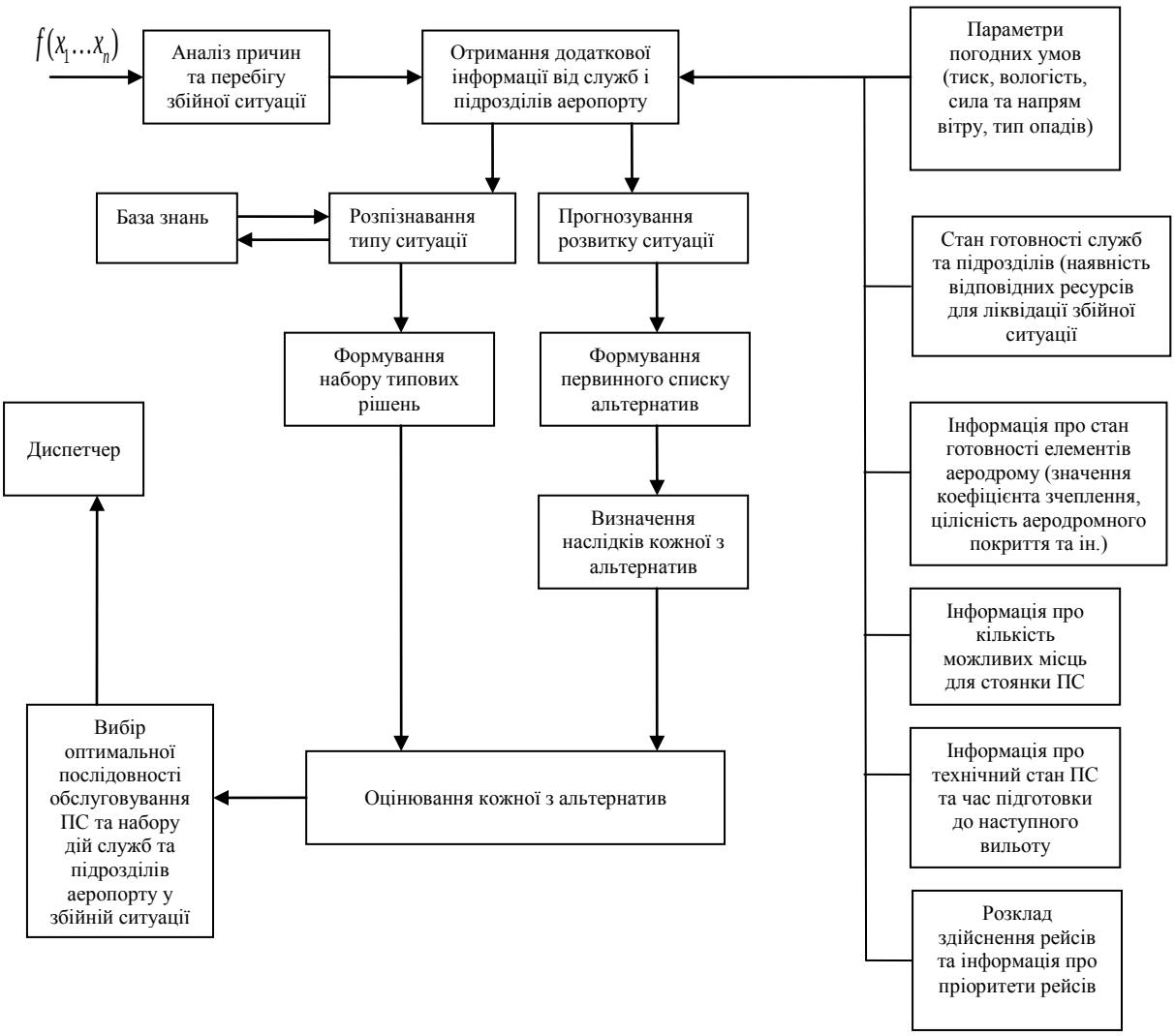


Рис. 1. Структурна схема системи підтримки прийняття рішень у збійних ситуаціях.

При надходженні до системи сигналу про наявність суттєвих відхилень у роботі аеропорту, розпочинається збір необхідної інформації (кількість місць, стан погодних умов, наявність та готовність технічних засобі и т.і.). Система відправляє запит на поточний стан погодних умов. При умові отримання показників, які відповідають складним погоднім умовам, система прогнозує подальший розвиток ситуації та необхідні міри для забезпечення безперебійної роботи аеропорту. Далі, подається запит на дані про готовність служб і підрозділів. Визначається кількість бригад, можливість залучення технічних засобів, витрати палива. Створюються варіанти ранжовані за показниками часу та за економічними показниками. За одним із ухвалених варіантів, система оповіщає відповідні служби і передає їм план робіт. Під час проведення робіт, бригади сповіщають про готовність певних елементів аеродрому. Ці відомості система передає диспетчеру, для його контролю, координації руху ПС, з можливістю подальшої корекції.

Згідно з швидкістю проведення ліквідаційних робіт система має змогу прогнозувати зміну поточного плану зльоту та посадки ПС у збійній ситуації. Для прогнозування та вироблення оперативних змін система відправляє запит на кількість вільних місць для стоянки в аеропорту, пріоритет рейсу, інформацію про технічний стан ПС. При відсутності місць стоянки система виробляє варіант, з перенаправлення ПС на найближчі аеродроми. При їх наявності розглядаються одночасно два показники: пріоритет рейсу та технічний

стан. За умови задовільного технічного стану формується черга за критерієм показника пріоритетності рейсу. При наявності ПС в незадовільному технічному стані, черга починає формується саме з них за ступенем критичності стану.

На основі отриманої сукупності інформації системою робиться спроба класифікувати ситуацію. Для цього система звертається до бази знань, яка містить сформовані правила та типові рішення найпоширеніших задач. Керуючи правила які містяться в базі знань, базується на попередньому позитивному досвіді дій диспетчерів в типових збійних ситуаціях. З кожним використанням системи, база вдалих альтернатив збільшується, що робить систему більш гнучкою. Якщо за всіма ознаками збійна ситуація типова, формуються альтернативи рішень, що передаються в блок порівняння альтернатив.

У разі за встановленими ознаками система не змогла класифікувати ситуацію, дані передаються до блоку евристичних алгоритмів, які здійснюють оцінку та прогнозування розвитку збійної ситуації. Для знайдених шляхів її розв'язання розраховуються всі можливі наслідки і отриманні альтернативи рішення передаються у блок оцінювання альтернатив.

Остаточний вибір плану проведення робіт здійснюється диспетчером. На основі представлених, оцінених і ранжованих альтернатив, він обирає ту альтернативу, яка є найбільш оптимальною за критеріями часу та економічних показників.

В специфічних умовах, можливе введення додаткового критерію, для виконання особливих завдань керування аеропортом, на основі якого будуть вироблятися оптимальні рішення з врахуванням даного особливого завдання.

Література

1. *Вдовин А. А., Чугаев Ю. Г., Кулицкий Т. П., Махарев Э. И*. Комплексная автоматизированная система управления эксплуатационным предприятием // Транспорт, 1986г. – 174с.

2. *Сапожников Г. В*. Об имитационном моделировании оперативного управления работой аэропорта //Техническая эксплуатация летательных аппаратов и авиадвигателей. – Рига: РКИИГА,1980г. – С.64-72.

УДК 621.391

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Петрова В.Н., Степанюк О.А.
Національний технічний університет України «КПІ»
E-mail: olgstpnk@gmail.com

Routing protocols of sensor networks research

In this list the basic technology for building sensor networks is selected W-fi Mesh. HWMP and AODV are mentioned as basic routing protocols in mesh-networks in IEEE 802.11s recommendation. The aim of current research is to determine the optimal routing protocol by the criterions of maximum bandwidth and maximum Packet Delivery Fraction (PDF).

Вступ

Бездротова сенсорна мережа - це здатна до самоорганізації мережа, що складається з множини датчиків (сенсорів) та віддалених пристроїв, об'єднаних між собою за допомогою радіоканалу. Сенсорні мережі активно застосовуються на практиці для транспортування інформації про поточні параметри та стан вузлів промислової автоматики, телемеханічної інформації, SCADA тощо. Проте сьогодні виникає задача передавати за допомогою сенсорних мереж дані, що потребують високої пропускної здатності мережі, наприклад потокового відео та голосу. З огляду на цю необхідність, проблема підвищення пропускної здатності сенсорних мереж стає особливо актуальною. Одним із підходів для вирішення завдання є вибір оптимального протоколу маршрутизації по критерію максимальної пропускної здатності сенсорної мережі. В рамках даного дослідження базовою технологією для побудови сенсорних мереж обрано W-fi Mesh. У рекомендації IEEE 802.11s в якості базових протоколів маршрутизації в mesh-мережах згадуються HWMP та AODV. Мета дослідження – визначити оптимальний протокол по критерію максимальної пропускної здатності та максимального коефіцієнту доставки пакетів (PDF).

Порівняльний аналіз протоколів маршрутизації HWMP та AODV

Некомендований стандартом IEEE 802.11s гібридний протокол маршрутизації для mesh-мереж HWMP базується на протоколі дистанційно-векторної маршрутизації по запиту (Ad Hoc On Demand Distance Vector, AODV). AODV належить до реактивних протоколів маршрутизації, а HWMP розроблено для роботи як в реактивному, так і в проактивному режимах маршрутизації. Проте це не єдина відмінність між названими протоколами. AODV, як і багато інших відомих на сьогодні протоколів маршрутизації mesh-мереж, функціонує на третьому мережевому рівні моделі OSI, а HWMP адаптований для другого рівня. Визначити, наскільки виправданим є перехід від маршрутизації за IP-адресами (AODV) до маршрутизації за MAC-адресами (HWMP) і є одним із завдань дослідження.

З цією метою у середовищі комплексу імітаційного моделювання мережевих систем Network Simulator–3 було проведено дослідження параметрів умовної мережі з послідовним застосуванням протоколів маршрутизації AODV та HWMP.

Вихідні дані та допущення імітаційної моделі

Вихідні дані модельованої мережі наведено в таблиці 1. Для отримання максимально адекватних результатів всі параметри протоколів AODV та HWMP у налаштуваннях імітаційного середовища було приведено у відповідність. Зокрема взято до уваги той факт, що у досліджуваних протоколах використовуються різні типи метрик: в AODV – кількість транзитних вузлів (simple hop count metric), а в HWMP – метрика часу передачі в каналі (Airtime Link Metric, ALM).

Таблиця 1. *Вихідні дані досліджуваної (модельованої) мережі*

Вихідний параметр	Значення
Час імітації:	180 с
Топологія:	випадковий розподіл вузлів на території 600x600 м
Кількість вузлів:	20
Тривалість кожного з'єднання:	~25 с
Швидкість передачі данних кожного з'єднання:	200 кбіт/с
Розмір пакету:	1024 біт

Нижче наведено результати моделювання з двома константними значеннями бітової швидкості: 6 Мбіт/с та 12 Мбіт/с:

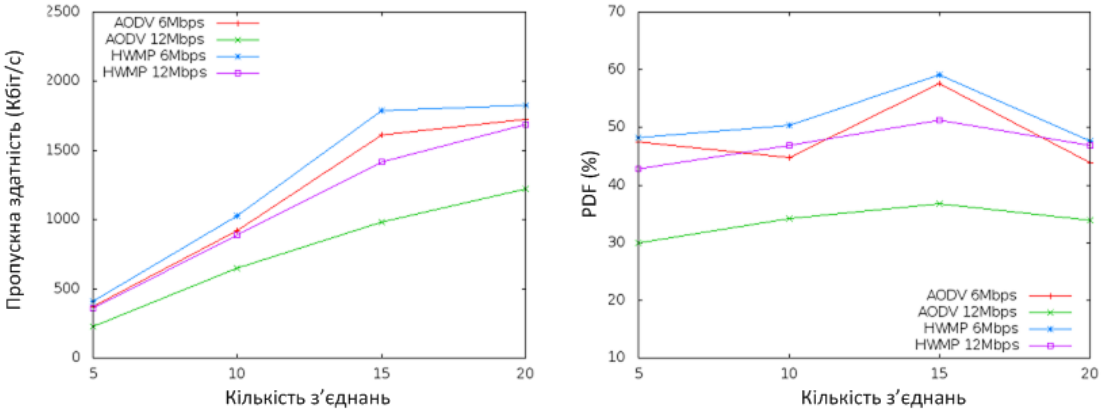


Рис.1. *Результати моделювання mesh-мережі з протоколами маршрутизації HWMP та AODV: залежність пропускної здатності та коефіцієнту доставки пакетів від кількості з'єднань.*

Результати дослідження

Результати демонструють наступну залежність: обидва протоколи зазнають зниження пропускної здатності та коефіцієнту доставлених пакетів при збільшенні бітової швидкості передачі інформації. Проте ця небажана для високошвидкісних мереж тенденція більшою мірою проявляється в протоколі дистанційно-векторної маршрутизації по запиту (AODV). Зменшення значень пропускної здатності та PDF у AODV складає в середньому 35% та 38% відповідно, в той час як у HWMP ці значення зменшилися лише на 10% та 15%.

Отримані в ході комп'ютерного імітаційного моделювання результати демонструють перевагу застосування в однорангових сенсорних мережах протоколів маршрутизації 2-го рівня моделі OSI.

Література

1. I. Akyildiz and X. Wang. A survey on wireless mesh networks. «Communications Magazine», IEEE, с. 23-30, вересень 2005.
2. M.-X. Hu and G.-S. Kuo. Delay and throughput Analysis of IEEE 802.11s «Networks in Communications Workshops», 2008. ICC Workshops '08, с. 73-78, травень 2008.
3. K. Yang, J. feng Ma, and Z. hui Miao. Hybrid Routing Protocol for Wireless Mesh Network, «Computational Intelligence and Security», 2009. CIS '09, с. 547-551, грудень 2009.

УДК 621.391

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ В СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Петрова В.Н., Юхимчук Р.А.
НТУУ «КПИ»
E-mail: ruxym@ukr.net

Analysis of localization methods in sensor networks

Advances in technology have made it possible to build ad hoc sensor networks using inexpensive nodes consisting of a low power processor, a modest amount of memory, a wireless network transceiver and a sensor board.

Достижения в компьютерных технологиях сделали возможным создание сенсорных ad hoc сетей используя недорогие узлы, которые состоят из процессора, небольшого объема памяти, беспроводного приемопередатчика и сенсоров. Многие приложения позволяют реализовать мониторинг окружающей среды, «умное» обнаружение сбоев и сопровождение объекта. В этих приложениях необходимо точно определять местонахождение узлов по отношению к глобальной системе координат для того, чтобы передавать данные с привязкой к географическому местоположению. Вместо того, чтобы использовать глобально доступные сигнальные узлы или дорогие GPS - приемники для локализации каждого сенсора, можно использовать сенсоры с собственной системой координат.

В докладе сделан обзор алгоритмов локализации, представлены технологии локализации и пути исследований в будущем в этом направлении.

Целью доклада является описание существующих технических решений в области локализации, а также предложены компромиссные алгоритмы.

Проблема локализации ведет к двум проблемам аппаратного уровня. Первая – это определение системы координат и вторая – расчет расстояния между сенсорами.

Целью локализации является определение физических координат группы сенсорных узлов. Эти координаты могут быть глобальными, то есть они ориентированы с некоторыми внешними системами, например GPS, или относительными, это означает, что они не привязанные к глобальной системе координат.

Сигнальные узлы. Так называемые *сигнальные узлы* используются для локализации сети в глобальных координатах. Для этого сигнальным узлам априорно заданы физические координаты, или они оборудуются модулями GPS. Для выполнения процедуры локализации на плоскости требуется минимум три неколлинеарных сигнальных узла (то есть не лежащих на параллельных прямых) и как минимум четыре некомпланарных (лежащих на попарно непараллельных плоскостях) узла для локализации в трехмерном пространстве. Существующие алгоритмы различными способами используют сигнальные узлы. Одни алгоритмы локализуют узлы в относительной системе координат, затем используют несколько сигнальных узлов для преобразования относительных координат в глобальные. Другие используют сигнальные узлы для непосредственного вычисления глобальных координат узлов. Существует два метода вычисления дистанции на основе радиосигнала. Первый основан на вычислении числа скачков, второй на измерении силы сигнала.

Методы, основанные на анализе силы сигнала. В теории энергия радиосигнала убывает пропорционально корню квадратному из расстояния до источника излучения, что делает возможным оценить расстояние на основе имеющейся информации о силе сигнала. Недостатками такого подхода является высокая обусловленность точности вычисления координат средой распространения сигнала: некоторые объекты могут поглощать, отражать или вносить искажения в форму сигнала. Поэтому такой подход не получил распространения на сегодняшний день.

Методы, основанные на анализе топологии сети (подсчет скачков). В основе метода подсчета скачков лежит следующее принципиальное соображение: если любые два узла

находятся в зоне прямой видимости друг друга (то есть могут вести обмен посредством радиопередачи), то дистанция между ними с высокой вероятностью меньше чем R, где R — максимальная дальность передачи радио. Таким образом, обычные сведения о маршрутах следования пакетов могут служить информацией для выполнения процедуры локализации.

Методы, основанные на анализе разницы времени регистрации сигнала. Существуют подходы, где вычисление координат осуществляется с использованием дополнительного оборудования (например, различных акустических приборов). При таком подходе достигается большая точность, однако усложнение оборудования узлов ведет к увеличению суммарной стоимости, а также снижению автономного времени работы узлов. В алгоритмах, основанных на оценке разницы прихода времени сигнала, узлы оборудованы динамиком и микрофоном. В некоторых системах применяется ультразвуковое оборудование. Базовая математическая техника не зависит от типа аппаратного обеспечения. К недостаткам таких систем следует отнести дополнительное оборудование, необходимое для работы с аудиосигналами. А также необходимость калибровки, так как микрофоны и динамики не обладают эквивалентными передающими характеристиками. Помимо этого, скорость распространения звука в воздухе зависит от температуры и влажности, что может повлиять на погрешность процедуры локализации. Кроме этого, в некоторых приложениях узлы не всегда находятся в зоне прямой видимости.

Методы, основанные на анализе информации об углах приема сигналов. Цифровые компасы. Некоторые алгоритмы для вычисления координат используют информацию об углах прихода сигналов. Такая информация обычно собирается посредством микрофонов или радио. Такую информацию также можно получить, используя оптические методы связи. В таких методах несколько (3—4) разнесенных микрофонов улавливают один и тот же сигнал. Анализируя фазу или разницу прихода сигнала в разных микрофонах, можно определить угол прихода сигнала. Подобные методы дают точность порядка нескольких градусов . Однако оборудование, необходимое для вычисления угла сигнала, гораздо сложнее и дороже, чем оборудование, необходимое для анализа разницы времени прихода сигнала, так как каждый узел должен иметь один динамик и несколько микрофонов. Помимо этого, для осуществления пеленгации, микрофоны должны быть разнесены, что влияет на размер устройств сети. Иногда в комплект оборудования входит цифровой компас. Цифровой компас дает информацию об ориентации узла в пространстве, которая может оказаться полезной вместе с информацией об угле. На практике, только нескольким алгоритмам позиционирования требуется информация об углах сигнала, остальные могут обходиться без таковой.

В докладе представлены результаты выполненных исследований существующих методов локализации узлов. Рассмотренный в работе спектр методов позволяет судить о точности и эффективности решения задачи позиционирования в сенсорных сетях.

Литература

1. J. Hill, R. Szewczyk, A. Woo, S. Hollar, D. Culler, and K. Pister. System architecture directions for networked sensors. In Proceedings of the 9th International Conference on Architectural Support for Programming Language and Operating Systems(ASPLOS-IX), pages 93—104, Combridge, Massachusetts, November 2000.

2. P. Bahl and V. Padmanabhan. Radar: An in-building rf-based user location and tracking system. In Proceedings of the 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communication Societies (INFOCOM 2000), pages775—784, Tel-Aviv, Israel, March 2000.

3. Cameron Whitehouse. The Design of Calamari: An Ad-Hoc Localization System for Sensor Networks. Master’s thesis, University of California at Berkeley, 2002.

ДИСТАНЦІЙНЕ ДЕТЕКТУВАННЯ БІОХІМІЧНИХ АГЕНТІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖІ ДАТЧИКІВ

В.О. Яценко [(1)], С.А. Станкевич [(2)], О.В. Семенів [(1)]

[(1)] Інститут космічних досліджень НАН та ДКА України
Україна, Київ, 03680, просп. Академіка Глушкова, 40, корп. 4/1,
oleg.semeniv@gmail.com
[(2)] Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України
Україна, Київ, 01601, вул. Олеся Гончара, 55-Б, st@casre.kiev.ua

Розглянуто проблему дистанційної діагностики стану рослин на основі аналізу спектрів відбиття. Проведено короткий огляд датчиків для виявлення шкідливих біохімічних агентів. Запропоновано підхід до детектування шкідливих агентів на основі виділення опорних векторів.

Ключові слова: стан рослинності, біохімхчні агенти, дистанційні датчики.

Вступ

На сьогоднішній день дистанційне оцінювання стану рослинності є однією із технологій, що швидко розвиваються. Вирішення багатьох практичних проблем залежить від широкомасштабного використання різноманітних дистанційних. Проблема визначення стану сільськогосподарських угідь та оцінювання розвитку культур в різних екологічних умовах, є однією з основних у програмі забезпечення безпеки суспільства. До числа завдань моніторингу можна віднести виявлення і прогнозування еволюції стану різних ділянок сільськогосподарських угідь, раннє виявлення екологічних стресів, контроль стану техногенних об'єктів підвищеної небезпеки та ін. Для розв'язання таких завдань використовується широкий спектр приладів та методів, в тому числі методи оптичного дистанційного спостереження, які вимагають розроблення нових системних підходів одержання необхідної інформації. Встановлено цілий ряд факторів, що можуть якісно впливати на спектральні характеристики рослин: вміст біохімічних компонент та води, тип ґрунтів, захворювання рослин (присутність чужорідних біологічних агентів), техногенні впливи спричинені присутністю шкідливих хімічних елементів (важкі метали, нафта, газ) та ін. Спектрометричні дані є дієвим засобом для раннього виявлення та оперативного моніторингу стану рослинного покриву.

Методи аналізу спектрометричних даних

На протязі значного проміжку часу нами ведуться дослідження щодо розвитку існуючих та розроблення нових методів аналізу спектральних даних. Значну увагу приділяється виділенню інформативних ознак та побудові регресійних моделей концентрації біохімічних компонент. В ході досліджень були запропоновані наступні підходи виділення найбільш інформативних ознак спектрів відбиття рослинності: метод головних компонент [1], метод на основі деривативних індексів та сплайн-обробки [2], метод опорних векторів [3], оптимальна лінеаризація пучка спектрограм [4]. Окрім регресійних моделей був розроблений метод реконструкції нелінійних динамічних моделей із багатьма стійкими точками в фазовому просторі для раннього детектування стресових ситуацій розвитку рослин [5].

Датчики детектування біохімічних агентів

Електрохімічні датчики. Дія електрохімічних датчиків ґрунтується на вимірювані зміни електричного струму, що проходить через електроди, спричиненою присутністю різного роду хімічних елементів. Дані датчики можна розділити на три групи: потенціометри, амперометри та кондуктометричні датчики. Їх недоліками є складна

процедура вимірювання, що обумовлена необхідністю використання електроліту, необхідність подрібнення досліджуваних зразків та виключно контактний спосіб аналізу.

Датчики мас-спектроскопії. Принцип роботи даних приладів ґрунтується на фізичних законах руху заряджених частинок в магнітних та електричних полях. На основі аналізу мас-спектрів проводиться встановлення присутності тих чи інших молекул в досліджуваному зразку. Використання даних приладів дозволяє проводити високоточну діагностику, проте дослідження є в значній мірі дуже складними, їх проведення можливе лише в лабораторних умовах при великих затратах часу та ресурсів.

Біосенсори. Біосенсори є датчиками, в яких активний шар, що містить біологічний матеріал (ферменти, бактерії та інші), безпосередньо реагує на присутність шкідливого агенту, в результаті чого проводиться генерація сигналу. Головним недоліків даного типу приладів є контактний спосіб детектування та можливість одночасного виявлення лише обмеженого класу шкідливих речовин та організмів.

Оптичні датчики. Найбільш перспективним для оперативної ідентифікації присутності шкідливих біологічних та хімічних агентів в рослинності є оптичні датчики. Дані датчики можна розділити на дві основні групи: контактні та безконтактні; в свою чергу кожну з яких можна розділити на підгрупи активного та пасивного спостереження. Принцип роботи оптичних датчиків ґрунтується на реєстрації спектрів відбиття, поглинання або пропускання та виявлення аномальних змін, обумовлених присутністю різного роду шкідливих речовин. Активний тип діагностики передбачає додаткову стимуляцію досліджуваних об'єктів спеціальним джерелом опромінення (лазер, фотодіодна лампа, тощо). Прикладами оптичних датчиків можуть служити спектрорадіометри, флюорометри, Фур'є-спектрометри (FTS), лазер-індукційні спектрометри (LIBS) та інші.

Детектування біохімічних агентів методом опорних векторів

Розглянемо проблему ідентифікації шкідливих хімічних та біологічних агентів на основі спектральних даних рослинності $\mathbf{x}$ шляхом їх класифікації на k класів в залежності від присутності вище згаданих агентів. Нехай проведено серію $i = 1, \ldots, n$ вимірювань спектрів відбиття $\mathbf{X} = \{ \mathbf{x}_i \}$. Кожному спектру $\mathbf{x}_i$ множини $\mathbf{X}$ поставимо у відповідність рослинність певного типу із значенням деякого шкідливого біохімічного агенту z. Нехай потрібно встановти, що вектор $\mathbf{x}_i$ належить одному із двох класів – біохімічний агент присутній та біохімічний агент відсутній. У випадку присутності агенту будемо присвоювати векторам мітки $z = +1$, а в іншому – $z = -1$. Множину $\{ \mathbf{x}_i, z_i \}$, $z_i \in \{-1, +1\}$, $\mathbf{x}_i \in \mathbf{R}^d$ будемо називати навчальною. Потрібно побудувати пару паралельних максимально віддалених одна від одної гіперплощин H_1 і H_2 (смугу), яка б розділяла навчальну вибірку на два класи. Таким чином детектування шкідливих агентів можна звести до розв'язку оптимізаційної задачі з обмеженнями

$$\min_{\mathbf{w}} \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 \quad ,$$

$$z_i \, (\mathbf{x}_i \cdot \mathbf{w} + b) - 1 \geq 0 \quad \forall \, i = 1, \ldots, n \, .$$

Висновки

В ході досліджень встановлено, що використання пасивних та активних оптичних датчиків дистанційного спостереження дозволяє отримувати надійну та достовірну інформації про стан рослинного покриву та ідентифікувати зародження стресових ситуацій спричинених шкідливими хімічними та біологічними агентами [6]. Запропоновано низку підходів для аналізу спектрометричних даних та розроблено концепцію раннього детектування екологічних загроз на основі застосування методу опорних векторів. Проведено аналіз існуючих датчиків для діагностики стану рослинності та встановлено доцільність застосування мережі спектрометричних датчиків пасивного та активного типу

детектування з використанням лазерної індукції або інших стимулюючих фотовипромінювачів.

Подяка

Робота фінансово підтримана УНТЦ (http://www.stcu.int/) в рамках проекту № 5240.

Перелік публікацій

1. Яценко В.А. Новый метод дистанционного оценивания содержания хлорофилла в растительности и его программно- аппаратная реализация / В.А. Яценко, С.М. Кочубей, П.А. Хандрыга, В.В. Донец, О.В. Семенив // Космічна наука і технологія. – 2007. – Т.13, №3. – С.35-45.
2. Яценко В.О. Моделювання спектральних кривих та оцінювання вмісту хлорофілу в рослинності / В.О. Яценко, О.В. Семенів, О.І. Кашпіровський // Вісник Київського університету. Сер.: Фізико-математичні науки. – 2007. – № 2. – С. 200–203.
3. Семенив О.В. Валидация моделей классификации гиперспектральных данных / О.В. Семенив, Ю.В. Шатохина, В.О. Яценко // Проблемы управления и информатики. – 2008. – № 3. – С. 113–119.
4. Станкевич С.А. Ефективна обробка даних польового спектрометрування в природоресурсних задачах / С.А. Станкевич, О.В. Титаренко, С.В. Шкляр // Доповіді НАН України. – 2010. – № 12.- С.110-115.
5. Яценко В.О. Динамічний підхід до оцінювання параметрів біохімічних компонент в рослинності / В.О. Яценко, О.В. Семенів // Вісник Київського університету. Сер.: Фізико-математичні науки. – 2009. – № 1. – С.163-168.
6. Yatsenko V.A. Remote sensing of chemical and biological agents using spectrometric data / V.A. Yatsenko, S.A. Stankevich, P.A. Khandriga, O.V. Semeniv, S.A. Ponomarenko // Proceedings of the Eighth International Conference on Digital Technologies (DT'2011).- Žilina: University of Žilina, 2011.- P.285-288.

Секція 6. Супутникові та радіорелейні лінії

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ

Капштык С.В., Пизюк Д.Л. *ДП «Укркосмос»*
Коломыцев М.А., Липатов А.А., *Інститут телекомунікаційних систем , НТУУ «КПІ»*

Abstract. In late 2013, plans to launch satellites "Lybid" national satellite communication system (NSCS) of Ukraine. The report revealed the problem, the conditions and problems of this system.

Процес створення НССЗ можна представити у вигляді алгоритму приведеному на рис. 1.

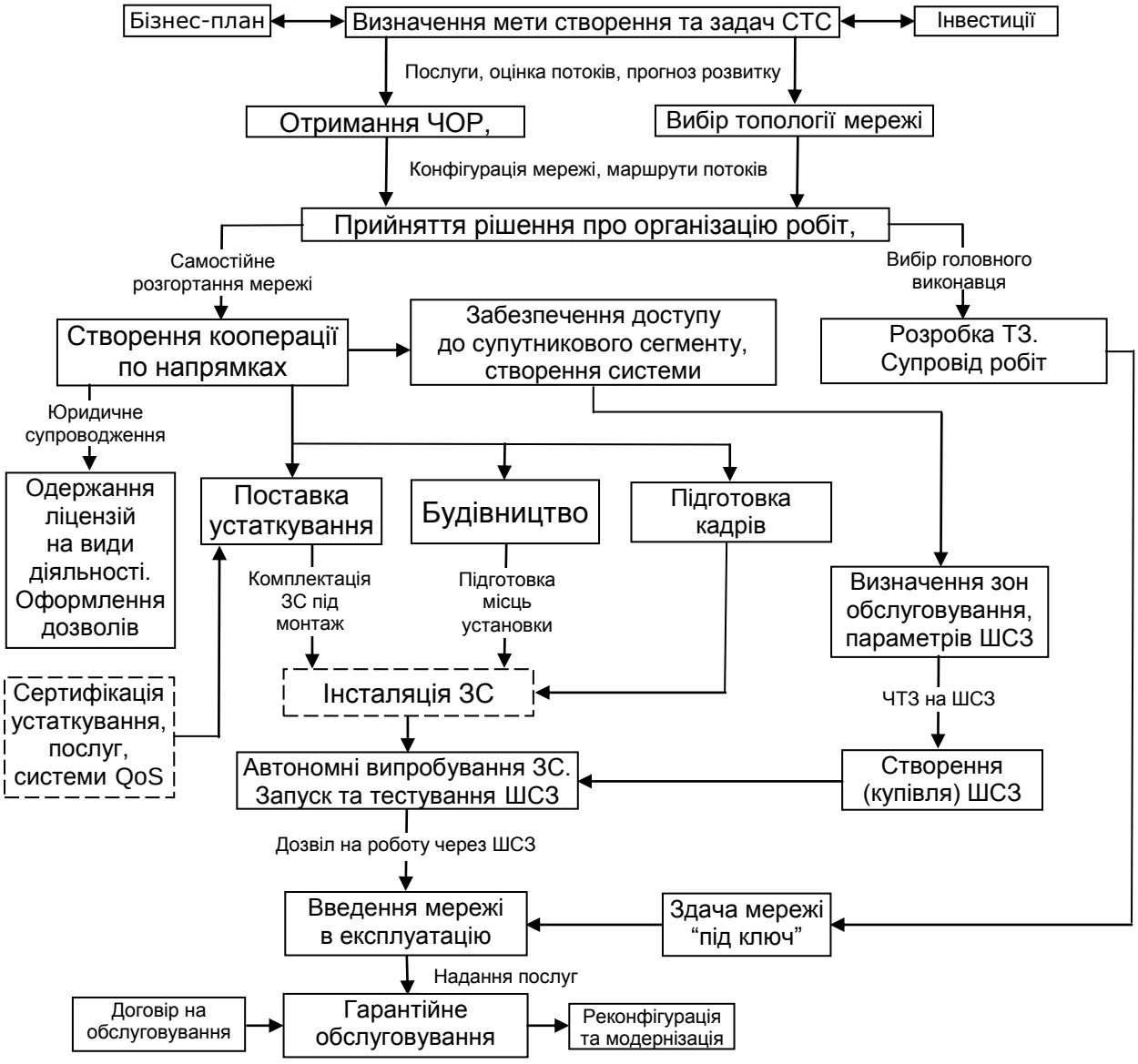


рис. 1 Алгоритм створення НССЗ.

Призначення системи НССЗ - надання користувачам пакета телекомунікаційних послуг: телевізійне мовлення, голосовий зв'язок, передача даних і масивів інформації, передача відеоінформації. Система дозволить - на телекомунікаційної платформі надавати

широкий спектр сучасних інформаційних послуг та організувати тематичні служби для стаціонарних, рухомих і мобільних користувачів. Завдяки великій пропускної здатності супутниковій телекомунікаційній системи, одночасно із забезпеченням потреб органів державної влади з'являється можливість будувати високоякісні системи закритого зв'язку для НД України, ДПСУ, МВС, МНС, Державної пенітенціарної служби, СБУ, УДО, Держспецзв'язку, Держспецтранслужби.

Одним із найбільш складних етапів який закінчився була координація частотно-орбітального ресурсу для створення НССЗ. Складність обумовлена тим, що найбільш зручні частотні діапазони (Ku) здебільшого зайняті і визначити позицію та оптимізувати параметри супутникової мережі таким чином, щоб не створювати завад наявним мережам дуже складно.

За результатами координації визначена позиція супутникової мережі в 48^0 град східної довготи. Зона обслуговування складається з трьох регіонів: Центральна Європа (з Україною включно), Західна Африка та Індія, по 10 танспондерів з шириною 33 та 45МГц в кожному регіоні. Рівень еквівалентної випромінюваної потужності на транспондер складатиме 50-52дБВт в залежності від регіону. Працювати супутник буде в діапазоні Ku.

Зазначені параметри повністю визначили конфігурацію супутника. Так основними складовими його буде 3 шейпові антени, яки формують три зону обслуговування; 30 ламп бігучої хвилі з ліанеризаторами (додатково маються резервні); 3 широкосмугових приймача (додатково є резервні), система комутації та фільтрації, що дозволяє створювати канали між різними зонами обслуговування.

За підрахунками [1] використання ЕВП в 52дБВт дозволить абонентам приймати телевізійний сигнал стандарту DVB-S2 (DVB-S) на абонентські термінали з розміром антени 90 см. При організації VSAT-мереж розмір антени необхідно буде збільшити в зв’язку з необхідністю працювати в лінійному режимі ламп бігучої хвилі.

При побудові VSAT-мереж за більшістю стандартами (в тому числі DVB-RCS) використовується топологія мережі – зірка. Є центральна станція HUB, яка з’єднується з наземною інфраструктурою та декілька абонентських станцій. Канал який іде від центральної станції на абонентську називають прямим (Forward), а від терміналів до центральної станції – зворотнім (Return).

Сьогодні на ринку спостерігається тенденція зменшення вартості HUBів та терміналів абонентських станцій. Це дає можливість операторам зв'язку знизити початкові витрати супутникового двостороннього широкосмугового доступу при розгортанні нової мережі VSAT.

Однак, вартість космічного сегмента і супутникового ресурсу (щомісячні витрати) досить високі через малу кількість доступного ресурсу геостаціонарних супутників та підвищеному попиті на цю послугу. Тому ефективне використання супутникового ресурсу одне з головних міркувань при виборі технології для створення VSAT мереж. В таблиці 1 наведено порівняння характеристик мереж за технологією DVB-S и DVB-S2 зведених до полоси транспондера 30 МГц.

Таблиця 1

FEC	QPSK				8PSK	
	DVB-S		DVB-S2		DVB-S2	
	Пропускна здатність Мбит/с	Відношення "сигнал/шум" (дБ)	Пропускна здатність Мбит/с	Відношення "сигнал/шум" (дБ)	Пропускна здатність Мбит/с	Відношення "сигнал/шум" (дБ)
1/2	23.04	4.9	24.85	1.2	-	-
3/5	-	-	29.85	1.84	44.78	3.15
2/3	30.72	5.4	33.21	2.05	49.81	3.79
3/4	34.56	5.9	37.35	2.47	56.03	4.59
4/5	-	-	39.85	2.84	-	-

5/6	38.40	6.4	41.54	3.16	62.31	5.59
7/8	40.32	6.9	-	-	-	-
8/9	-	-	44.35	3.9	66.52	6.67
9/10	-	-	44.90	4.07	67.35	6.87

Лідируючі позиції на ринку обладнання VSAT мереж займають виробники: Hughes Network Systems, LLC (Hughes), iDirect, VIASAT, Advantech Wireless, GILAT, Shiron, STM, NEWTEC.

Більшість з вище перерахованих компаній виробляють обладнання, яке підтримує відкритий стандарті DVB-RCS і практично всі в даний час використовують для організації прямого каналу від центральної станції до абонентських терміналів використовують стандарт супутникового мовлення, DVB-S2 - офіційно опублікований в березні 2005 року [2].

У стандарті DVB-S2 реалізовані самі останні розробки в області канального кодування LDPC + BCH в поєднанні з різними видами форматами модуляції (QPSK, 8PSK, 16APSK і 32APSK). У порівнянні з DVB-S, новий стандарт DVB-S2 забезпечує підвищення швидкості передачі корисної інформації на 20-35% або при тій же ефективності використання спектру дає запас по рівню сигналу в 2-2,5 дБ. В свою чергу використання багатопозиційної модуляції вимагає більш високе співвідношення сигнал/шум на прийомі та потребує більшої лінійності підсилювачів супутника.

Нижче наводиться таблиця з основними характеристиками центральних станцій для VSAT мереж від чотирьох основних виробників.

Таблиця 2

Виробник	Hughes Network Systems, LLC (Hughes)		STM			iDirect			Advantech Wireless		
Назва HUB	HN	HX	SatLink Hub 9800 CC	SatLink Hub 9300 LE, 9400 LE	SatLink Hub 9100 SE, 9200 SE	15000 Universal Hub	12100 Universal Hub	iDirect Mini Hub	MILLENIUM HUB	DISCOVERY HUB	RAPTOR HUB
Стандарт прямого каналу	DVB-S/S2	DVB-S2	DVB-S/S2	DVB-S2	DVB-S2	DVB-S2	DVB-S2	TDM	DVB-S/S2	DVB-S/S2	DVB-S/S2
Модуляція	QPSK, 8PSK	QPSK, 8PSK, 16APS	QPSK, 8PSK, 16APS, 32APSK			BPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK		BPSK, QPSK, 8PSK	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK		
Завадо стійке кодування	RS+Viterbi, BCH + LDPC	BCH + LDPC	BCH + LDPC			Turbo, LDPC		TPC	RS+Viterbi BCH + LDPC		
Символьна швидкість в прямому каналі	1-45 Мбіт/с		1-45 Мбіт/с	1 – 24 Мбіт/с	1 – 24 Мбіт/с	До 15/45 Мбіт/с	До 15/45 Мбіт/с	0.064 - 11.5 Мбіт/с .	1-45 Мбіт/с		
Кількість абонентів	1000	500	2500	500	500	20	4	10-30	3000	10-500	10-500
Топологія мережі	Star	Star, Mesh, Hybrids	Звезда, Star, Mesh, Hybrids			Star, Mesh, Hybrids		Star	Star, Mesh, Hybrids		

Тип зворотного каналу	MF-TDMA	MF-TDMA	MF-TDMA	MF-TDMA	MF-TDMA	D-TDMA	D-TDMA	D-TDMA	MF-TDMA	MF-TDMA	MF-TDMA
Модуляція в зворотному каналі	OQPSK	OQPSK	QPSK, 8PSK	QPSK, 8PSK	QPSK, 8PSK	BPSK, QPSK, 8PSK	BPSK, QPSK, 8PSK	BPSK, QPSK, 8PSK	QPSK, 8PSK	QPSK, 8PSK	QPSK, 8PSK
Завадостійке кодування в зворотному каналі	Turbo	Turbo	Turbo	Turbo	Turbo	Turbo	Turbo	TPC	Turbo	Turbo	Turbo
Швидкість передачі в зворотному каналі	128 - 1600 кбіт/с.	256 - 9800 кбіт/с	0.125 - 8 Мбіт/с	0.125 - 8 Мбіт/с	0.125 - 4 Мбіт/с	До 7 Мбіт/с	До 7 Мбіт/с	0.064 - 2.875 Мбіт/с	0.128 - 6 Мбіт/с		

На українському ринку супутникового зв'язку на сьогоднішній день послуги надають такі компанії-оператори: ЗАТ «Датагруп», ЗАТ «Сатлайн», ДП «Укркосмос», ТТ Ком України (дочірня компанія TTcomm SA). Кожна компанія є орендарем супутникового ресурсу і надає послуги супутникового зв'язку в певному стандарті з використанням технологій підтримують даний стандарт (Таблиця нижче). Центральна станція супутникового зв'язку (HUB) трьох з операторів знаходиться в місті Києві, ТТ Ком України HUB в Мінську Мазовецькому, Польща.

Література

1. КООРДИНАЦИЯ СПУТНИ-КОВЫХ СЕТЕЙ УКРАИНЫ В ПЛАНОВОМ ДИАПАЗОНЕ BSS (позиция 38.2°) Коломыцев М. А. Липатов А. А. Пизюк Д. Л. 21-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» 2011р.

2. EN 302 307 «Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications

О РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИТРИС

Волков В.В.
Одесский областной радиопередающий центр
Нарытник Т.Н.
e-mail: director@mitris.com
Институт электроники и связи Украинской академии наук
Ксензенко П.Я., Химич П.В.
e-mail: pks@roks.com.ua
ЗАО „РОКС"

About realization of the smart city concept with using mitris technology

The approaches to realization of the smart city concept with using MITRIS technology are discussed. The source priorities on design of telecommunication system for multiservice radio access are assigned.

On base of carried out analysis it is shown that one of the prospective way for creation of the future network to realize the smart city concept is using of the microwave integrated telecommunication system MITRIS which operate in frequency band 11.7 – 12.5 GHz and its modifications of UMDS type operated in frequency band 10.15 – 10.30 GHz and 10,50-10,65 GHz.

Введение.

Развитие современных телекоммуникации происходит в направлении создания разнообразных систем, выполняющих строго определенные функции (предоставляющих определенные сервисы). Поскольку эти сервисы имеют целью удовлетворение отдельных потребностей пользователей, то необходимо определить приоритеты при проектировании мультисервисной системы, удовлетворение каких из потребностей должно осуществляться в первую очередь. Для пользователя (физическое лицо, предприятие, организация и т.п.) характерны не только индивидуальные, но и общественные потребности, поскольку он является частью сообщества.

Во взаимодействии с множеством индивидуальных пользователей телекоммуникационной мультисервисной системы находятся органы местной власти и самоуправления и их административные единицы, которые также являются пользователями системы**.** Таким образом, развитие мультисервисных телекоммуникаций имеет ярко выраженный социальный аспект**.**

Технический аспект решения проблемы состоит в том, каким образом коммуникации сделать доступными и естественными, как для органов власти, так и для граждан, а в нашем понимании – пользователей мультисервисной телекоммуникационной сети.

Наличие развернутой системы коммуникаций может практически полностью исключить непосредственные контакты граждан с чиновниками и ускорить оборот документов на всех уровнях. Для того чтобы это стало возможным, необходима система мультисервисного радиодоступа с большой (сотни мегабит и более) пропускной способностью.

Основная часть

Эффективное выполнение таких широкомасштабных заданий по предоставлению населению инфокоммуникационных услуг невозможно без развитой на территории страны современной инфокоммуникационной инфраструктуры [1,2]. При этом сложность решения задания обусловлена существующей неравномерностью развития телекоммуникаций на территории страны, в частности, практически ее отсутствием в сельской местности, а также

значительной изношенностью отдельных систем и сетей связи, которые находятся в распоряжении государства.

Согласно инициативе Европейской комиссии, до 2013 г. широкополосным доступом должны быть обеспечены все жители Европейского Союза, причем на начало 2020 г. больше, чем в половины из них скорость в абонентском подключении должна быть не меньше 100 МБит/с. Вместе с тем, минимальная скорость должна составлять 30 МБит/с.

На основании проведенного анализа по определению системы мультисервисного радиодоступа, которая может решить эту задачу. следует, что востребованность услуг телевизионного вещания уменьшается, уступая место интерактивному телевидению, IPTV и т. д. Тем не менее, можно ожидать, что ТВ вещание как мощный источник информирования населения и поставщик услуг развлечений определенное время будет сохранять свое значение. Поэтому будем считать телевизионное вещание (и радиовещание) первым из технических средств, направленных на удовлетворение потребностей населения в получении информации. При этом передача видео в режиме реального времени порождает новую техническую проблему - потребность в большой ширине полосы пропускания канала связи.

Одним из мощных средств доступа к информации является сеть Интернет, которая способна обеспечить массу разнообразных сервисов, реализуемых на ее основе. Услуги, предоставляемые сетями вещания и сетью Интернет, предназначены в основном для удовлетворения потребностей населения. Для администрации, наряду с Интернетом, посредством которого граждане могут информировать о своих нуждах местную администрацию, а физические и юридические лица передавать сведения, которые они обязаны сообщать администрации согласно законодательству, необходимы еще, прежде всего, телекоммуникационные системы, позволяющие ей получать оперативную информацию о событиях, происходящих в городе. Это средство – развернутая в пределах города муниципальная система видеонаблюдения. Эта система, безусловно, отличается от обычных систем видеонаблюдения, применяемых на предприятиях, поскольку предназначена для наблюдения за местами, представляющими повышенную опасность (такими как, например, перекрестки и аварийно опасные участки дорог), за местами собраний и массовых мероприятий, в которых необходимо поддерживать общественный порядок и фиксировать правонарушения. Очевидно, что качество передаваемых такой системой изображений должно соответствовать студийному, а иногда и соответствовать стандарту HDTV. С помощью такой профессиональной системы видеонаблюдения органы местной власти могут вовремя оценить масштабы аварий, пожаров и других происшествий и адекватно отреагировать на них, в том числе и в режиме реального времени. Организация на базе такой системы мультисервисного доступа цифровой телеинформационной сети позволяет реализовать концепцию «интеллектуального» города.

В странах с развитой коммуникационной инфраструктурой некоторые из перечисленных выше задач уже решены. Анализ показывает, что цифровую телеинформационную сеть лучше всего создавать на основе полностью беспроводных систем, поскольку это можно сделать быстрее и с относительно низкими затратами.

Сеть Wi-Fi могла бы стать гарантированной инфраструктурой для передачи видео, но только до тех пор, пока пользователи используют стандартные решения для поддержки видео. Применяемая в точках доступа систем стандарта 802.11n технология MIMO, которая предполагает наличие множества приемных и передающих антенн, позволяет уменьшить ошибки при передаче сообщений между клиентами и точками доступа, передавая один поток данных с помощью множества антенн. Сопровождающая беспроводную передачу интерференция может оказать влияние на передачу данных по любой беспроводной LAN, но будет особенно болезненной при передаче видео в реальном времени.

При передаче телевидения в режиме реального времени наряду с голосовой связью и передачей данных сильно перегружаются все существующие LAN, что приводит к решению, согласно которому сети вещания и передачи данных скоординировано, но раздельно решают

свои задачи. Сеть вещания представляет собой широкополосную сеть передачи данных в одном направлении, а сеть передачи данных – отдельную сеть широкополосного доступа в обоих направлениях. Так рождается идея создания вещательно-информационного комплекса в микроволновом (сверхвысокочастотном) диапазоне частот [3]. Поскольку в таком комплексе уже решается задача передачи данных в обратном направлении (от пользователя к центральной станции системы), то вполне разумным будет добавление еще одной функции – функции сбора больших объемов видеоинформации (видеонаблюдения).

Одним из путей создания такой сети будущего, является использование микроволновой интегрированной телерадиоинформационной системы МИТРИС, работающей в диапазоне радиочастот 11,7-12,5 ГГц, и ее модификаций типа UMDS, работающих в диапазоне 10,15 -10,30ГГц; 10,50-10,65 ГГц.

Заключение

Решение задачи соединения в одной телеинформационной сети телекоммуникационных систем с использованием технологии МИТРИС, реализующих все указанные функции, откроет реальную возможность реализации концепции «интеллектуального города», в котором общественная жизнь организована таким образом, что и граждане, и органы местной власти и самоуправления получают новые возможности, а именно:

- органы местной власти и самоуправления получают возможность оперативной доставки информации с мест, что способствует быстрому принятию ими правильных административных решений;
- граждане получают возможность полноценного участия в общественной жизни города, неограниченного общения друг с другом, с городскими учреждениями и организациями, а также с внешним миром;
- отдельные предприятия получают возможность оперативного получения информации о работе своих подразделений, о состоянии рынков товаров и услуг, а также о движении денежных средств.

Литература

1. Т.Н.Нарытник, М.Е.Ильченко. Микроволновые телекоммуникационные технологии и биологическая безопасность. Наука и культура, №35, 2010.-с.17-39.

2. Нарытник Т.Н., Сайко В.А., Булгач В.Л., Казимиренко В.Я. Интерактивная система беспроводного доступа к информационным ресурсам// З′вязок.-№2.(94).-2011.-С.32-36.

3. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система МІТРІС-ІНТ. Деклараційний патент України №51495А з пріоритетом від 12.04.2002 р.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТОВ DVB-S2 И DVB-RCS2 В СТС

Липатов А,А,, Могильченко Н.А.
ИТС НТУУ «КПИ»

The implementation standards DVB-S2 and DVB-RCS2 essentially improves efficiency of satellite communication and broadcasting systems. The basic principles of this standards are considered.

1. Стандарт DVB-S2 [1]

1.1. Виды услуг

Основные услуги стандарта: мультипрограммное ТВ-вещание (SDTV и HDTV по стандарту MPEG-4, аудио, мультимедиа) в сетях первичного и вторичного распределения программ в полосах частот служб FSS и BSS, в том числе НТВ – непосредственное ТВ; интерактивные услуги, включая Интернет; профессиональные приложения: сбор программ ЦТВ и репортажные услуги (DSNG); распространение данных и медиаконтента, включая интерактивные услуги для профессиональных приложений. Предусмотрена обратная совместимость ТВ-вещания со стандартом DVB-S.

1.2. Характеристики сигналов стандарта DVB-S2

Для компромисса между излучаемой мощностью и спектральной эффективностью в DVB-S2 предусмотрено расширенное число скоростей кодирования (1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 и 9/10) при различных видах модуляции (QPSK, 8PSK, 16APSK и 32APSK).

Модуляции QPSK и 8PSK предлагаются для приложений вещания и могут использоваться в транспондерах, работающих в режиме, близком к насыщению. Модуляция 32APSK предусматривает линейный режим работы СР и требует повышенных значений сигнал/шум C/N; она, в основном, используется для профессиональных приложений. Модуляция 16APSK при ограниченных требованиях к линейности СР (используются специальные схемы предыскажений) может находить широкий диапазон приложений, включая и ТВ-вещание. Сигналы 16APSK и 32APSK оптимизированы для работы СР в нелинейном режиме с размещением точек на окружностях. Однако их характеристики при работе в линейном канале совместимы с традиционными видами модуляции 16QAM и 32QAM соответственно.

Скорости кодирования *r* 1/4, 1/3 и 2/5 введены для работы с модуляцией QPSK для наихудших условий связи: *приём возможен при уровне сигнала ниже уровня шума на* 2,4 дБ (рис. 1).

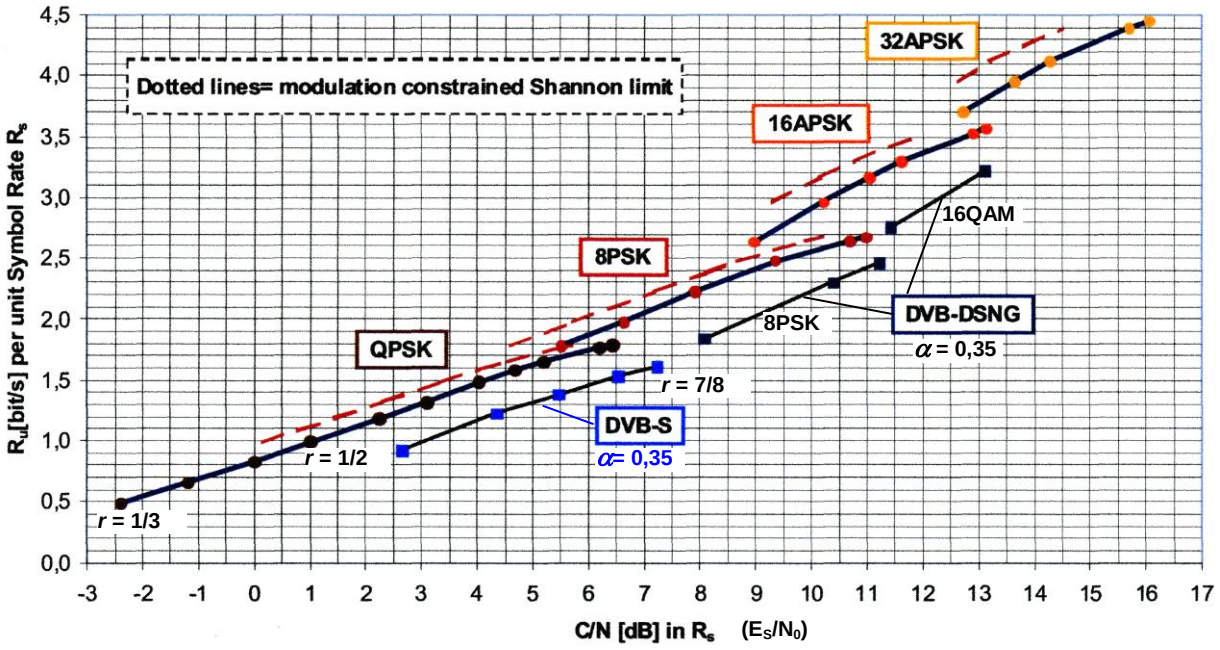


Рис. 1. Спектральная эффективность DVB-S, DSNG и DVB-S2

В зависимости от вида модуляции и скорости канального кодирования, реализуется *спектральная эффективность системы* от 0,5 до 4,5 бит/символ, что даёт *увеличение пропускной способности на 20…35 % в сравнении с DVB-S при тех же условиях передачи* [1]. По энергетической эффективности сигналы DVB-S2 отстоят от предела Шеннона всего лишь примерно на 0,7 дБ.

В DVB-S2 предусмотрено три коэффициента скругления АЧХ ФНЧ Найквиста, т.е. спектра символа (фактор roll-off): α = 0,35, 0,25 и 0,2. Уменьшение α приближает АЧХ ФНЧ к прямоугольной форме, что увеличивает пропускную способность, но и предъявляет более жёсткие требования к линейности транспондера и точности работы системы синхронизации. Оператор может выбирать символьную скорость для оптимизации использования полосы частот СР.

1.3. Применение DVB-S2 в СТС

Система DVB-S2, как и DVB-S, может использоваться в конфигурациях «несколько каналов на одной несущей в транспондере» (MCPT, разделение каналов временно́е) или «один канал на несущую, много несущих в транспондере» (SCPC, разделение каналов частотное). При одной несущей символьная скорость передачи R_S пропорциональна полосе пропускания транспондера: $R_S = BW/(1 + \alpha)$. При нескольких несущих R_S соответствует выделенной для данной услуги полосе частот. Количество предоставляемых услуг ограничивается полосой транспондера и требуемой скоростью каждой из услуг, а также допустимым уровнем взаимных помех между смежными несущими.

При нескольких несущих в транспондере приходится снижать выходную мощность передатчика (т.е. работать в квазилинейном режиме), в результате чего снижается и реализуемое значение сигнал/шум E_S/N_0.

1.4. Режимы кодирования и модуляции DVB-S2

Простейший режим CCM (Constant Coding and Modulation – постоянные кодирование и модуляция) – режим передачи, при котором может обрабатываться один или несколько потоков данных одновременно. Каждый поток данных согласован с модулятором/демодулятором своим физическим интерфейсом и передается на одной общей несущей. Если модулятор поддерживает режим VCM (Variable Coding and Modulation), каждый поток данных может кодироваться и модулироваться с собственным набором параметров. *При этом выигрыш в спектральной эффективности может быть 66 % относительно DVB-S.*

Режим ACM, «изюминка» DVB-S2, применим для приложений класса «точка-точка» (двухточечные приложения, например, IP-вещание в один адрес или DSNG). При этом, в зависимости от условий приёма сигнала (например, наличия дождя), меняется режим работы модулятора DVB-S2, т.е. изменяются скорость кодирования и формат модуляции, вследствие чего меняется и требуемое отношение сигнал/шум C/N у абонента. В режиме ACM достигается максимальная скорость цифрового потока для любых погодных условий. Порог C/N устанавливается на приёмной стороне потребителем данной услуги за счёт непрерывного измерения C/(N + I) принимаемых пилот-сигналов (36 немодулированных символов на кадр) и посылки измеренного значения на вещательную ЗС посредством обратного канала. *При этом параметры кодирования и модуляции могут изменяться от кадра к кадру.*

Несмотря на сложность системы ACM*, в зависимости от параметров линии связи и её конфигурации, она обеспечивает увеличение пропускной способности от 130 до 200 % по сравнению с* CCM *в* DVB-S.

2. Стандарт DVB-RCS2 [2]

Данный стандарт предусматривает использование систем DVB-S2 для интерактивного телевидения. В прямом канале производится всенаправленная передача от провайдера ТВ, аудио и данных к пользователям, скорость потока – 40…60 Мсимв/с). По обратной низкоскоростной радиолинии абонент посылает заявку на HUB провайдеру о передаче ему определённой ТВ программы. В режиме ACM DVB-S2 обеспечивается и автоматическое регулирование качества её приёма.

Основная функция стандарта DVB-RCS2 – поддержка сетей с *дуплексными интерактивными каналами*. Такой канал состоит из обратной радиолинии (Return Interaction Path) от терминала пользователя к провайдеру и прямой линии (Forward Interaction Path) от провайдера к пользователю. Обмен данными производится по протоколам IP.

В стандарте определены спецификации сетей со стационарными и подвижными терминалами RCST (Return Channel Satellite Terminals), называемыми также ISST (Interactive Satellite System Terminals). Подвижные терминалы могут быть установлены даже на самолётах, летящих со скоростью до 300 км/час. При этом в прямом канале для повышения помехоустойчивости используется (опционно) прямое расширение спектра (spreading) в 2, 4 или 8 раз.

В обратной радиолинии предусмотрен режим SCPC FDM (несколько обратных каналов с одной несущей на канал), требующий линейного режима работы ЛБВ СР, на 5…7 дБ ниже точки насыщения. От абонента непосредственного ТВ трафик до 2 Мсимв/с передаётся асинхронно потоком ячеек ATM (53 байта в ячейке, плюс префикс на поток), канальное кодирование – свёрточное + RS. Используется модуляция QPSK; $\alpha = 0{,}35$. Вместо свёрточного кодирования можно применять турбокод.

В целях оперативного сбора новостей (DSNG – цифровая журналистика) предусмотрена передача с места событий транспортного потока MPEG2 возимой профессиональной аппаратурой с высокой скоростью (от 8 до 34 Мсимв/с), кодирование RS и свёрточное, модуляция 8PSK и 16QAM; в последнем случае благодаря малой ЭИИМ передатчика ЗС ЛБВ на СР не выходит из линейного режима работы. Для работы журналистов организуется два дуплексных канала: репортажный и служебный.

Литература

1. ETSI EN 302 307 – Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2) – 2004 v.1, 2009-08 v.1.2.1).

2. ETSI EN 301 790 v 1.5.1 (2009-05) – Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for satellite distribution systems.

УДК 621.391

ВАРІАНТ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕХАНІЗМУ DAMA ДЛЯ ЗВОРОТНОГО КАНАЛУ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Кашуба С.В.
НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем
E-mail: kashubasv@rambler.ru

A VariantofDAMA Mechanism Realizationin Return Satellite Channel

The DAMA return satellite channel mechanism was analyzed.The functioning of it was described as algorithm of network elements interaction. Impact of dynamic allocation mechanism implementation on some transmission parameters was estimated.

Розвиток наземних кабельних та безпровідних технологій доступу досяг високо рівня, але, в умовах низької густоти населення та при необхідності оперативного розгортання, супутникові мережі є інструментом отримання стабільного та достатньо швидкісного зв'язку. Крім забезпечення пропускної здатності сучасні сервіси вимагають виконання ряду вимог до часової затримки при передачі. Даний матеріал розглядає можливий спосіб реалізації цих вимог шляхом застосування динамічного перерозподілу канального ресурсу системи зв'язку.

Системи асиметричного (зворотній канал є наземним) супутникового доступу до мережі Інтернет набули широкого поширення через економічну вигідність, але вони не дають скористатися всім набором переваг супутникових систем. У прямому (до абонента) каналі використовуються технології стандарту DVB-S та -S2 з часовим розподілом. Але дані стандарти не оптимізовані для передачі даних від абонента.

Створення зворотного каналу через GEOs пов'язане зрядом проблем: обмеження частотного ресурсу, потужності передавача, зростання вартості термінального обладнання. Також важливим завданням є вибір методу множинного доступу у зворотному каналі. Методи розподілу спільного середовища, що мають ефективність у прямих каналах (TDMA), втрачають ефективність через меншу швидкість каналу, а головне – через територіальне рознесення терміналів. Методи з фіксованим канальним ресурсом (мультиплексування) мають низьку ефективність. Випадковий доступ, що походить від системи ALOHA, також неефективний через довгий час поширення радіосигналу та можливі колізії.

Частково вирішити проблеми зворотного каналу можевзаємодія елементів мережі в режимі DAMA (DemandAssignedMultiple Access). Такий метод керування канальним ресурсом може бути застосовано до технології DVB-RCS, що використовує MF-TDMA розподіл. Для керування роботою всіх терміналів (Рис.1) повинен існувати єдиний функціональний елемент – центр керування мережею (ЦКМ). Його завданням є циклічний збір запитів на канальний ресурс від супутникових терміналів (СТ), створення частотно-часових розкладів використання середовища та надсилання їх всімСТ.

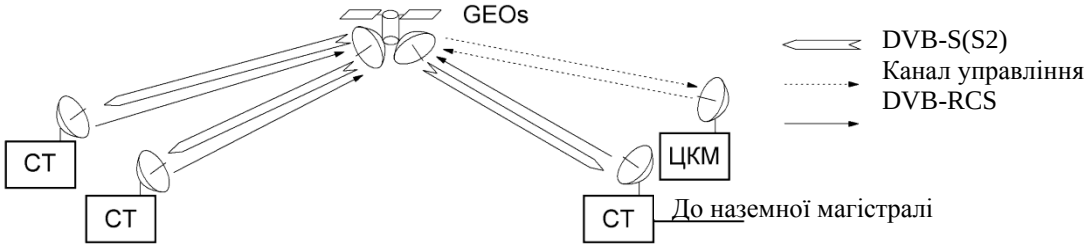


Рис.1. Архітектура DVB-S/RCSсистемисупутникового доступу

Розподіл пропускної здатності може бути застосований на різних рівнях взаємодії мережевого обладнання. На канальному рівні можливо здійснити розподіл канального ресурсу між окремими СТ, тоді як на мережевому та вищих рівнях відбувається розподіл між окремими додатками користувача (групи користувачів, підключених до одного СТ).У будь-якому випадку, основним механізмом регулювання є створення черг для трафіку різних

категорій даних. Поділимо для нашої системи трафік на дві категорії: реального часу (аудіо- та відеотелефонія, трансляція відео та звуку)та еластичний (передача файлів і повідомлень).

Кожен окремий СТ не може призначати собі обсяг мережевого ресурсу, оскільки він не має відомостей про стан завантаження інших терміналів. Таким чином СТ повинен періодично надсилати на ЦКМ інформацію про параметри, за якими можна здійснити розподіл ресурсу і сформувати частотно-часовий розподіл на наступний цикл алгоритму DAMA.До таких параметрів можна віднести: обсяг заповнення буферу, швидкість заповнення буферу новими блоками даних, середній час їх затримки у черзі.

Розглянемо варіант алгоритму розподілу спільного ресурсу зворотного супутникового каналу. Нехай зворотній канал має сумарну пропускну здатність R_{Tot}, вона має динамічно розподілятися між групою зSсупутникових терміналів. Кожен термінал має C незалежних буферів для трафіку різних категорій даних. За кожним типом трафіку СТ може бути закріплено певний статичний обсяг канального ресурсу R_{ij}^{st}, де i– номер СТ, $i \in (1,S)$; j – номер типу трафіку, $j \in (1,C)$. При чому повинна виконуватись залежність:

$$R_{Tot} > \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{C} R_{ij}^{st} \qquad (1)$$

Пропускна здатність, що прийматиме участь в алгоритмі DAMA:

$$R_{Tot}^{dyn} = R_{Tot} - \sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{C} R_{ij}^{st} \qquad (2)$$

Результатом обробки інформації про стан всіх зворотних каналів буденабір коефіцієнтів, що визначають долю «спільного» ресурсу, призначеного певному СТ у наступному циклі. Визначимо $\delta_{ij}[t_1;t_2]$ як частину R_{Tot}^{dyn}, що надається j-тій черзі в для i-того СТ в межах інтервалу часу $[t_1;t_2]$. Таким чином, що:

$$R_{ij}^{dyn}[t_1;t_2] = R_{Tot}^{dyn} \cdot \delta_{ij}[t_1;t_2] \qquad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{C} R_{ij}^{dyn}[t_1;t_2] \le R_{Tot}^{dyn} \qquad (4)$$

У зв’язку з наявною затримкою в супутникових системах доступу, ефективною може бути передача на ЦКМне поточних параметрів, а прогнозованих. Очевидно, що досконаліть алгоритму передбачення буде у суттєво визначати ефективність роботи механізму DAMA.

Для подальшого опису алгоритму необхідно здійснити прив’язку до часових параметрів. Позначимо через T_{Int} час дії одного частотно-часового розкладу (ЧЧР). Відповідно з таким же періодом має відбувати передача запитів від всіх СТ до ЦКМ. Сумарний час затримки в циклiСТ-ЦКМ-СТ буде становити T_{Del} :

$$T_{Del} = 2 \cdot T_{Path} + T_{Comp} \qquad (5)$$

де, T_{Path} – затримка поширення сигналу від СТ до ЦКМ; T_{Comp} – час обчислень в ЦКМ.

Введемо величину F, що є показником інтенсивності надходження ЧЧР:

$$F = T_{Del} / T_{Int} \qquad (6)$$

В межах алгоритму СТ на момент часу t передають до ЦКМнаступну інформацію:

- очікуване заповнення чергв момент часу $t+T_{Int}$ для кожної категорії даних:

$$q_{ij}^{*}(t+T_{Int}) = q(t) + (R_{ij}^{in*}[t,t+T_{Int}] - R_{Tot}^{dyn}\delta_{ij}(t)) \cdot T_{Int} \qquad (7)$$

- очікуване значення середньої швидкості потоків інформації кожної категорії на проміжку часу $[t+T_{Int};t+F \cdot T_{Int}]$:

$$R_{ij}^{in*}[t+T_{Int};t+F \cdot T_{Int}] = \sum_{k=1}^{F-1} \frac{R_{ij}^{in*}[t+k \cdot T_{Int};t+(k+1) \cdot T_{Int}]}{F-1} \qquad (8)$$

- коефіцієнтиβ_{ij}, що дозволять надати трафіку реального часу більшого пріоритету:

$$\beta_{ij}(t) = 1 + K \frac{B_{ij}^{Loss}[t-T_{Int};t]}{B_{ij}^{Pass}[t-T_{Int};t]} \qquad (9)$$

де $B_{ij}^{Loss}[t-T_{Int};t]$ - кількість біт, які були відкинуті з черги у зв'язку з перевищенням граничного значення часу очікування на попередньому інтервалі; $B_{ij}^{Pass}[t-T_{Int};t]$ – кількість біт, які було передано; K – коефіцієнт переваги трафіку реального часу над еластичним, значення підбирається експериментально.

У момент часу $t+T_{Path}$ на ЦКМ надходять параметри від S терміналів і відбувається розрахунок прогнозованих значень черги на терміналах у момент часу $t+T_{Del}=t+F\cdot T_{Int}$:

$$q_{ij}^{*}(t+F\cdot T_{Int})=q_{ij}^{*}(t+T_{Int})+((F-1)\cdot R_{ij}^{in*}[t+T_{Int},t+F\cdot T_{Int}]-R_{Tot}^{dyn}\sum_{k=1}^{F-1}\delta_{ij}(t+kT_{Int}))T_{Int} \quad (10)$$

Отримані таким чином $S\cdot C$ передбаченьбудуть визначати пропорціональність розподілу пропускної здатності у ЧЧР, що надсилається у напрямку СТ в момент $t+T_{Path}+T_{Comp}$. Слід врахувати, що фізично величина $q_{ij}^{*}(t+F\cdot T_{Int})$ не може бути від'ємною, тому при розрахунках всі негативні результати слід зводити до нуля.Виходячи зі степеня заповнення буферів, доля канального ресурсу на період часу $[t+F\cdot T_{Int};t+(F+1)\cdot T_{Int}]$ для окремої черги терміналу:

$$\delta_{ij}^{q}(t+F\cdot T_{Int})=\frac{q_{ij}^{*}(t+F\cdot T_{Int})}{\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{C}q_{ij}^{*}(t+F\cdot T_{Int})} \quad (11)$$

Остаточна формула, що враховує пріоритети типівтрафіку, має вигляд:

$$\delta_{ij}(t+F\cdot T_{Int})=\frac{\beta_{ij}(t)\delta_{ij}^{q}(t+F\cdot T_{Int})}{\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{C}\beta_{ij}(t)\delta_{ij}^{q}(t+F\cdot T_{Int})} \quad (12)$$

Для ілюстрації роботи даного алгоритму використаємо модель в середовищі MatLab. Однією з отриманих залежностей (рис.2) є відношення середньої затримки при динамічному розподілі каналу до середньої затримки у системі без перерозподілуK_{del}в залежності від долі спільного канального ресурсуR_{Dyn}/R_{Tot}.

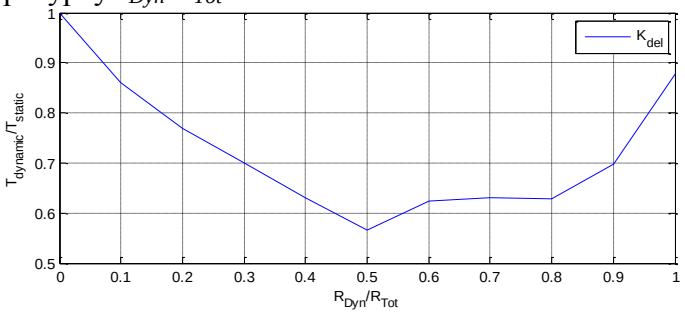


Рис.2.Покращення показника середнього часу затримки при застосуванні динамічного перерозподілу (параметри моделі: S=3,C=2,F=2).

Таким чином механізми динамічного перерозподілу можуть підвищити ефективність використання канального ресурсу у зворотному супутниковому каналі за рахунок обробки вимог земних терміналів. Якість роботи механізмів DAMAв умовах затримокзначною мірою залежать від можливостей СТ сформувати оптимальнізапити канального ресурсу. Це може бути досягнуто як застосуванням методів статистичного передбачення потоків трафіку, так і впливом на формування вимог з вищих рівнів мережевої взаємодії.

Література

1. F. D. Priscoli, D. Pompili, G. Santoro, "A QoS-aware Bandwidth on Demand Assignment Mechanism in GEO Satellite System", Proc. of EU Information Society Technology Mobileand Wireless Communications Summit (IST Summit), Lyon, France, June 2004

2. O. Alphand, P. Berthou, T. Gayraud, S. Josset, "SATIP6:Satellite Testbedfot Next Generation Protocols",2nd International Working Conferenceon Performance Modellingand Evaluationof Heterogeneous Networks (HET-NETs'04), 2004, pp.P45/1-P45/11

УДК 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ КРИВИЗНЫ ФАЗОВОГО ФРОНТА ЭЛЕКТРО-МАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ ПЕРЕИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТНОГО РЕСУРСА РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

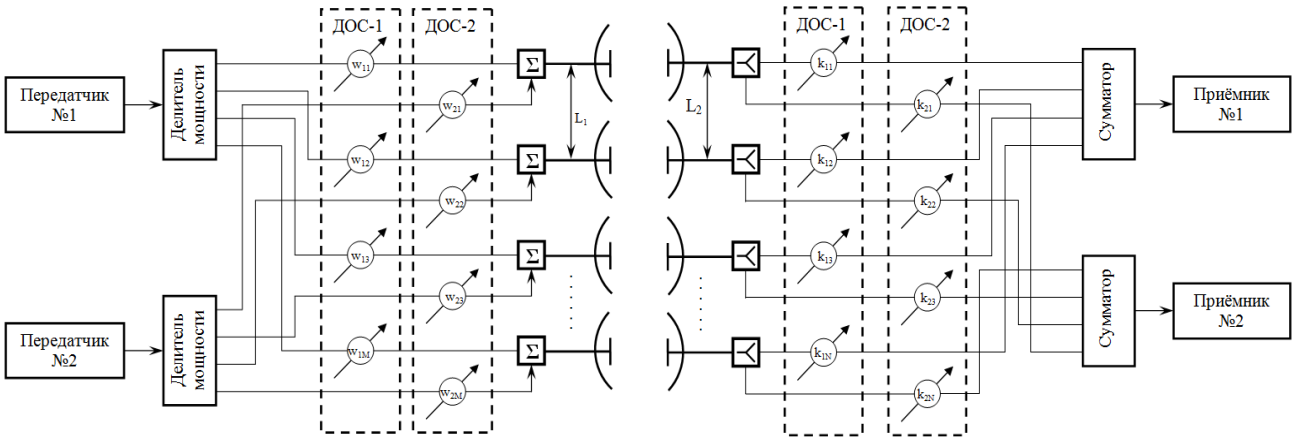
Авдеенко Г.Л., Якорнов Е.А., Коломыцев М.А.
Институт телекомуникационных систем НТУУ «КПІ»
E-mail: django2006@ukr.net

Curvature of electromagnetic wave phase front application in radio-relay communication systems for frequency reuse

Mathematical simulation results which show the possibility of curvature of electromagnetic wave application in microwave communication links with purpose of frequency reuse are considered

В ряде публикаций [1,2] показана возможность теоретического и практического применения физического явления кривизны фазового фронта электромагнитной волны (ЭМВ) в различных радиотехнических системах (в первую очередь радиолокации и акустике) с целью решения определённого круга задач, например: измерения характеристик направленности фазированных антенных решеток (ФАР) в ближней волновой зоне [1], калибровки каналов ФАР по опорному источнику сигнала в её ближней зоне [2], дискриминации сигналов от источников радиоизлучения (ИРИ), не имеющих углового разрешения, и работающих одновременно на одной частоте и виде поляризации по дальности их взаимного расположения [3].

В данном докладе показана возможность применения физического явления кривизны фазового фронта ЭМВ ИРИ [4] для решения телекоммуникационных задач, а именно для переиспользования частот (или повышения пропускной способности) радиолиний стационарных систем радиосвязи применительно к сверхвысокочастотному диапазону, например пролётов радиорелейных линий связи (РРЛС).



а) б)

Рис.1 – Антенная система с пространственной обработкой сигнала: а) на передающей части РРЛС, б) на приёмной части РРЛС; ДОС – диаграммообразующая схема

В докладе предлагается метод, основанный на совместном применении пространственной обработки сигналов (ПОС) в разреженной (распределенной) антенной решетке (РАР) на передающей части РРЛС (рис.1,а) для одновременного формирования на излучение радиосигналов двух передатчиков, подключенных к системам передачи различных телекоммуникационных операторов, в одном и том же радиочастотном диапазоне и с одним и тем же видом поляризации, но имеющих в качестве отличительного физического признака на приемной стороне различную форму фазового фронта ЭМВ. Например,

радиосигнал первого передатчика – плоский фронт ЭМВ или близкий к нему, второго – неплоский фронт ЭМВ или оба источника со неплоскими фронтами, обладающих различной кривизной и ПОС (селекции) в приёмной РАР (рис.1,б) с целью обеспечения дальнейшего разделения сигналов с различными формами фазового фронта ЭМВ друг от друга с наименьшими энергетическими потерями.

По мнению авторов, формирование кривизны фазового фронта ЭМВ может быть осуществлено двумя способами: 1) фокусировкой передающей РАР в её область Френеля путем соответствующего подбора амплитудно-фазового распределения; 2) за счёт интерференции радиосигналов от отдельных элементов РАР (несфокусированная РАР) передающей части пролёта РРЛС в каждом отдельном элементе РАР приёмной стороны.

При теоретических исследованиях и моделировании предполагалось, что

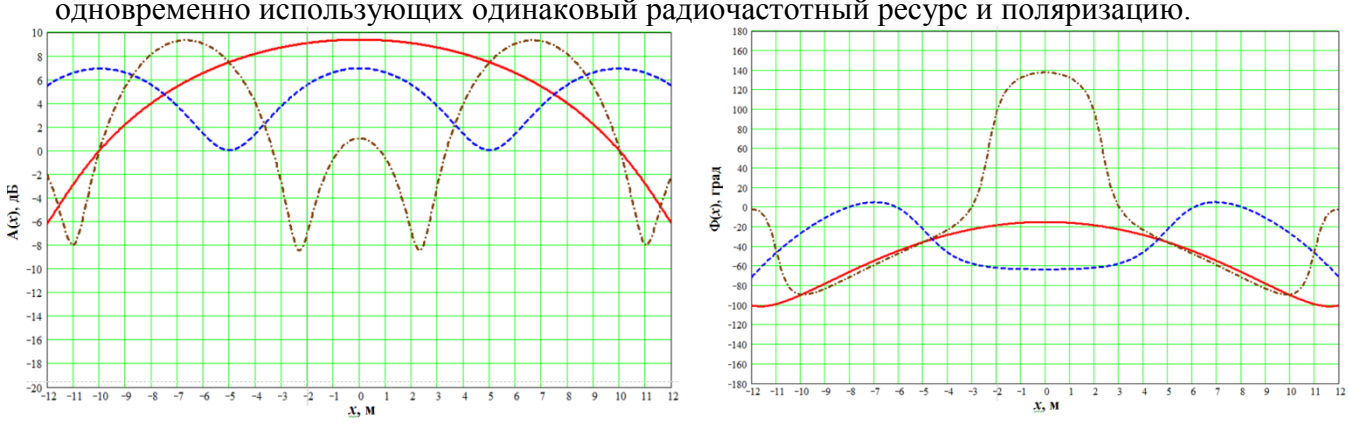
1. среда распространения радиоволн (РРВ) между передатчиком и приёмником является однородной и изотропной; флуктуации фазы равны нулю $\sigma_\varphi^2 = 0$, т.е среда не искажает форму фазового фронта ЭМВ ИРИ при их распространении на трассе между передатчиком и приёмником;
2. отсутствие влияния эффекта многолучёвости на трассе РРВ на уровень сигнала в тракте приёма;
3. в области первой зоны Френеля отсутствуют экранирующие препятствия;
4. не учитываются случайные ошибки АФР в раскрыве РАР приёмной и передающей частей радиолинии;
5. рассматривается вариант ПОС для симплексной РРЛС, предполагая, что всё нижеуказанное с некоторыми дополнениями будет справедливо и для дуплексной РРЛС;
6. на передающей и приёмной сторонах используются линейные эквидистантные РАР, в качестве элементов которых выступают зеркальные параболические антенны, причем количество элементов и межэлементное расстояние в РАР передающей стороны M и L_1, а количество элементов и межэлементное расстояние в РАР приёмной стороны N и L_2;
7. расстояние, на которое разнесены между собой РАР передающей и приёмной станций радиолинии удовлетворяет условию их нахождения в зоне Френеля передающей и приёмной РАР то есть

$$D_{\text{Б.З.ПРД}} < D << D_{\text{Д.З.ПРД}},\ \ D_{\text{Б.З.ПРМ}} < D << D_{\text{Д.З.ПРМ}} \qquad (1)$$

где $D_{\text{Б.З.ПРД}} = 0{,}62\sqrt{\mathrm{L}_{\text{р1}}^3/\lambda_{\text{ПРД}}}$, $D_{\text{Д.З.ПРД}} = 2\mathrm{L}_{\text{р1}}^2/\lambda$ – соответственно границы ближней (БЗ) и дальней зоны (ДЗ) для РАР передающей части, причём $\mathrm{L}_{\text{р1}} = (M-1)L_1 + D_{\text{А.ПРД}}$ – длина раскрыва РАР передающей части; $D_{\text{А.ПРД}}$ - диаметр антенного элемента (АЭ) передающей РАР; $D_{\text{Б.З.ПРМ}} = 0{,}62\sqrt{\mathrm{L}_{\text{р2}}^3/\lambda}$, $D_{\text{Д.З.ПРД}} = 2\mathrm{L}_{\text{р2}}^2/\lambda$ – граница БЗ и ДЗ для РАР приёмной части, $\mathrm{L}_{\text{р2}} = (N-1)L_2 + D_{\text{А.ПРМ}}$ – длина раскрыва РАР приёмной части, $D_{\text{А.ПРМ}}$ - диаметр АЭ приёмной РАР;
8. АЭ передающей и приёмной РАР считаются точечными, поскольку во всех ниже рассматриваемых случаях отношение диаметров $D_{\text{А.ПРД}}$ и $D_{\text{А.ПРМ}}$ к расстоянию между передатчиком и приёмником *d* много меньше единицы.

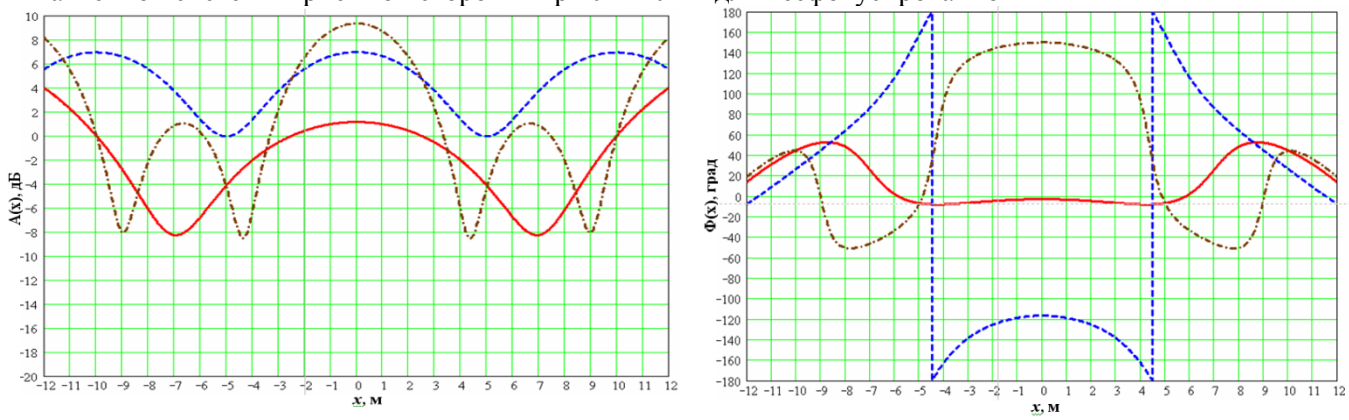
Визуальное сравнение полученных амплитудных распределений (рис.1,а, рис.2,а) и фазовых распределений (рис.2,б, рис.3,б) для несфокусированной и сфокусированной передающих РАР на непрерывном и дискретном раскрыве приёмной РАР на расстоянии d = 10 км и *f* = 15 ГГц показывает, что они неравномерны (сплошная кривая $L_1 = 5$ м, пунктирная кривая $L_1 = 10$ м, штрих-пунктирная $L_1 = 15$ м), то есть фазовый фронт ЭМВ отличен от плоского, следовательно фронт ЭМВ обладает определённой кривизной. Таким образом кривизна фазовых фронтов ЭМВ обоих ИРИ, сигнал одного из которых несфокусирован, а второго сфокусирован, различная. Указанный факт крайне важен,

поскольку он и создаёт предпосылку практической реализации устройств ПОС для РРЛС, позволяющих в отличие от известных работ [1,3] с разделением двух ИРИ с помощью трёхэлементной РАР, расположенных на одном пеленге, но на разных дальностях, разделять два (а в перспективе и более) ИРИ, расположенных на одной дальности и на одном пеленге и одновременно использующих одинаковый радиочастотный ресурс и поляризацию.



а) б)

Рис.2 - графики зависимости амплитудного (а) и фазового (б) распределений ЭМВ на раскрыве антенной системы приёмной стороны при d = 10 км для несфокусированной РАР



а) б)

Рис.3 - графики зависимости амплитудного (а) и фазового (б) распределений ЭМП на раскрыве антенной системы приёмной стороны, расположенной на дальности d = 10 км при фокусировке передающей РАР на расстояние d_0 = 1 км и пеленг $\theta = 0°$

В докладе также показан и проанализирован характер изменения амплитудного и фазового рассогласования в периферийном АЭ приёмной дискретной РАР относительно её центрального АЭ как функция дальности, показывающий, что с точки зрения энергетики полезного сигнала в приёмной РАР сфокусированная в область Френеля передающая РАР несколько хуже, чем несфокусированная передающая РАР.

Литература

1. A. Fenn "Adaptive antennas and phased arrays for radar and communications" / Massachusetts Institute of Technology, Lincoln Laboratory – Artech House Inc., 2008. 389 p.

2. Слюсар В.И. Коррекция характеристик приемных каналов цифровой антенной решетки по контрольному источнику в ближней зоне.// Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника.– 2003. – Том 46, № 1. – С. 30 – 35.

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.

4. Пространственно–временная обработка сигналов / И. Я. Кремер, А.И. Кремер, В.М. Петров и др.; Под ред. И. Я. Кремера. – М.: Радио и связь, 1984. – 224 с., ил.

УДК 629.78

ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТ ОБЪЕКТА ПО ФАЗОВОМУ ФРОНТУ ПРИНИМАЕМОГО СИГНАЛА В ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Шарко В.П., Якорнов Е.А., Авдеенко Г. Л.
Институт телекомуникационных систем НТУУ «КПІ»
E-mail: django2006@ukr.net

Measurement of object coordinate with using receiving signal phase front in global navigation systems

The method for object`s coordinate measurement with using radiosignal from single navigation satellite in global navigation systems is shown

К настоящему моменту времени хорошо известны принципы спутниковой радионавигации, которые реализованы в действующих глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС) NAVSTAR GPS (США), ГЛОНАСС (Россия) [1, 2] и разрабатывающихся и вводимых в эксплуатацию, таких, как Galileo (Европейский союз) [3], Бейдоу 1, 2 (Китай) [4], IRNSS (Индия). Все указанные ГНСС основаны на измерениях дальностей между объектом, чьи навигационные параметры определяются (навигационный объект (НО)), и спутниками ГНСС, а также определении времени рассогласования системных часов ГНСС и часов НО на основе использования системы базовых уравнений вида

$$\hat{R}_i = \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2} + c\Delta T, \qquad (1)$$

где $\hat{R}_i$ - псевдорасстояние между НО и *i*-м навигационным спутником (НС); X, Y, Z и X_i, Y_i, Z_i – координаты соответственно навигационного объекта и *i*-го НС в геоцентрической декартовой системе координат (рис. 1 при i=1), c – скорость света, ΔT – время рассогласования системных часов ГНСС и часов НО, $i = 1...M$ – номер НС, M – количество НС, определяющих количество уравнений вида (1) в системе уравнений, необходимых и достаточных для нахождения неизвестных величин *X, Y, Z*, а также ΔT. Очевидно, что при условии $M \geq 4$, т.е. как минимум четырёх НС, находящихся в области видимости приёмника НО, существует возможность однозначного определения координат НО и, при необходимости, находить их производные или пересчитывать в геодезические координаты для дальнейшего практического использования.

Однако, общим, хорошо известным, недостатком любой ГНСС является ряд ситуаций, когда сигнал от НС не может быть принят приёмником НО, или такой сигнал приходит со значительными задержками и искажениями. Например, практически сложно или невозможно определить своё местоположение при движении внутри тоннеля, что приводит к таким ошибочным манёврам транспортного средства, как неправильный выбор выхода из тоннеля из нескольких возможных, некорректные манёвры транспортного средства в городских условиях большого количества высотных зданий и др. Вследствие выбранного частотного диапазона ГНСС мощность сигнала может быть серьёзно ослаблена такими пассивными помехами, как густая листва деревьев, плотные облака, крыши и стены зданий и т.д., и такими активными помехами, как наземные радиоисточники, работающие на близких, одинаковых или побочных частотах, или же преднамеренными активными помехами, используемыми для криминальных или военных целей. Отдельным видом помех являются переотражения от наземных объектов, в результате чего, несмотря на то, что система уравнений (1) является полной, переменные величины определяются с большими ошибками. Также следует учитывать, что при высотах более, чем, например, 2000 км для системы ГЛОНАСС [1], радионавигационное поле становится дискретным в пространстве и космические объекты, находящиеся на таких высотах, могут «видеть» только один или два НС и, следовательно, координаты таких НО будут определяться из системы уравнений (1) неоднозначно или же вообще не определяться.

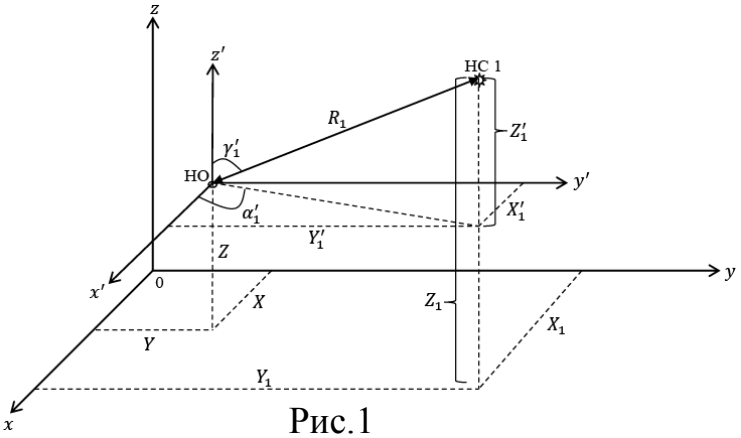


Рис.1

Покажем, что существует принципиальная возможность определения координат НО в усло-виях наличия одного и только одного НС в области видимости за счёт использования данных о фазовом фронте электромагнит-ной волны (ЭМВ), принимаемой приёмной антенной системой объекта навигации.

Рассмотрим рис. 1, на котором изображены:

- НС с номером «1» и координатами X_1, Y_1, Z_1 в декартовой глобальной геоцентрической системе координат;
- НО с координатами *X, Y, Z* в глобальной системе координат и также находящийся в начале координат условной декартовой системы координат, связанной с ним, в которой НС имеет координаты $X_1^{'}, Y_1^{'}, Z_1^{'}$. Навигационный объект также является центром сферической системы координат, в которой НС имеет координаты $R_1, \alpha_1^{'}, \gamma_1^{'}$.

Для упрощения дальнейшего анализа рассмотрим частный случай совпадения направлений осей декартовой системы координат объекта навигации с направлениями соответствующих осей глобальной системы координат.

Будем считать, что НС излучает сигнал, имеющий пространственные и временные характеристики и принимающийся антенной системой НО, состоящей из нескольких ненаправленных приёмных элементов. Предположим также, что в приёмном тракте НО присутствуют внутренние шумы, а какие-либо прочие источники пассивных или активных помех отсутствуют. Размер антенной системы примем таким, что интервал корреляции сигнала значительно превышает время задержки распространения сигнала между самыми крайними элементами антенной системы, что позволит разделить этапы пространственной и временной обработки сигнала и проводить их в произвольном порядке [5]. Действительно, для системы ГЛОНАСС ширина спектра радиосигнала составляет величину, примерно равную Δf = 0,56 МГц, а максимальное время задержки электромагнитной волны (ЭМВ), распространяющейся по направлению к линии базы антенной системы при её размере, равной L = 0,5 м составит $\Delta t = L/c = 1.7 \cdot 10^{-7}$ с, что меньше интервала корреляции $1/\Delta f = 1{,}8 \cdot 10^{-6}$ с.

Допустим также, что временная обработка сигнала НС произведена и такие параметры, как координаты НС в глобальной системе координат точно получены и известны в приёмнике НО. В работе [5] показано, что пространственная обработка при выполнении указанных выше условий в дискретной антенной системе будет заключаться в вычислении решающей функции вида

$$Y(\boldsymbol{R}) = \mathbf{x}^T \mathbf{s}(\boldsymbol{R}), \qquad (2)$$

где $\mathbf{x} = \mathbf{s}^{(1)}$- комплексный вектор-столбец фазового распределения входного сигнала в приёмных каналах объекта навигации при наличии сигнала от одного НС, единичной мощности полезного сигнала и отсутствии или незначительном внутреннем шуме на выходе подсистемы оптимальной временной обработки, $\mathbf{s}^{(1)}$ - комплексный вектор-столбец входного сигнала от 1-го НС (рис.1) каждый элемент которого определяется как

$$s_i^{(1)} = e^{j\Delta\varphi_i(\boldsymbol{R}_1)}, \qquad (3)$$

где $\boldsymbol{R}_1$ - вектор координат НС в сферической системе координат (рис.1), включающий в себя расстояние между объектом навигации и НС R_1, угол места $\gamma_1^{'}$ и азимут $\alpha_1^{'}$ отсчитываемых относительно опорного (нулевого) приёмного антенного элемента ; $\Delta\varphi_i(\cdot)$ -

разность фаз между опорным и *i*-ым приёмными антенными элементами, которая для случая учёта и неучёта кривизны фазового фронта соответственно равна

$$\Delta\varphi_i(R_1,\gamma_1^{'},\alpha_1^{'})=\frac{2\pi}{\lambda}\left[-\rho_i\cos\gamma_1^{'}\cos\left(\hat{\rho}_i-\alpha_1^{'}\right)+\frac{\rho_i^2}{2R_1}\left(1-\cos^2\gamma_1^{'}\cos^2\left(\hat{\rho}_i-\alpha_1^{'}\right)\right)\right], \quad (4)$$

$$\Delta\varphi_i(R_1,\gamma_1^{'},\alpha_1^{'})=\frac{2\pi}{\lambda}\left[-\rho_i\cos\gamma_1^{'}\cos\left(\hat{\rho}_i-\alpha_1^{'}\right)\right], \quad (5)$$

где $\hat{\rho}_i$ - – угол между условным начальным направлением оси антенной системы и направлением
на *i*-ым приёмный антенный элемент; $\boldsymbol{s}(\boldsymbol{R})$- комплексно-сопряженный вектор-столбец фазового распределения опорного сигнала, каждый элемент которого имеет вид, аналогичный выражению (3), и в котором переменной является вектор $\boldsymbol{R}(R,\gamma,\alpha)$ в сферической системе координат.

В докладе показано, что задача измерения на основе использования решающей функции (2) состоит в переборе и нахождении таких значений вектора $\boldsymbol{R}(R,\gamma,\alpha)$, которые соответствуют максимуму функции (2). Показано, что в предположении выбора конфигурации антенной системы, при которой имеется единственный максимум функции (2) в области изменяемого параметра, существует единственный набор сферических координат R,γ,α, при которых производная решающей функции (2) равна 0, что при пренебрежении кривизной фазового фронта ЭМВ позволяет записать

$$X_1^{'}=R_1\sin\gamma_1^{'}\cos\alpha_1^{'},\quad Y_1^{'}=R_1\sin\gamma_1^{'}\sin\alpha_1^{'},Z_1^{'}=R_1\cos\gamma_1^{'}. \quad (6)$$

Предполагая, что условная декартова система координат, связанная с объектом навигации, получена простым смещением глобальной системы координат, то есть

$$X=X_1-X_1^{'},\ Y=Y_1-Y_1^{'},\ Z=Z_1-Z_1^{'}, \quad (7)$$

и получая выражение для истинного расстояния между объектом навигации и НС из (1) для одного НС без учёта временного смещения между таймерами ГНСС и объекта навигации, можем записать, что

$$X=X_1-R_1\sin\gamma_1^{'}\cos\alpha_1^{'},\ \ Y=Y_1-R_1\sin\gamma_1^{'}\sin\alpha_1^{'},\ \ Z=Z_1-R_1\cos\gamma_1^{'}, \quad (8)$$

$$R_1=\sqrt{(X-X_1)^2+(Y-Y_1)^2+(Z-Z_1)^2},$$

где, как было показано выше *X*,*Y*,*Z* являются неизвестными измеряемыми координатами навигационного объекта, R_1 является неизвестным истинным расстоянием между НО и НС, X_1,Y_1,Z_1 являются известными координатами НС, передаваемого в сигнале данного НС и извлекаемых в процессе временной обработки, и $\gamma_1^{'}$, $\alpha_1^{'}$ являются известными угловыми сферическими координатами НС относительно объекта навигации, измеряемыми в процессе оптимальной пространственной обработки.

Система уравнений (8) является полной и позволяет определить координаты НО в геоцентрической декартовой системе координат, используя сигнал одного единственного НС на основе учёта данных о фазовом фронте ЭМВ.

Литература

1. Соловьёв Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 267 с.
2. Бєляєвський Л.С., Ткаченко А.М., Левковець П.Р., Топольськов Є.О., Сердюк А.А. Глобальні супутникові системи навігації та зв’язку на транспорті. Навчальний посібник для ВУЗів транспортного профілю. – К.: В-во «ДажБог», 2009. – 216 с.
3. Официальный веб сайт глобальной навигационной спутниковой системы Galileo http://www.gsa.europa.eu
5 Кремер И.Я., Кремер А.И., Петров В.М. и др. Пространственно – временная обработка сигналов. М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ КРАЙНЄ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ НА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ МІКРОМІЦЕТІВ

Наритник Т.М.[1], Вембер В.В.[2], Ковальчук В.М.[3]

[1] *Інститут електроніки та зв'язку Української академії наук, м. Київ, director@mitris.com*

[2] *Національний технічний університет України «КПІ»,м.Київ, vember_imv_ua@mail.ru*

[3] *ВАТ НВП «Сатурн», м.Київ, office@mitris.com*

Сучасний рівень знань про вплив електромагнітних випромінювань (ЕМВ) на живі організми не дозволяє ігнорувати цей чинник оточуючого середовища, розповсюдженість якого в довкіллі стає все більш суттєвою [1]. В той же час, незважаючи на всебічне вивчення впливу електромагнітних хвиль на людину, можливі наслідки від опромінення інших живих організмів практично не враховуються. Особливо небезпечними можуть бути наслідки такого впливу на мікроорганізми, оскільки насиченість ними оточуючого середовища надзвичайно висока, а їх резистентність до різноманітних форм опромінення набагато перевищує стійкість людського організму до подібних впливів [2]. Значна роль серед різних груп мікроорганізмів належить мікроскопічним міцеліальним мітоспоровим грибам, або мікроміцетам. В природі вони виступають в ролі універсальних організмів-деструкторів. Як наслідок, проблема пошкоджень мікроміцетами різноманітних виробів і матеріалів, будівель і конструкцій вже кілька десятиріч не втрачає своєї актуальності. Окрім того, несприятлива екологічна ситуація, висока інфікованість мікроскопічними грибами житлових приміщень та об'єктів різноманітного призначення призводять до різкого зростання кількості мікотичних захворювань [4].

Тому метою даної роботи було вивчення особливостей впливу електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону на ростові процеси мікроскопічних грибів.

Для опромінення мікроміцетів використовувались хвилі крайнє високої частоти міліметрового діапазону (КВЧ-випромінювання) з частотою 36 ГГц, густина потоку потужності складала 10 мкВт/см^2. Джерелом потужності КВЧ-хвиль слугував генератор стандартних сигналів Г4-156 з вихідним хвилеводом з величиною поперечного перерізу 7,2×3,4 мм. Доза КВЧ-випромінювання при цьому становила 86,4 мДж/см^2 на добу.

В якості тест-культури нами був обраний темнопігментований *Cladosporium sp.*, як один з найбільш розповсюджених видів сапротрофних дейтероміцетів, оскільки доведено велике значення меланінового пігменту для захисту мікроскопічних грибів від різних типів опромінення [4]. Час культивування обраного штаму в присутності НВЧ-опромінення низької інтенсивності складав 14 діб, температура – 25±2^{0}С.

Для вивчення ростових процесів мікроміцетів використовували показник радіальної швидкості росту, який обчислювали за формулою $K_r = \frac{r - r_0}{t - t_0}$, де K_r – радіальна швидкість росту грибних гіф; r_0 – радіус колонії у початковий момент часу t_0; r – радіус колонії у момент часу t [5]. Окрім того, для всебічної характеристики досліджуваних показників реєстрували максимальні розміри колоній по закінченні часу спостереження (R, мм), тривалість лаг-фази, амплітуду мінливості радіальної швидкості росту та характер біоритмів.

Для дослідження ростових параметрів культуру вирощували на двох типах агаризованих поживних середовищ: оптимальному для росту картопляно-глюкозному агарі та голодному агарі, в якому в якості джерела вуглецю були присутні лише органічні речовини агар-агару.

В результаті проведених досліджень показано, що швидкість радіального росту на картопляному агарі була у 3,7–4,2 рази вищою за аналогічні показники на голодному середовищі. Виявлено відсутність суттєвого впливу опромінення при рості грибів на картопляно-глюкозному середовищі. Відмічалася лише тенденція до стимуляції, яка, однак, знаходилась у межах статистичної похибки. В той же час на голодному агарі швидкість

росту під впливом опромінення виявилась вищою у 1,3–4,1 рази в порівнянні з неопроміненим контролем. Цікавим з точки зору адаптаційних особливостей вивченого штаму є той факт, що у перші 2,5 доби росту швидкість ростових процесів на голодному агарі при опроміненні пригнічувалась, а стимуляція в порівнянні з контрольними дослідами почала проявлятись лише на 4-ту добу.

Отримані результати демонструють можливість суттєвої стимуляції ростових процесів мікроскопічних грибів під впливом високочастотного електромагнітного опромінення низької інтенсивності. Подібна стимуляція може бути наслідком інтенсифікації під впливом опромінення процесів вільнорадикального окиснення, перебіг яких призводить до прискорення внутрішньоклітинних метаболічних процесів, що відбивається на такому інтегральному показнику як швидкість росту. Розпочаті дослідження потребують продовження та подальшого детального вивчення з використанням різних груп мікроміцетів та електромагнітних випромінювань у широкому діапазоні частоти та інтенсивності.

Література

1. *Т.Н. Нарытник, М.Е. Ильченко*. Микроволновые телекоммуникационные технологии и биологическая безопасность // Наука и культура. – 2010. – № 35. – С. 17-39.
2. *Кашнер Д.* Жизнь микробов в экстремальных условиях. – М.: Мир, 1981.
3. *Крюков А.И., Туровский А.Б., Димова А.Д., Шадрин Г.Б.* Микозы в оториноларингологии. // Оториноларингология. – 2004. – Т. 6, № 4.
4. *Zhdanova N.N., Zakharchenko V.A., Vember V.V., Nakonechnaya L.T.* Fungi from Chornobyl: mycobiota of the inner regions of the containment structures of the damaged nuclear reactor // Mycological Research. – 2000. – V. 104, N 12. – P. 1421–1426.
5. *Паников Н.С.* Кинетика роста микроорганизмов – М. : Наука, 1991.

Секція 7. Реалізація концепції NGN в сучасних та перспективних телекомунікація

ПРЕПОДАВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ДИСЦИПЛИН ПО ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ СЕТЕЙ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Гаттуров В.К.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
E-mail: gvk51@bigmir.net

В докладе рассматриваются проблемы преподавания информационно-телекоммуникационных дисциплин, стоящие сегодня перед вузами, занимающимися подготовкой специалистов сетей следующего поколения.

Проблемы преподавания информационно-телекоммуникационных дисциплин, чрезвычайно актуальны для телекоммуникационных вузов. Суть их заключается в том, что нам надлежит подготовить специалистов не для вчерашнего постиндустриального, а для сегодняшнего нового витка информатизационного развития человечества, получившего название U-общества [1].

Идея этого всепроникающего (ubiquitous) *U*-общества появилась в самом начале текущего тысячелетия вместе с конвергенцией существующих сетей и услуг мобильной и фиксированной связи, переходом к сетям связи следующего поколения NGN.

Область сетей связи общего пользования (ССОП) подверглась за последние годы существенным изменениям. Стал уже необратимым не только переход от принципов традиционной телефонии с коммутацией каналов к пакетной коммутации, но и следующий переход от *IP*-телефонии к *IP*-коммуникациям, включающим услуги мобильной связи 3G/4G, новые услуги фиксированной связи, начиная с IPTV, и перспективные услуги конвергентных инфокоммуникационных сетей. Речь идет о конвергенции сетей связи трех основных типов – телефонных сетей общего пользования (ТфОП), сетей подвижной связи (СПС) и сетей документальной электросвязи (СДЭ) или пакетных IP-сетей (рис.1) [1].

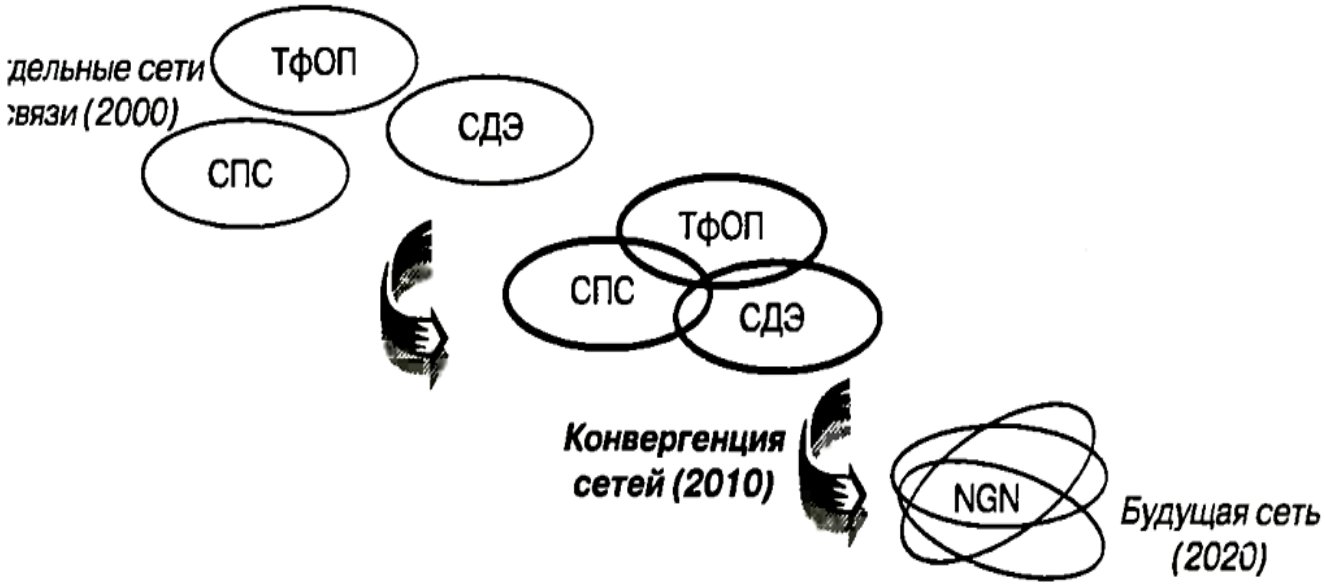


Рис.1. Конвергенция сетей фиксированной (ТфОП), мобильной (СПС) связи и передачи данных (СДЭ)

Определения, которые были предложены МСЭ для термина «конвергентная сеть» позволяет сделать вывод, что речь идет о процессе сближения, функционального объединения телекоммуникационных сетей.

Теперь, начав на первом курсе изучение передовых телекоммуникационных технологий, студент выходит из института с набором устаревших знаний. Для минимизации этого эффекта на кафедре телекоммуникационных систем разрабатывается стратегия обучения, соответствующая процессам конвергенции телекоммуникационных сетей.

Традиционные телекоммуникационные системы, которые изучаются сегодня в учебных курсах, разрабатывались на соответствие трех троек [1].

Первая "тройка" связана со случайным характером потока обычных телефонных вызовов со средним значением 3 вызова от абонента в час наибольшей нагрузки (ЧНН). Средняя длительность обычного телефонного соединения обычно 3 минуты – это вторая "тройка". Кстати, произведение этих двух "троек" составляет те самые 0,15 Эрланга на абонентскую линию, в расчете на которые проектировались отечественные системы коммутации, как казалось тогда, с запасом. Третья "тройка" соответствует полосе частот разговорного канала - 3 кГц (а точнее, 0,3-3,4 кГц), что вполне удовлетворяло абонентов от времени первых АТС и почти до самого конца XX века.

Разработанные по этим требованиям телекоммуникационные сети, особенно системы коммутации, не так уж сильно изменились за 100 лет своего существования.

Цифровизация и программное управление – вот и все существенные усовершенствования строуджеровской АТС, превратившие ее, тем не менее, в компьютер, управляющий коммутационным полем в качестве контроллера, и поддерживающий целый ряд телекоммуникационных протоколов. Эти протоколы и связанная с ними функциональность и составляют содержание ряда учебных курсов по сетям связи и системам коммутации. И они, безусловно, необходимы.

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

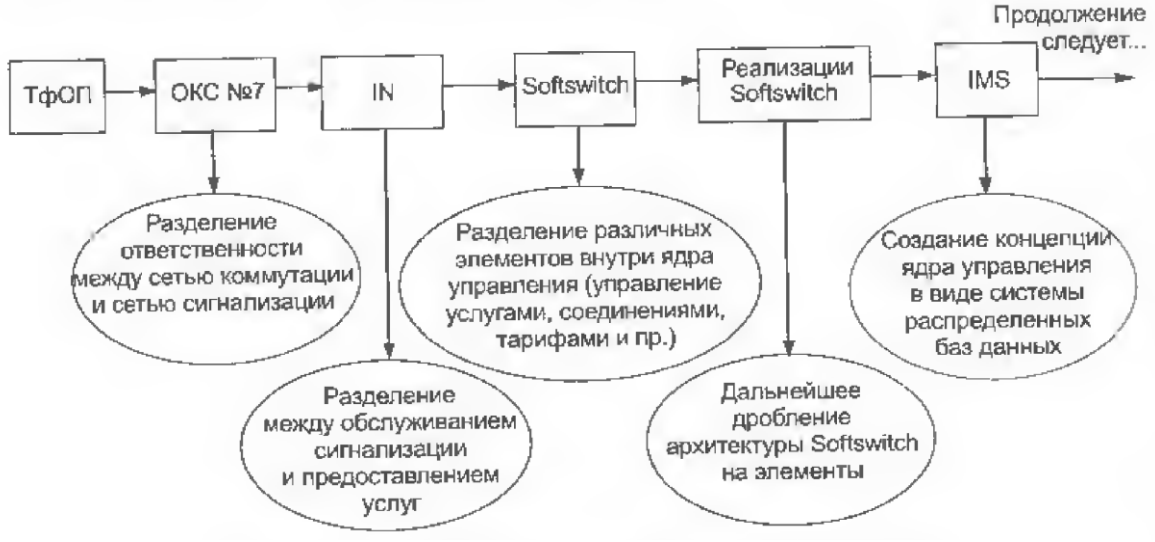


Рис.2. Процесс эволюции сетей связи от ТфОП к NGN

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

Большинство этих проблем требуют немедленного решения уже в сегодняшнем учебном процессе. Некоторые подходы к их решению учитываются при изучении

коммутационного оборудования, сетевых архитектур и протоколов NGN, гибких коммутаторов Softswitch, медиашлюзов, сетей проводного и беспроводного мультисервисного доступа, концепции предоставления услуг IMS, эксплуатационного управления NGOSS и др.

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

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

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

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

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

Литература

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети святи: Учебник для вузов. - СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 400 с.

2. Бакланов И.Г. NGN:принципы построения и организации. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.

УДК 621.391

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИЙ СЕТЕЙ NGN

Ганзюк В.М., Новиков В.И.
НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем
E-mail: novikov1967@ukr.net

Practical training of students to realize the vision of NGN networks

The report summarizes the experience gained in organizing and conducting practical lessons for students studying the subject "Networking" and are described further ways to improve the training of students.

Изменение технологий обучения путем более эффективной организации познавательной деятельности студентов является одним из основных направлений реформирования высшего образования в Украине.

Современному IT-специалисту для эффективной работы и профессионального роста необходимо сочетание глубоких теоретических знаний в области организации телекоммуникационных систем и сетей и практического опыта в инсталляции и настройке сетевых операционных систем и сервисов, проектировании и конфигурировании локальных и глобальных вычислительных сетей.

Практический интерес представляет накопленный в период с 2009 по 2011 г. опыт по организации и проведению практических занятий при изучении студентами дисциплины «Сетевые технологии», из которого полезно наметить дальнейшие пути повышения эффективности подготовки студентов.

Дисциплина «Сетевые технологии» являются одной из базовых дисциплин, которые обеспечивают основное направление инженерной подготовки студентов кафедры – реализацию концепций сетей следующего поколения (Next Generation Network, NGN) в современных и перспективных телекоммуникациях [1].

Для обеспечения профессиональной направленности дисциплины «Сетевые технологии» было принято решение про организацию лабораторных практикумов и практических занятий, позволяющих моделировать работу телекоммуникационных сетей с использованием, как сетевых эмуляторов, так и непосредственно сетевого оборудования. На сегодняшний день на кафедре организованы и проводятся практические занятия по сетевым технологиям с использованием эмуляторов сетевого оборудования Cisco Packet Tracer и GNS3.

Программа Cisco Packet Tracer [2] эмулирует работу реальных сетевых устройств, таких как коммутаторы, маршрутизаторы, WiFi точки доступа и позволяет смоделировать сеть до ее внедрения. Программа позволяет наглядно представить и контролировать процессы, происходящие в сети, и реализует большинство задач, связанных с транспортной сетью (физический, канальный, сетевой и транспортный уровни). Программа Cisco Packet Tracer имеет удобный графический интерфейс, позволяющий быстро создавать достаточно сложные сетевые топологии. Однако встроенная в них урезанная версия операционной системы Cisco IOS позволяет изучать лишь сетевые технологии начального уровня.

На рис. 1 представлена топология сети, смоделированная с помощью программы Cisco Packet Tracer и используемая при выполнении курсовой работы по дисциплине «Сетевые технологии».

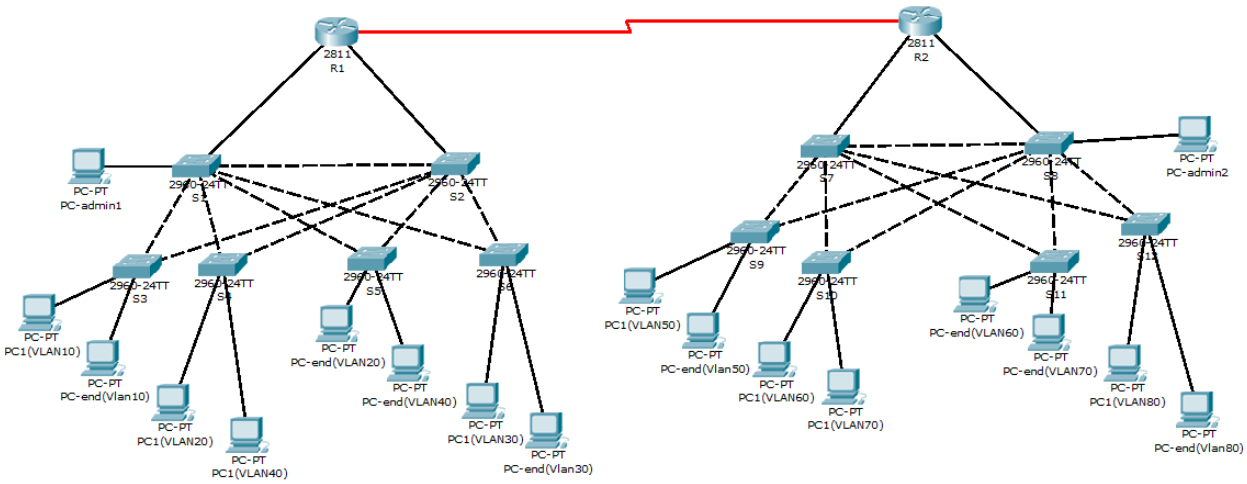


Рис. 1 Топология сети, смоделированная с помощью программы Cisco Packet Tracer

Для моделирования работы более сложных сетевых технологий и протоколов используется программа GNS3 [3]. GNS-3 поддерживает виртуальную машину Dynamips, которая позволяет запустить внутри себя реальную IOS для очень широкого класса устройств Cisco. Однако при работе с Dynamips следует подбирать параметры для уменьшения нагрузки на центральный процессор. Без дополнительных настроек Dynamips использует все ресурсы компьютера уже для топологии из трёх маршрутизаторов.

На рис. 2 представлен пример топологии сети, смоделированной с помощью программы GNS3.

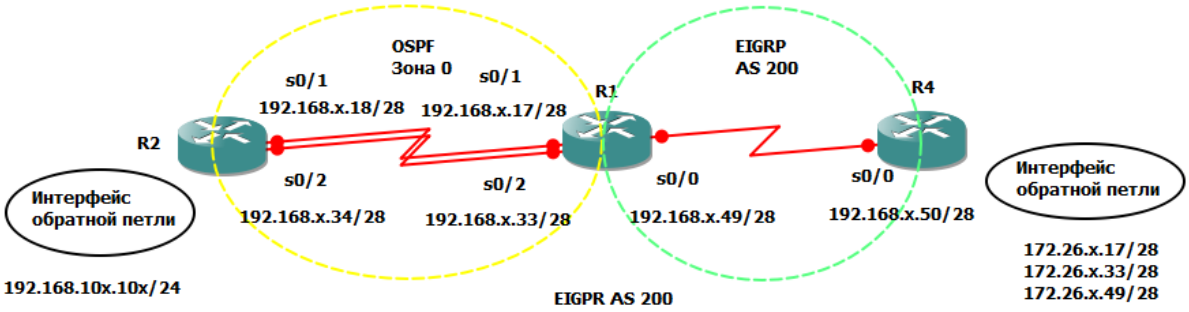


Рис. 2 Топология сети, смоделированная с помощью программы GNS3

Следующим шагом на пути повышения эффективности учебного процесса будет организация практических и лабораторных занятий на основе активного и пассивного сетевого оборудования, развернутого в лаборатории. На кафедре проведена работа по инсталляции учебной телекоммуникационной сети на базе коммутаторов Ethernet DES 1100-16, маршрутизаторов Mikrotik RB750GL и оптоволоконных мультиплексоров uMSPP155e. На рис. 3 представлена топология учебной сети, развернутой в лабораториях учебного корпуса.

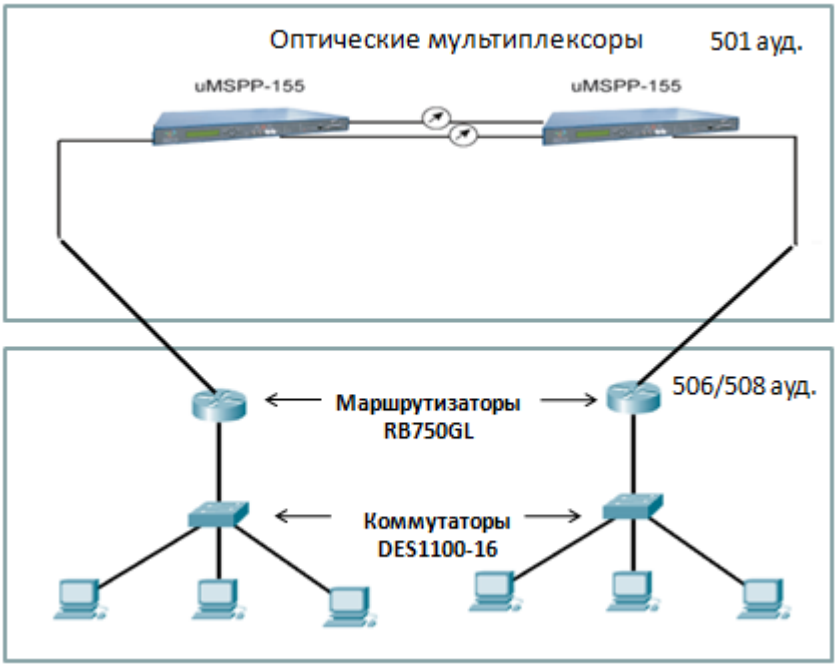


Рис. 3 Топология учебной сети, развернутой в лабораториях учебного корпуса

Функциональные возможности учебной сети позволяют организовать многоцелевые лабораторные практикумы и практические занятия, позволяющие моделировать структуру и организацию локальных, корпоративных и глобальных телекоммуникационных сетей, включающие проведение лабораторных работ и экспериментальных исследований непосредственно на группе активных и пассивных сетевых устройств.

Кроме того, данная учебная сеть может использоваться не только в рамках дисциплины «Сетевые технологии», но и служить транспортной сетью для других дисциплин кафедры, обеспечивающих изучение технологий сетей NGN.

Литература

1. Сети следующего поколения NGN / Под ред. А.В. Рослякова - М.: Эко-Трендз, 2009.–424 с.
2. http://www.cisco.com/
3. http://www.gns3.net/

УДК 621.391

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ NGN В ЛАБОРАТОРНОЙ БАЗЕ КАФЕДРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Носков В.И., доцент кафедры ТС
НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем
E-mail: nvi2010@ukr.net

В докладе предлагаются перспективные направления использования в учебном процессе высоко технологического оборудования, развернутого в рамках лабораторной базы кафедры телекоммуникационных систем.

Кафедра телекоммуникационных систем ориентирована на преподавание учебных дисциплин, позволяющих студентам овладевать технологиями построения современных систем электросвязи, прежде всего, отвечающих концепции сетей следующего поколения (NGN) [1].

Для эффективного проведения занятий на кафедре создана и находится в постоянном развитии лабораторная база, включающая в себя элементы сетей связи, построенных на основе использования стека протоколов TCP/IP как единой платформы построения сетей NGN.

Схема лабораторной сети связи кафедры представлена на рис. 1.

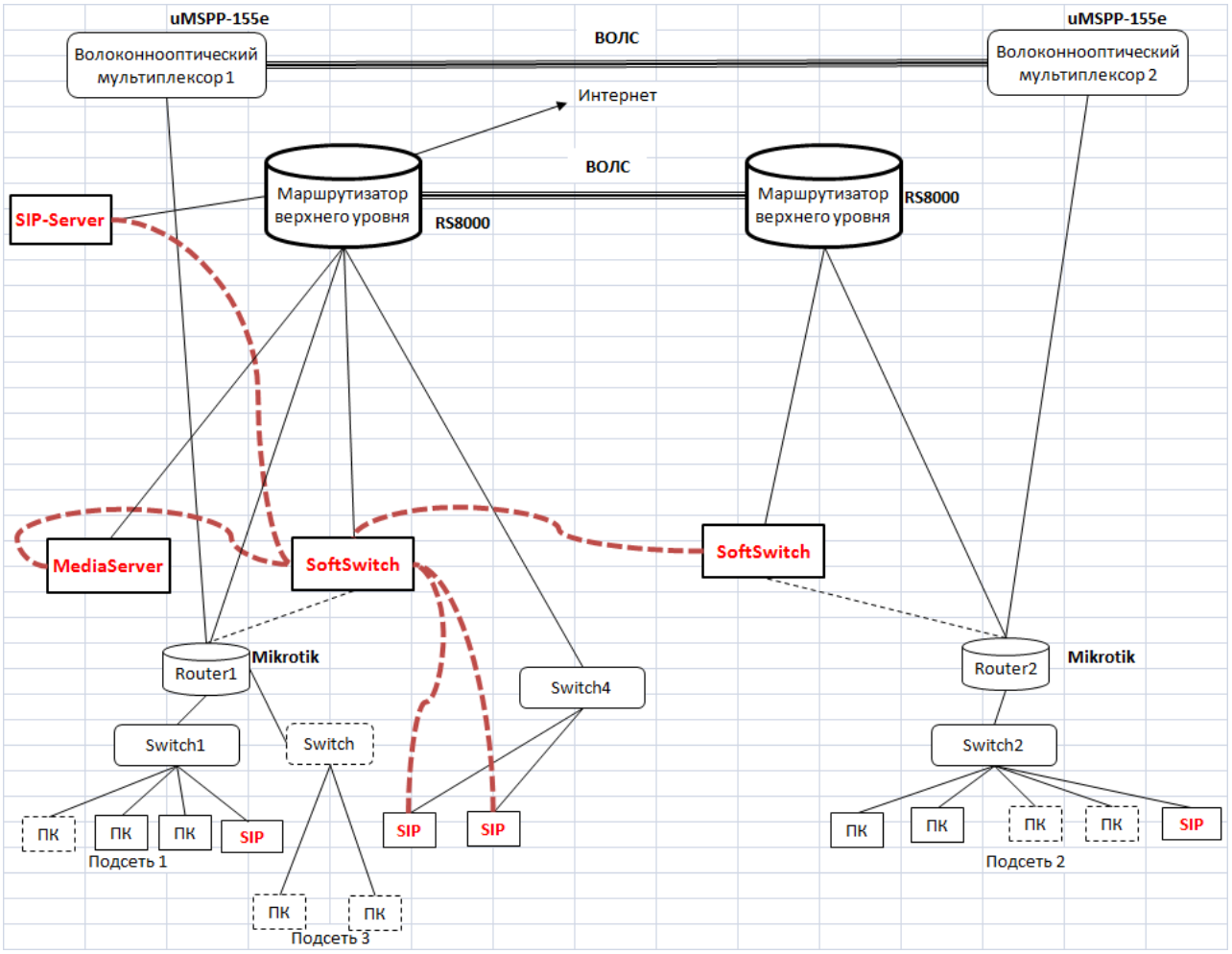


Рис. 1. Схема лабораторной сети связи кафедры ТС

В данной сети можно выделить подсети провайдеров, организованные на Ethernet-коммутаторах (Switch1…Switch4), а также некий Backbone, обсуживаемый провайдером

верхнего уровня и построенный на маршрутизаторах типа RS8000 компании River Stone. Маршрутизаторы верхнего уровня связаны между собой волоконно-оптической линией.

Для межсетевого взаимодействия провайдеров используются маршрутизаторы Router1 и Router2 компании Mikrotik.

Сервера различных служб, соответствующие определенным информационно-телекоммуникационным услугам, предоставляемых в сети, находятся под управлением провайдера верхнего уровня. К таким серверам относятся Media Server, содержащий медийный контент (музыка, фильмы), а также SIP-Server для управления соединениями при предоставлении услуг IP-телефонии с помощью терминальных устройств (SIP-телефонов). Сервера с Интернет-сервисами (Web, электронная почта, FTP и др.) находятся за пределами лабораторной сети и доступны через Интернет-соединение кафедры.

Важным элементом лабораторной сети является программный коммутатор (Soft Switch), организованный на платформе одного из компьютеров. С помощью Soft Switch моделируется подсистема IP-телефонии.

В качестве транспорта для межсетевого взаимодействия используется волоконно-оптическая линия, построенная на мультиплексорах uMSPP-155e, использующих технологию NG SDH.

Лабораторная сеть построена таким образом, что может легко реконфигурироваться на физическом уровне. Это позволяет выполнять ее декомпозицию для отработки различных вопросов проводимых занятий, следуя принципу «от простого к сложному».

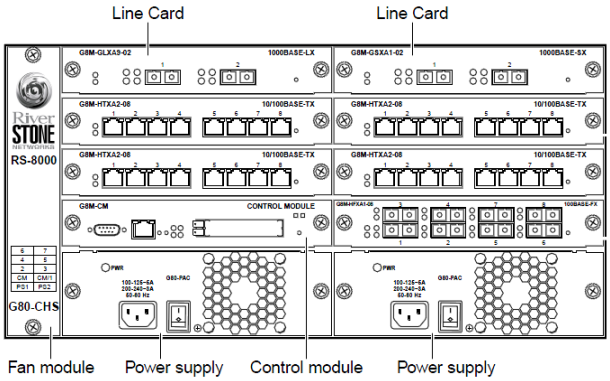
Ниже приведены основные возможности применяемого оборудования.

1) DES 1100-16 – коммутатор Ethernet 2-го уровня с управлением через WEB-интерфейс или утилиту SmartConsole. Поддержка VLAN, зеркалирования портов, QoS, мультикаст-приложений [2].

2) Mikrotik RB750GL – 5-ти портовый маршрутизатор с широкими возможностями по конфигурированию. Поддерживает статическую и динамическую маршрутизацию (протоколы внутренней маршрутизации - RIP, OSFP и внешней маршрутизации - BGP4). Любой из портов может быть настроен как WAN или LAN порт, работающий в своих подсетях. Поддержка DHCP клиент и сервер. Firewall, VLAN, QoS [3].

3) uMSPP-155e – Оптоволоконный мультиплексор NG SDH (4xE1 + 100M Ethernet). Встроенный коммутатор Ethernet 2-го уровня [3].

4) **RS8000** – высокопроизводительный маршрутизирующий коммутатор на 8 платомест [4]. Поддерживает VLAN, протокол STP/RSTP (Spanning Tree Protocol/ Rapid STP). Поддерживает протоколы маршрутизации RIP v1/v2, OSPF, BGP 2, 3, 4, IS-IS. Обладает возможностью посервисно коммутировать трафик, ориентируясь на номера портов в заголовках протокола TCP (Layer 4 Switching). Поддерживает протокол управления мультикастинговыми рассылками IGMP. Имеет множество интерфейсов для сетевых подключений. Может работать в среде MPLS. Поддерживает протоколы обеспечения QoS.



Указанное оборудование в развернутой лабораторной сети позволяет проводить множество лабораторных и практических занятий, наращивая их сложность.

Могут быть предложены следующие направления этих занятий:

1) Организация виртуальных локальных сетей в пределах как одного коммутатора, так и в сети, состоящей из нескольких коммутаторов.
2) Конфигурирование маршрутизаторов в вариантах статической и динамической маршрутизации.
3) Настройка параметров протоколов NAT, DHCP.
4) Настройка SIP-протокола.
5) Конфигурирование программного коммутатора.
6) Решение комплексных сетевых задач.

Следует отметить, что в рамках этих направлений может быть создано множество вариантов, позволяющих каждому студенту отрабатывать свою индивидуальную задачу.

Литература

1. Сети следующего поколения NGN / Под ред. А.В. Рослякова - М.: Эко-Трендз, 2009. – 424 с.
2. dlink.ru/ru/products/1/1367.html
3. www2.watson-tele.com/misc.pl?key=tech
4. www.ruggedcom.com/products/ruggedswitch/rs8000/

УДК 621.391

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ДЕЛЕНИЯ AD HOC СЕТИ НА КЛАСТЕРЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЧИСЛА СКАЧКОВ

Максимов В.В. Огородник А.О.
НТУУУ «КПИ» Институт телекоммуникационных систем
E-mail: maksimov46@ukr.net , og-nik@mail.ru

The modeling of the combined algorithm of division Ad Hoc networks on clusters with changing the number of hops

Various parameters and conditions, on which the choice of cluster-head is made at the division of ad hoc networks on clusters, are considered. A new combined algorithm, which unites in itself the best characteristics of previously known, is considered. The simulation results of this algorithm and the algorithms WCA, TACA, Lowest-ID showed that the combined algorithm is better than other algorithms on such parameters as the number of generated clusters, the number of reaffiliations in formed clusters, the lifetime of the network.

В настоящее время предложено достаточно много алгоритмов деления ad hoc сети на кластеры [1] при иерархическом построении сети. В качестве метрик для выбора главного узла зоны (ГУЗ) могут использоваться различные параметры.

Во взвешенном кластерном алгоритме (WCA) [2] для выбора узла в качестве главного, принимаются во внимание его степень связности, мощность передачи, подвижность и мощность батареи. Эти параметры позволяют достаточно полно охарактеризовать каждый узел, находящийся в сети, и на основании значений, принимаемых данными параметрами, определить ГУЗ для построения кластеров.

Но при дальнейшем увеличении размерности сети число ГУЗ возрастает и, следовательно, требуется больше времени для самоорганизации сети [3]. Решить эту проблему можно с помощью алгоритма связанной k-скачковой кластеризации [4], путем разбиения сети на зоны размерности k, где каждый узел сети зондирует локальную область на расстоянии k ретрансляционных участков.

На практике тяжело достичь оптимального идеального результата, используя множество параметров. Поэтому в топологическом адаптивном алгоритме кластеризации (TACA) [5] для мобильных ad hoc сетей в качестве метрик предложено взять всего лишь два параметра, а именно подвижность узла и остаточный заряд батареи.

В [6] предложен комбинированный алгоритм CCA, позволяющий организовывать сеть большой размерности (за счет введения параметра *k* для формирования *k*-скачковых кластеров). Данный алгоритм объединяет преимущества нескольких методов кластеризации. В качестве метрик выбраны минимальная подвижность и максимальный заряд батареи.

В качестве условий выбора главного узла зоны определены следующие:

1. ГУЗ выбирается в пределах k-скачковой окрестности, мощность передачи для связи с узлами внутри кластера используется меньшая, чем для связи с узлами из других кластеров (то есть тех, которые находятся на больших расстояниях, благодаря чему заряд батареи экономно расходуется).

2. При разбиении на кластеры на каждый узел необходимо установить счетчик батареи и счетчик подвижности для избрания (переизбрания) ГУЗ по суммарному весу параметров узла.

3. При уменьшении заряда ГУЗ более, чем на половину, выбирается новый ГУЗ с максимальным суммарным весом в пределах локальной окрестности кластера.

4. Сеть должна разворачиваться на определенной территории, без возможности выхода узлов за ее пределы, с определенным запасом области, позволяющим дальнейшее расширение сети.

Результаты моделирования в среде Matlab показали следующее:

– при односкачковой кластеризации количество формируемых кластеров в алгоритме CCA больше в 1.5 раза, чем у WCA (т. е. при k=1 CCA немного уступает взвешенному алгоритму), но уже при двухскачковой кластеризации количество кластеров у CCA уменьшается почти в 2 раза. CCA при k=2 лучше WCA при меньшем числе узлов N=20, 30 и 40, а уже при N=50, 60 этот алгоритм уступает WCA в 1,14 раз. При k=3 CCA показывает лучшие результаты по сравнению с CCA (k=1 и k=2) – количество кластеров уменьшается в примерно 3.3 и 2.16 раз соответственно, а в сравнении с WCA количество кластеров у CCA меньше в 2.6 раза. Лучшим считается алгоритм, формирующий меньшее количество кластеров без перегрузки ГУЗов.

– по количеству переприсоединений узлов в кластерах CCA дает лучшие результаты, хотя при малых диапазонах передачи (менее 22 метров), целесообразнее применять WCA. У CCA при k=3 количество переприсоединений узлов в кластерах меньше, чем у CCA (k=2) в 1,13 раз и меньше, чем у WCA в 1,38 раз. Т. е. с увеличением числа скачков результаты CCA также немного улучшаются. Меньшее количество переприсоединений говорит о более стабильной и живучей сети.

– по времени жизни сети алгоритм CCA уступает алгоритму TACA примерно в 1,5 раза и во столько же раз выигрывает у алгоритма LID. CCA при k=3 уступает TACA примерно в 2 раза, и выигрывает у алгоритма LID примерно в 1,2 раза. То есть, сеть, построенная по алгоритму CCA (k=3) менее живучая, чем та же сеть, построенная по CCA (k=2) и по алгоритму TACA, но все же более живучая, чем сеть, построенная по алгоритму LID.

Литература

1. Романюк В.А. Мобильные радиосети – перспективы беспроводных технологий // Сети и телекоммуникации. – 2003. – № 12. – С. 62 – 68.

2. Kluwer Academic Publishers. WCA: AWeighted Clustering Algorithm for Mobile Ad Hoc Networks // Cluster Computing 5. – 2002. – С. 193–204.

3. Романюк В.А. Иерархическая маршрутизация в мобильных радиосетях // Зв'язок. – 2002. – № 1. – с.38– 42.

4. Shuhui Y., Jie W., Jiannong C. Connected k-Hop Clustering in Ad Hoc Networks (http://www.pdf-search-engine.com/clustering-in-ad-hoc-networks-pdf.html).

5. Suchismita Ch., Santanu K.R. TACA: A Topology Adaptive Clustering Algorithm For Mobile Ad Hoc Networks (http://www.pdf-search-engine.com/clustering-in-ad-hoc-networks-pdf.html).

6. Максимов В. В., Романюк Н. Н., Огородник А. О. Комбинированный алгоритм деления ad hoc сети на кластеры // Наукові записки УНДІЗ. – 2010. - № 1 (13). – с. 94-98.

ОПТИМАЛЬНЫЕ БЛОЧНЫЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫЕ КОДЫ ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМАЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ К ГРАНИЦЕ ШЕННОНА

Л. А. Урывский, А. М. Пешкин
Национальный технический университет Украины "КПИ", Киев, Украина

Введение

Центральное место в теории информации занимает теорема Шеннона, согласно которой в случае, если скорость создания сообщений источником не превосходит пропускной способности канала, то существует способ кодирования и декодирования, при котором можно осуществить передачу сообщений по каналу с помехами со сколь угодно малой вероятностью ошибки. Однако теорема Шеннона не определяет параметры помехоустойчивого кода и условия его получения.

Целью работы является создание методики поиска помехоустойчивого кода с заданной длиной блока в канале связи при заданных требованиях к достоверности приема, исходя из предельных корректирующих возможностей этого кода при максимальном приближении скорости передачи к границе Шеннона.

Рассмотрим модель дискретного канала с помехами. В данном канале от источника сообщений передаются символы со скоростью S, которые в кодере подвергаются преобразованию в блочный код с длиной блока n, после чего скорость передачи становится равной $V > S$. Каждый блок такого кода содержит $k < n$ информационных символов. Полученная информация преобразуется путем модуляции и затем передается по линии связи с помехами. Эти информационные символы на приемной стороне демодулируются с вероятностью ошибки P_{er} и декодируются с достоверностью приема сообщений источника *Pb.*

К основным параметрам используемого блочного кода отнесем [1]: длину кода n, количество информационных символов k, скорость кодирования $r_к = k/n$, минимальное кодовое расстояние d, которое определяет исправляющую способность кода, т. е. способность исправлять $t \le (2d-1)/2$ ошибок в блоке из n символов.

Определим в рассматриваемой задаче границу Шеннона как кривую, ограничивающую максимальную скорость передачи символов источника. Для дискретного канала с помехами, в случае передачи двоичных символов, значение пропускной способности C определяется формулой [1, 2]:

$$C = V[1 + P_{er}\log P_{er} + (1-P_{er})\log(1-P_{er})] = VE_1 , \qquad (1)$$

где $V \ge C$ - скорость передачи символов в канале, бит/с; P_{er} - вероятность ошибочного приема одиночного символа в канале.

Показатель E_1, называемый также удельной пропускной способностью, численно совпадает с допустимой долей символов источника в общем потоке символов в канале. Реальную долю символов источника в общем потоке символов в канале определяет показатель $r_к$. Отсюда следует, что

$$k/n = r_к \le E_1 =$$
$$= C/V = 1 + P_{er}\cdot\log P_{er} + (1-P_{er})\cdot\log(1-P_{er}) \qquad (2)$$

Взаимная энтропия E_1 зависит от значения P_{er} и, следовательно, от энергетического параметра дискретного канала, в котором действует помеха со спектральной плотностью N_0. При этом мощность сигнала в точке приема, как следует из соотношения (2), определяется как

$$\Pi_S = h^2/(N_0 V) \qquad (3)$$

В дальнейшем будем рассматривать дискретный канал с двоичной фазовой манипуляцией ФМ-2.

Для оценки эффективности использования корректирующего кода необходимо выявить взаимосвязь между энергетическим состоянием канала связи и границей Шеннона.

Вероятность P_b правильного приема одиночного символа на выходе декодера, который надежно исправляет t ошибок в блоке из n символов, равна:

$$P_b = 1 - P_t(m,n,h^2) =$$

$$= 1 - \sum_{m=0}^{t} \frac{n!}{m!(n-m)!} P_{er}^m (1-P_{er})^{n-m}, \qquad (4)$$

где $m \le t$, а P_{er} является функцией h^2.

В итоге задача нахождения оптимального помехоустойчивого кода сводится к поиску минимума следующего функционала:

$$\min_{\{d/2n,\, k/n\}} \{E_1 - r_к\} \Big| n, h^2, P_b. \qquad (5)$$

Результаты расчета зависимостей $t(h^2)$ при $P_b = 10^{-6}$ для значения $n = 127$ представлены на рис.1. Приведенные зависимости отображают количество символов, которые необходимо исправить в канале с заданными энергетическими параметрами для обеспечения требуемой достоверности $P_b = 10^{-6}$ при использовании ФМ-2.

Применим полученные результаты для определения характеристик того кода, который может обеспечить заданную достоверность при скорости кода $r_к$, приближающейся к границе Шеннона E_1. Необходимым условием существования кодов с заданными корректирующими свойствами выступает граница Плоткина. Она устанавливает предел мощности двоичного кода, имеющего длину n и минимальное кодовое расстояние d.

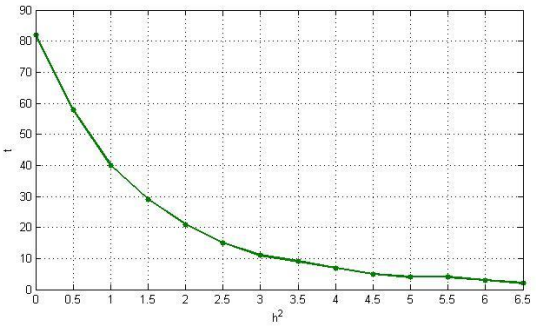


Рис. 1. Вероятное количество ошибок t в блоке заданной длины n=127 при достоверности $P_b = 10^{-6}$

При длине кодового блока $n \ge 2d-1$ число проверочных символов $r = n-k$, необходимых для того, чтобы минимальное расстояние линейного кода достигало значения d, должно быть не меньше, чем $2d - 2 - \log_2 d$. Следовательно,

$$r_к \le 1 - (2d - 2 - \log_2 d)/n. \qquad (6)$$

С учетом соотношения (6) можно построить границу Плоткина в координатах $\{c, r_к\}$, которая показывает, что достижимая скорость кода ограничена длиной блока n и минимальным кодовым расстоянием d.

Достаточное условие существования кода определяет граница Варшамова-Гильберта [1], в соответствии с которой существует такой (n,k) код с минимальным расстоянием d, который удовлетворяет следующему неравенству:

$$n - k \le \log_2 \sum_{i=0}^{d-2} C_{n-1}^i. \qquad (7)$$

Выражение (7) показывает, что при фиксированных значениях n, k и t должен существовать код, который гарантированно исправляет все ошибки, и количество избыточных символов которого не превышает определенного значения, вычисляемого согласно правой части неравенства.

Преобразуем координату ошибок t в координату $c = d/(2n)$, связанную с характеристикой корректирующих кодов $d \geq 2t+1$. Заданной величине h^2 при $P_b = \text{const}$ соответствует одно значение $c \leq 0,25$. А одной величине c, отвечают два значения $r_к$ вследствие пересечения линии $c = \text{const}$ с границами Плоткина и Варшамова-Гильберта. Выбор кода должен осуществляться на плоскости $(r_к; c)$ по признаку пребывания в области, ограниченной границами Плоткина, Варшамова-Гильберта и линией $c = \text{const}$.

Результаты поиска оптимального помехоустойчивого блочного кода представлены на рис.2 для длины кодового блока n=127, отношения сигнал/шум $h^2 = 3$, при достоверности передачи $P_b = 10^{-6}$. Коды, которые находятся правее, имеют лучшую исправляющую способность, коды, которые находятся выше, имеет большую кодовую скорость. Коды, которые имеют достаточную исправляющую, способность ограничены голубым треугольником. Из рис.2 видно, что лучшим является код БЧХ, который может исправить 11 ошибок в блоке из 127 символов и имеет кодовую скорость 0,449, которая попадает в интервал скоростей, ограниченных границами Варшамова-Гильберта и Плоткина.

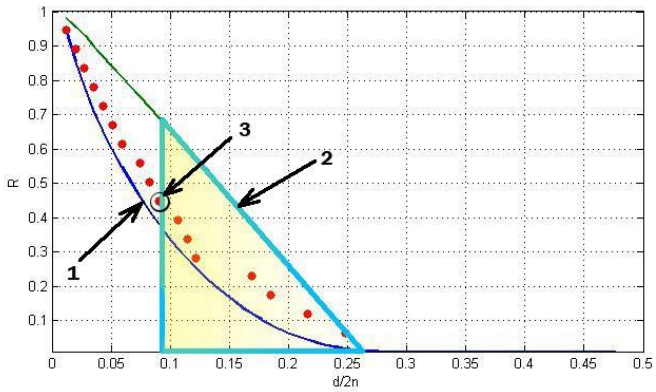


Рис.2. Иллюстрация выбора оптимального помехоустойчивого кода по критерию максимального приближения к границе Шеннона

В статье с использованием элементов существующих теорий сформулированы условия выбора наилучшего блочного кода. Приведены сведения, необходимые для определения кода, который бы исправлял ошибки в заданном канале связи и обеспечивал необходимую достоверность при граничных значениях его пропускной способности.

Разработан механизм объединения элементов теории информации и теория помехоустойчивого кодирования с целью решения задачи поиска оптимального помехоустойчивого кода.

Литература

1. Основи теорії телекомунікацій /Підручник / За заг. ред. проф. Ільченка М.Ю. – К.: 2010. – ІССЗІ НТУУ «КПІ» – с.786, іл.

2. Уривський Л. О. Прокопенко К. А. Умови вибору завадостійкого блокового коду в каналі з заданими показниками достовірності // Вісник інженерної академії України.– 2011. – № 1. - С. 151-154.

3. Урывский Л.А. Выбор блочного помехоустойчивого кода по критерию максимального приближения к границе Шеннона [Текст]/ Урывский Л.А., Прокопенко Е.А., Пешкин А.М. // Telecommunication science. – № 2, с.41-47.

УДК 621.391.3

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНО-ФАЗОВОГО МЕТОДА

Прокопенко Е.А., Наталенко А.И.

НТУУ «КПИ»Институт телекоммункационных систем
E-mail: k.prokopenko@ukr.net, pfactum@gmail.com

В статье описан векторно-фазовый метод, позволяющий точно определить вероятности ошибок любых созвездий многопозиционных сигналов. Приведены результаты расчета для сигналов ФМ-2,ФМ-4,QAM-16. На основе предложенного метода создана имитационная модель, которая подтверждает адекватность аналитической модели, а также позволяет дать оценку вероятности достоверного приема сигналов для QAM-64.

В основе метода – определение вероятности попадания результирующего (суммарного) вектора сигнала и помехи в некоторую пространственно-фазовую область, при которой помеха приводит к неправильному приему символов многократной манипуляции, и, как следствие, к ошибочному приему битов информации.

Пусть в канал связи передается сигнал S. Под воздействием помехи W сигнал S образует результирующий сигнал r, который приходит на приемник. Если результирующий сигнал попадает в область регистрации передаваемого сигнала, то сигнал принимается верно, если же результирующий сигнал находится вне области регистрации передаваемого сигнала, то он принимается неверно.

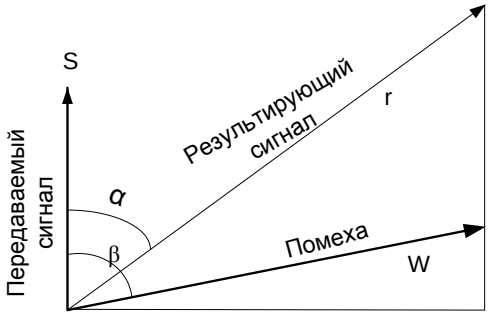


Рис.1. Векторное представление влияния помехи на результирующий сигнал.

В данном случае (сигнал ФМ-2) поведение вектора помехи определяется соотношением:

$$W(\beta) = \frac{S}{\sin\alpha(ctg\beta - ctg\alpha)} = \frac{S}{-\cos\alpha} \tag{1}$$

В результате расчета вероятности попадания вектора помехи в область, ведущую к неправильному приему бита информации, получаем следующую формулу для ФМ-2:

$$P_{б_ФМ2}(h^2) = \frac{1}{\pi}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi}\int_{\frac{h^2}{\cos^2\alpha}}^{\infty} e^{-\eta}d\eta d\alpha \tag{2}$$

Для ФМ-4 расчет битовой вероятности ошибки сводится к нахождению средней вероятности ошибки по каждому биту, и в результате усреднения получается следующая формула:

$$P_{б_ФМ4}(h^2)=\frac{1}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}}\int_{\frac{h^2}{(\sin\alpha-\cos\alpha)^2}}^{\infty}e^{-\eta}d\eta d\alpha \tag{3}$$

Аналогичным образом определены вероятности ошибочного приема одиночного бита для случая ФМ-8.

Формулы, полученные для битовой вероятности ошибки QAM16:

$$P_{ош_б}(h^2)=\frac{P_{ош_б_1}(h^2)+P_{ош_б_2}(h^2)}{2}, \tag{4}$$

где

$$P_{ош_б_1}(h^2)=\frac{\frac{1}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}}e^{\frac{-h^2}{2(\cos\alpha-\sin\alpha)^2}}d\alpha+\frac{1}{2\pi}\int_{arctg(3)}^{\pi+arctg(3)}e^{\frac{-5h^2}{18(\cos\alpha+\frac{\sin\alpha}{3})^2}}d\alpha+\frac{1}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}}e^{\frac{-h^2}{18(\sin\alpha-\cos\alpha)^2}}d\alpha}{4}$$

$$P_{ош_б_2}(h^2)=\frac{\frac{1}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}}e^{\frac{-h^2}{18(\cos\alpha-\sin\alpha)^2}}d\alpha-\frac{1}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}}e^{\frac{-h^2}{50(\cos\alpha-\sin\alpha)^2}}d\alpha+\frac{1}{2\pi}\int_{-\frac{3\pi}{4}}^{\frac{5\pi}{4}}e^{\frac{-h^2}{18(\cos\alpha-\sin\alpha)^2}}d\alpha}{2}$$

Особенностью формул, полученных с использованием векторно-фазового метода, является их точность, не содержащая допущения об универсализации в ущерб достоверности расчетов.

Расчеты по формулам (2) и (3) численно совпадают с известными результатами [1, 2]. Результаты по формуле (4) являются оригинальными.

На основании векторно-фазового метода разработана имитационная модель на языке Java. Имитационная модель позволяет строить кривые помехоустойчивости для необходимого диапазона соотношений сигнал/шум с заданным шагом и количеством итераций на каждый шаг. В модели реализована поддержка видов модуляций: ФМ-2, ФМ-4, ФМ-8, QAM16, QAM64 (символьная и битовая ошибки). Для построения графиков по рассчитанным значениям ошибок используется свободное программное обеспечение gnuplot (рис.2).

После совмещения полученных аналитических и экспериментальных графиков оказалось возможным сделать вывод о соответствии результатов имитационного моделирования аналитической модели.

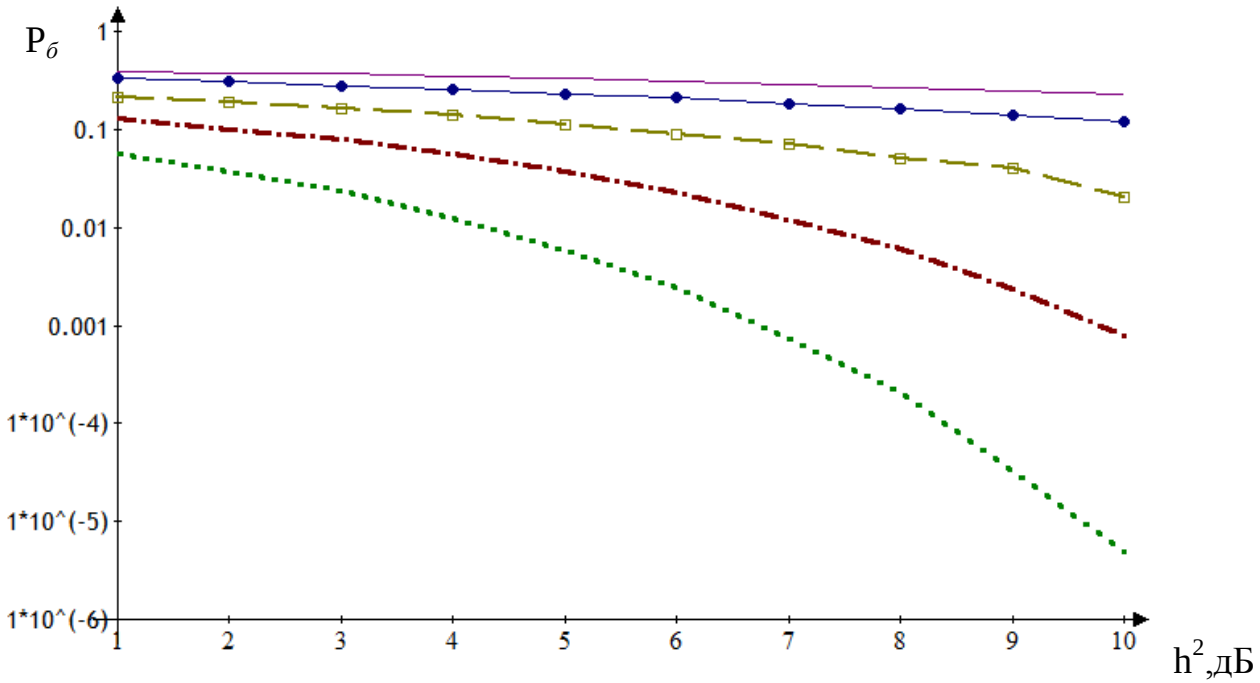


Рис.2. Вероятности достоверного приема информационных бит для сигналов - ФМ-2, ФМ-4, - ФМ-8, - QAM16 (аналитическая и имитационная модели) и QAM64 (имитационная модель).

В аналитической модели размерность задачи определения битовой ошибки для сигналов многократной манипуляции растет в прогрессии при возрастании кратности. Имитационная модель позволяет определять битовую ошибку без значительного наращивания вычислительных ресурсов, поэтому именно она использована для случая QAM64.

Литература:

1. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. – 2-е изд., перераб., и доп. – М.: Сов. радио, 1970. – 728 с.
2. Основи теорії телекомунікацій /Підручник /За заг. ред. проф. Ільченка М.Ю. – К.: 2010. – ІССЗІ НТУУ «КПІ» – с.786, іл.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ NGN В СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМАХ КОММУТАЦИИ

Старостина Л. И.
НТУУ «КПИ» Институт телекоммуникационных систем
Кафедра телекоммуникационных систем
E-mail: lorastar@ukrpost.net

После того, как схлынула волна всеобщей эйфории, связанной с широким распространением пакетных технологий, большинство аналитиков телекоммуникационного рынка пришли к мнению, что наряду с сетями основанными на пакетных технологиях, будут еще довольно долго существовать сети с коммутацией каналов, предоставляющие классические телефонные услуги. Подтверждают это данные состояния телефонной сети общего пользования Украины (ТфОП) и Киева на 1.10.2011 г. (Табл.1).

Табл. 1. Структура телефонной сети общего пользования Украины и Киева.

Регион	**Монтированная емкость**	**% АСК**	**% ЦСК**
Киев	1.220.000	21	79
Украина	11.400.000	74	26

Большинство специалистов считает идею NGN самой разумной концепцией дальнейшего развития инфотелекоммуникационной системы – симбиоза электросвязи и информатики.

Ключевым понятием в системах нового поколения становится "услуга", т.е. та функциональность, которая требуется пользователю системы и потенциально может быть ему предоставлена. Именно перечень услуг, уровень гарантированного качества их предоставления, обеспечение безопасности доступа к услуге в будущем будут определять перспективность и конкурентоспособность инфотелекоммуникационных систем нового поколения. В связи с этим телекоммуникационные сети все чаще рассматриваются как среда, призванная обеспечить предоставление пользователям широкого перечня услуг на качественно новом уровне (Рис. 1).

Современные операторы приходят к выводу , что необходимо строить сети связи , которые бы поддерживали непрерывный контроль над формированием и предоставлением услуг по правилам, гарантирующим уровень качества обслуживания независимо от того, как происходит транспортировка услуги и через какое оборудование она предоставляется абоненту, т.е. обеспечить конвергенцию услуг. Очевидно, что операторы ТфОП не могут в одночасье переключиться на сети нового поколения, да и сети новых операторов вынуждены взаимодействовать с традиционными телефонными сетями и услугами. Именно поэтому переход к сети следующего поколения NGN требует от новых систем коммутации унифицированного взаимодействия с транспортными сетями , TDM , с сетями общеканальной сигнализации, с IP-сетями, а также поддержки в новых условиях услуг, предоставляемых интеллектуальной сетью (IN), т.е. речь идет об оборудовании, равноправно пропускающим трафик IP и трафик коммутации каналов.

На современном этапе телекоммуникаций операторы пытаются найти оборудование, позволяющее как можно скорей внедрить эти услуги, причем внедрить их наиболее экономичным и перспективным способом, однако технология и оборудование не всегда успевают за такими требованиями. И если операторы для передачи IP трафика используют оборудование различных производителей, то для передачи речи используют традиционное коммутационное оборудование 5ESS, EWSD, SI2000, ALCATEL E10 и др.

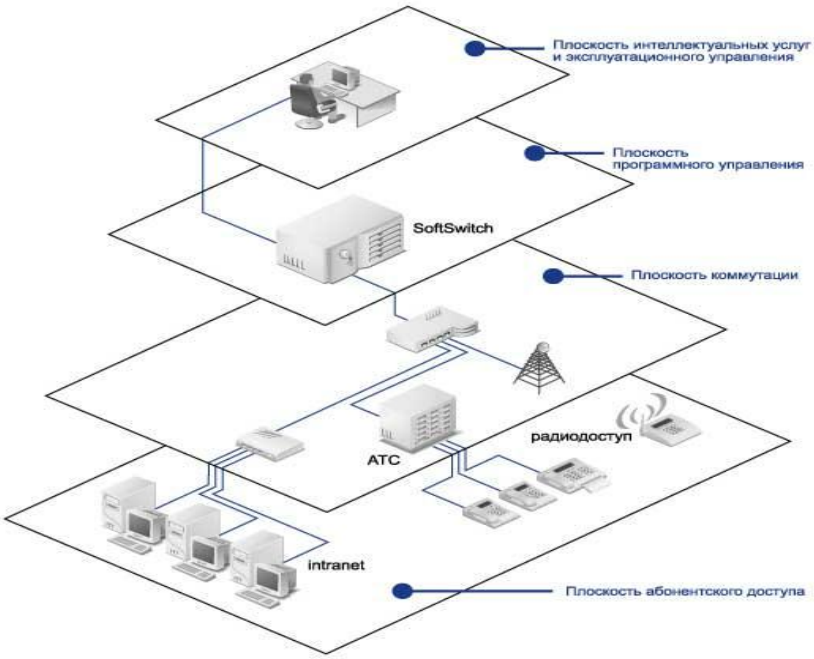


Рис.1. Иерархия услуг в рамках концепции

Эволюция этих коммутационных платформ позволит использовать их в коммутационном уровне NGN (рис. 2).

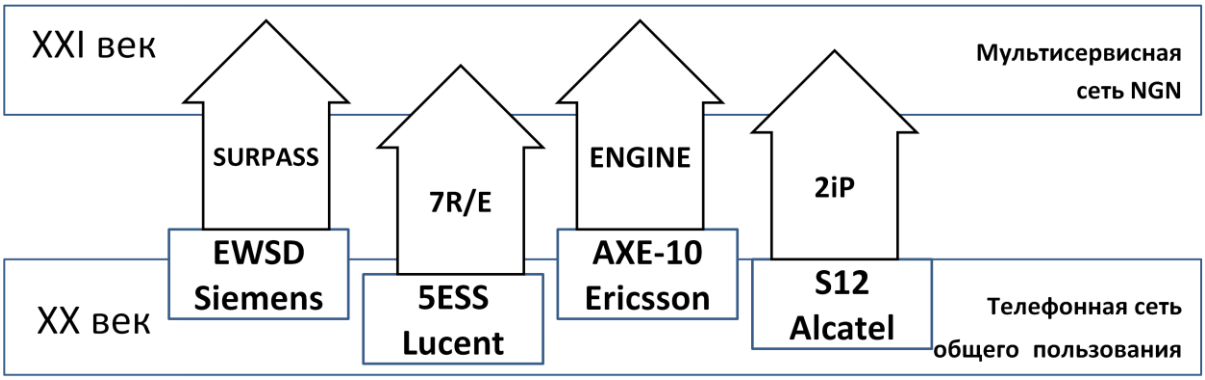


Рис.2. Эволюция коммутационных платформ

Рассмотрим классификацию концепций и сценариев построения NGN.

Для стратегии перехода к NGN, основанной на построении выделенной сети, достаточно рассмотреть один сценарий. Он предусматривает радикальное изменение структуры эксплуатируемой сети, что подтверждается опытом построения выделенных сетей на начальном этапе цифровизации ТфОП. Ряд выделенных сетей был создан в крупных городах. Структура соответствующих ГТС включала узлы исходящих и входящих сообщений, а также совокупность районных АТС. Выделенные сети создавались на совершенно иных топологических принципах.

Устанавливалась, как правило, одна цифровая АТС с несколькими выносными концентраторами. Подобная схема организации связи, скорее всего, будет реализована в выделенной сети NGN, но с отличиями в принципах коммутации.

При построении NGN за счет реализации стратегии «наложенная сеть» возникает задача выбора одного из нескольких возможных сценариев, которые можно свести к следующим решениям:

– без изменения структуры эксплуатируемой сети;

– с изменением структуры эксплуатируемой сети по заранее выбранному плану.

Названные сценарии позволяют проанализировать и возможные пути реализации прагматического подхода к построению NGN. Он основан на установке рядом с каждой АТС мультисервисного абонентского концентратора (МАК). Это устройство выполняет две функции: выносного модуля АТС и коммутатора доступа NGN. Прагматический подход позволяет решить три важные задачи. Во-первых, оператор удерживает абонентов, заинтересованных в новых видах обслуживания. Во-вторых, абоненты могут сохранить номера, присвоенные им в ТфОП, что важно для многих видов бизнеса. В-третьих, установленные ранее коммутационные станции (даже аналоговые) могут эксплуатироваться до того момента, когда их демонтаж станет необходимым по причине морального или физического старения.

Сценарий без изменения структуры сети основан на том, что каждая АТС после ее вывода из коммерческой эксплуатации заменяется одним МАК, который располагается в том же здании.

В этом случае не требуется разработка методов планирования сетей NGN. Такой сценарий соответствует принципу, известному в технической литературе по словосочетанию «as is» (дословно – «как есть»). Данный принцип означает, что после замены всех трех АТС, которые образуют рассматриваемую ГТС, в сети NGN будет функционировать три МАК. Предполагается, что сеть доступа каждого МАК остается неизменной.

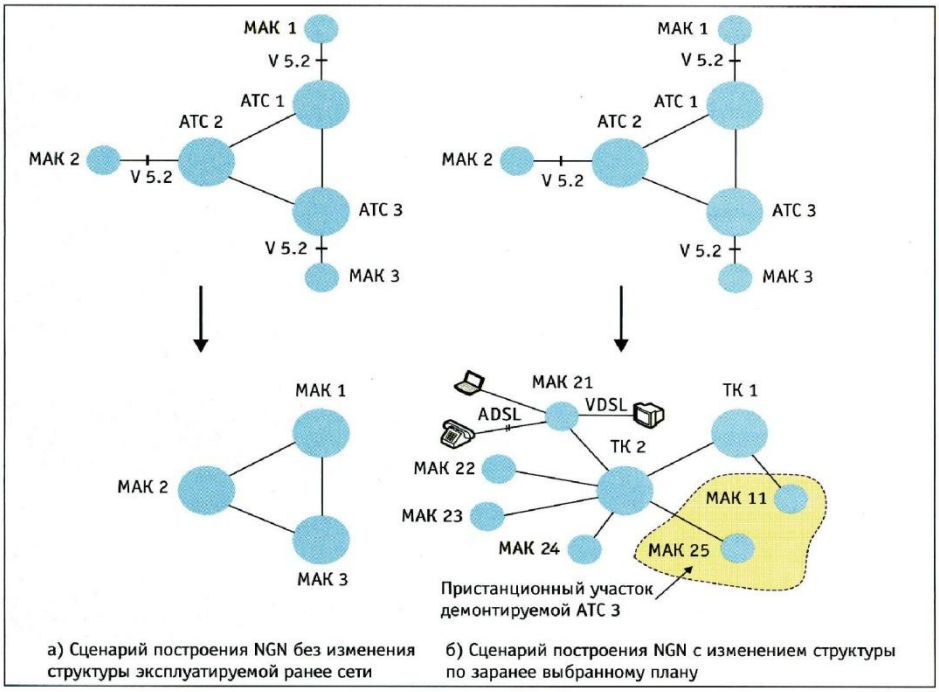


Рис.3. Сценарии построения сетей NGN.

Сценарий с изменением структуры эксплуатируемой сети по заранее выбранному плану представляется более разумным. Однако для его реализации необходимо провести серьезную исследовательскую работу, методология которой пока только формируется. Следует учесть множество факторов, разработать ряд новых методик по планированию сетей класса NGN.

Литература

1. Гольдштейн Б .С., «Системы коммутации», 2-е издние, «БХВ – Санкт-Петербург», 2004. – 313 с.
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/NGN
3. http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/default.aspx
4. Бакланов И.Г. «NGN. Принципы построения и организации», 400 ст., 2008.

УДК 621.391

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ СИСТЕМЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ DWDM

Мошинская А.В., Труцько Ф.В.
ИТС НТУУ «КПИ»

Methods for determination of fiber-optic channel productivity of DWDM system.
In the article DWDM systems are considered as objects of Information Theory. The purpose of the article is in studying the factors that have influence on the networks' productivity.

Рост потребности человечества в обмене больших объемов информации привел к разработке новых высокоскоростных технологий. Одной из наиболее перспективных технологий является передача данных по волоконно-оптическим каналам со спектральным уплотнением каналов (англ. DWDM).

При внедрении новой технологии актуальным становится адекватная оценка информационных возможностей систем связи. В рамках теории информации основными показателями информационных возможностей системы связи являются ее пропускная способность и производительность.

В рассматриваемой модели принята DWDM система, источниками для которой являются потоки иерархии SDH, модулируемые оптическим передатчиком двоичной амплитудной модуляцией (BASK) с кодированием без возвращения к нулю (NRZ). Для повышения качества функционирования используется также упреждающая коррекция ошибок (FEC) путем включения на входе/выходе канала кодера/декодера (рис.1).

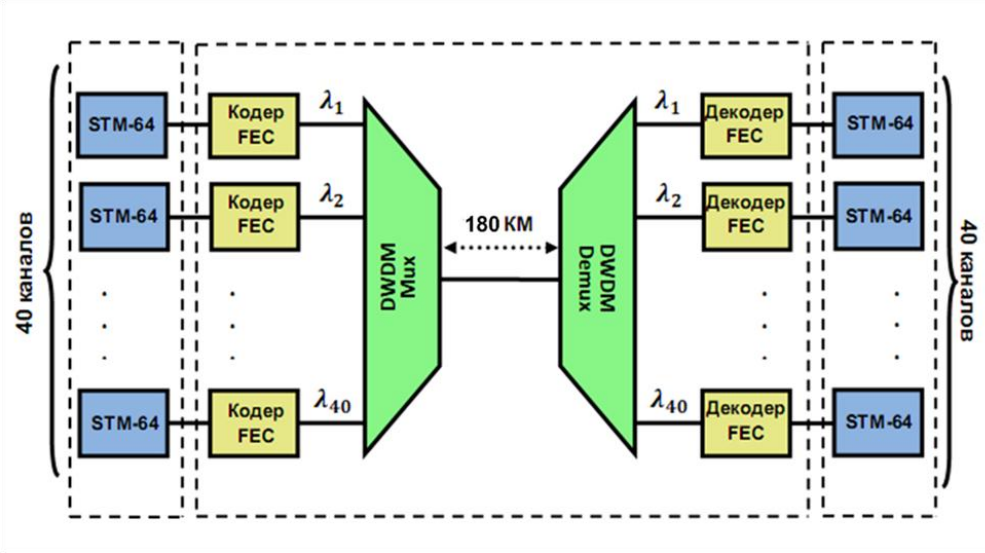


Рис.1. Упрощенная схема DWDM системы.

Расчет производительности DWDM системы основывается на методике Шеннона для дискретного канала связи с учетом определения категории «канал» и преобразований сигнала в процессе передачи от источника к получателю.

Запишем выражение для производительности рассматриваемой системы:

$$R_{Ц(Д)} = V_S(1 + (1 - p_{ошб})\log(1 - p_{ошб}) + p_{ошб}\log(p_{ошб}))\,; \quad (1)$$

где V_S – скорость передачи цифрового потока источника информации; $p_{ошб}$ – вероятность ошибки бита.

Показателем качества в (1) выступает вероятность битовой ошибки после декодера:

$$p_{ошб} = \frac{2^{m-1}\cdot\left[\sum_{i=1+t}^{n}\left[\left(\frac{i+t}{n}\right)\cdot\left[\frac{n!}{(n-1)!i!}\right]\cdot(p_{ошс})^{i}\cdot(1-p_{ошс})^{n-i}\right]\right]}{2^{m}-1}\,; \quad (2)$$

где m, n, - параметры помехоустойчивого кода Рида-Соломона RS(m,n).

На графике (рис.2) представлена зависимость битовой ошибки при использовании различных типов кода Рида-Соломона, а также, в случае если FEC кодирование не используется.

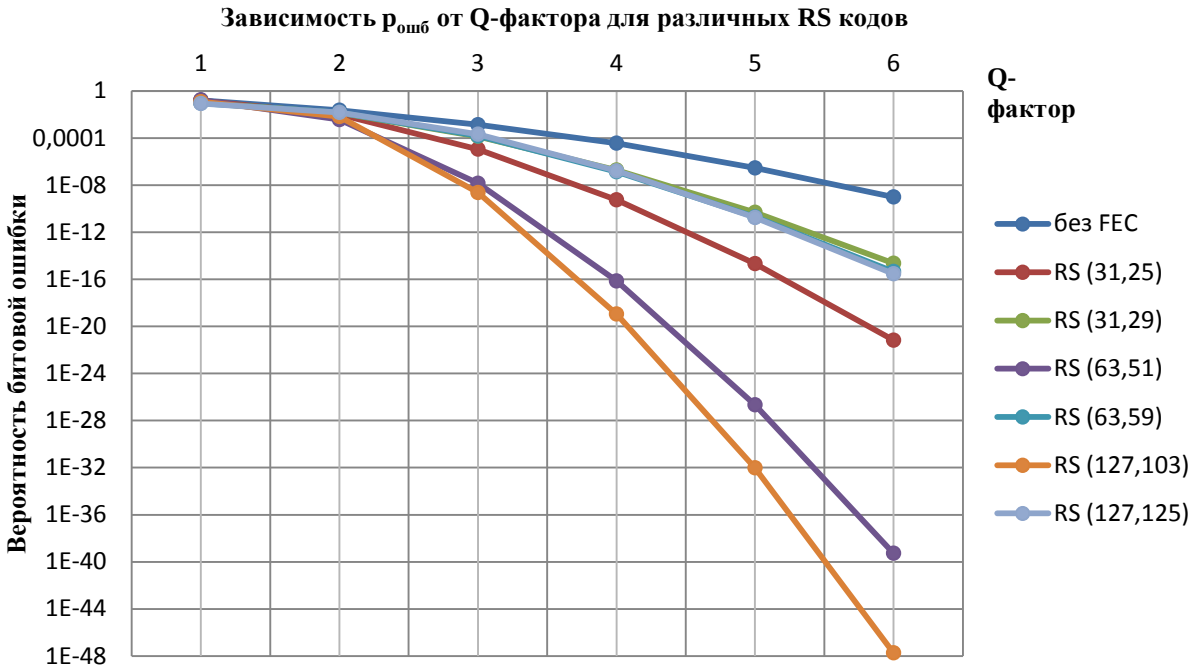


Рис.2. Зависимость вероятности битовой ошибки от Q-фактора для различных типов кода Рида-Соломона.

Показатель (2) связан с ошибкой символа в канале и с энергетикой канала:

$$p_{ошс} = \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-Q^2}{2}}; \quad (3)$$

где Q-фактор является энергетическим показателем для оптических каналов связи и определяется следующей функцией от оптического отношения сигнал/шум:

$$Q = \frac{2 \cdot OSNR \cdot \sqrt{\frac{B_0}{B_e}}}{1+\sqrt{(1+4OSNR)}}; \quad (4)$$

где B_e – полоса частот фильтра фотоприемника, МГц; B_0 – полоса частот спектра оптического сигнала, МГц;

$OSNR = \frac{P_c}{P_ш}$ – отношение сигнал/шум.

Корректный расчет отношения сигнал /шум является не тривиальной задачей , поскольку требует учета влияния нелинейных эффектов, присущих DWDM системе, по причине значительного значения суммарной вводимой в волокно мощности и наличия большого числа сигналов разнесенных спектрально в нем.

Мощность полезного сигнала в точке приема может быть рассчитана через соотношение [1]:

$$P_c = P_{c0} - \Delta P_{погонное} - \Delta P_{нелин.эф.} - \Delta P_{соедин.}; \quad (5)$$

где P_{c0} – начальная мощность сигнала, вводимого в канал; $\Delta P_{погонное}$ – потери мощности сигнала, связанные с погонным затуханием волокна; $\Delta P_{нелин.эф.}$- затухание вследствие нелинейных эффектов; $\Delta P_{соедин.}$- потери мощности сигнала на соединениях.

Основными нелинейными эффектами, влияющими на мощность полезного сигнала в канале, являются:

- Фазовая самомодуляция оптических сигналов;
- Перекрестная фазовая модуляция сигналов;
- Вынужденное рассеяние Рамана;
- Вынужденное рассеяние Бриллюэна;

Потери мощности сигнала являются функциями параметров системы и рассчитываются на их основе.

Мощность шума в точке приема описывается выражением [2]:

$$P_{ш} = \sqrt{P_{FWM.}{}^2 + P_{\text{кв.шум.}}{}^2 + P_{\text{шум.ус.}}{}^2 + P_{\text{шум.фотопр.}}{}^2}\,; \qquad (6)$$

$P_{FWM.}$ – мощность шума четырехволнового смешения, $P_{\text{кв.шум.}}$ – мощность квантового шума, $P_{\text{шум.ус.}}$ – мощность усиленного спонтанного излучения, $P_{\text{шум.фотопр.}}$ – мощность шума фотоприемника.

На рис.3 представлены зависимости изменения производительности системы DWDM от длины усилительного участка при разных значениях вводимой мощности сигнала.

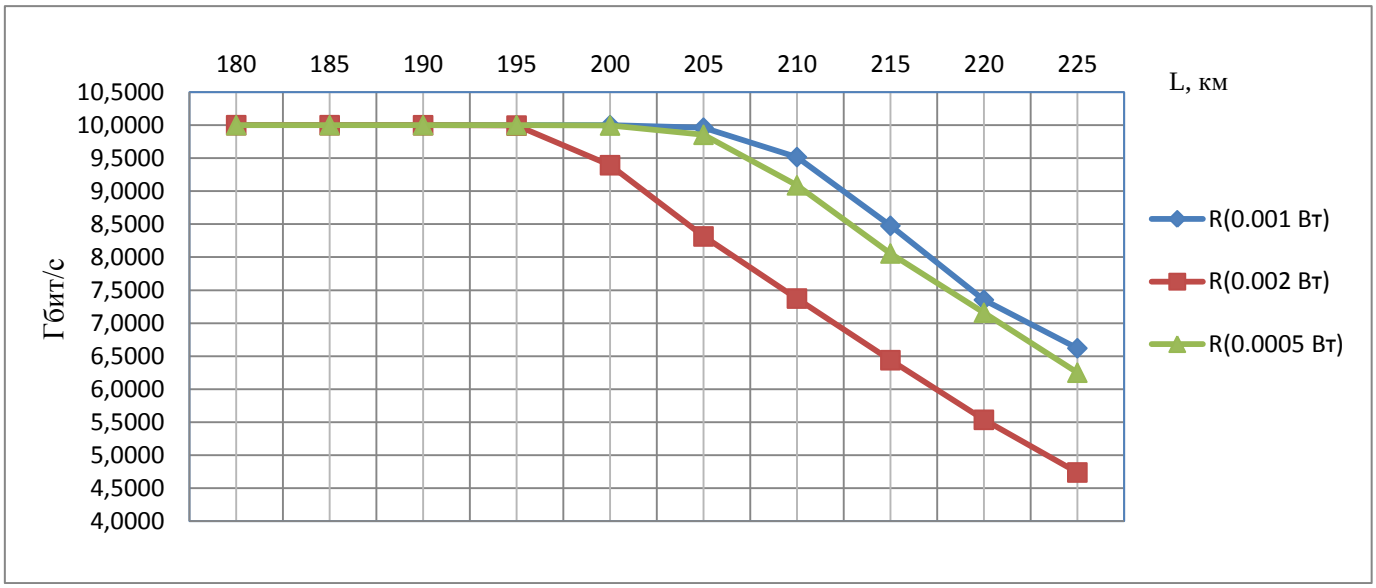


Рис.3. Зависимость производительности от длины усилительного участка при разных значениях вводимой мощности .

Таким образом, получена методика оценки качества передачи данных, а также производительности источника информации оптоволоконной системы с технологией спектрального уплотнения каналов DWDM, которые дают наиболее полное представление об информационных возможностях системы.

Литература

1. Иванов А.Б. Волоконная оптика. Компоненты, системы передачи,измерения. - М. : Syrus Systems, 1999.
2. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика: пер. с англ. / Под ред.П.В.Мамышева. - М.: Мир, 1996.

УДК 621.391

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ДВУСКАЧКОВОГО MPR В ПРОТОКОЛЕ OLSR ДЛЯ AD HOC СЕТИ

Максимов В.В., Барабаш К.С.
Институт телекоммуникационных систем
E-mail: katenka.barabash@gmail.com

Researching of the two-hop MPR model in OLSR for AD HOC network

Multipoint relaying is a technique to reduce the number of redundant retransmissions while diffusing a broadcast message in the network. This technique restrict the number of retransmission as much as possible by efficiently selecting a small subset of neighbors which covers (in term of two-hop radio range) the same network region which complete set of neighbors does.

Актуальность развития и внедрения самоорганизующихся сетей находится на высоком уровне. Мобильность становится необходимой и неотъемлемой частью жизни, дает возможность универсального, комбинированного доступа к инструментам и приложениям, которые используются для эффективной работы, независимо от места расположения и доступа к оборудованию в определённый момент времени. Природа беспроводной передачи данных предусматривает ограниченную пропускную способность в полосе частот. Обеспечение малой вероятности ошибок при радиопередаче уменьшает пропускную способность еще больше. Поскольку данный ресурс ограничен, то его стоимость в беспроводном пространстве увеличивается. Таким образом, при проектировании протокола маршрутизации, который будет использоваться в беспроводном пространстве, важным заданием является уменьшение непроизводительного использования полосы пропускания.

Исходя из важности приведенного выше вопроса, активно исследуется эффективность работы протокола OLSR в сетях Ad Hoc. Одним из важных аспектов улучшения работы протокола является уменьшение количества служебной информации, которая рассылается с определенной периодичностью, что перегружает сеть и, соответственно, увеличивает использование полосы пропускания. Одним из методов решения этой проблемы является более рациональный способ передачи служебных сообщений, а именно: рассылку пакетов производить только выделенным MPR узлам на первом скачке передачи информации [1,2]. Рассматривается перспективный метод передачи служебных сообщений на первом и на втором скачке передачи информации, то есть предлагается выбирать MPR узлы не среди односкачковых, а среди двухскачковых соседей – модель двухскачкового MPR набора [3].

Для исследования вышеуказанного вопроса необходимыми выходными данными являются площадь, на которой размещены узлы, а также плотность их размещения на сети.

Ниже представлены следующие задачи, по результатам решения которых можно сделать вывод об эффективности использования модели двухскачкового MPR набора:

1. Расчет площади непокрытой области при выборе двухскачковых MPR узлов.
2. Определение верхней границы количества двухскачковых MPR узлов, которые будут выбраны для передачи сообщений и сравнение их количества с моделью выбора односкачковых MPR узлов.

В ходе решения первой задачи доказана теорема 1 для определения площади непокрытой области для разных случаев размещения узлов.

Теорема 1. Пусть дано три концентрических круга K1, K2 и K3 (рис.1) с центром в точке C, с соответствующими радиусами 1, 2 и 3. Допустим, что на окружности круга K2 размещено 2 точки A и B, которые лежат на сторонах угла θ с вершиной в точке C. A(θ) - множество точек круга K3 и K2 (заштрихованные области), удовлетворяющее условию:

1. точки не принадлежат $K1$;
2. точки лежат в секторе с центром в точке C, ограниченным углом θ;

3. точки лежат на расстоянии больше 1 от A и B.

Тогда:

Если $\theta \le \frac{\pi}{3}$, то $A(\theta) = 4\theta - 2arc\sin\left(2\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right) - 4\cos arc\sin\left(2\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)\sin\frac{\theta}{2}$,

Если $\theta > \frac{\pi}{3}$, то $A(\theta) = 4\theta - \pi$.

В ходе решения второй задачи доказана теорема 2, позволяющая определить верхнюю границу количества двускачковых MPR узлов.

Теорема 2. Пусть L (площадь, на которой размещены узлы сети) – величина постоянная, а N – количество узлов в сети, которое меняется, тогда верхняя граница количества двухскачковых MPR узлов

при $\theta \le \pi/3$ не превышает $D_N \le 3\pi(\frac{5D}{3})^{1/3}$,

а при $\theta > \frac{\pi}{3}$, *не превышает* $D_N \le \frac{8}{9}N$,

где $D = N/L$.

Одним из важнейших условий применения модели выбора двускачковых MPR является плотность распределения узлов.

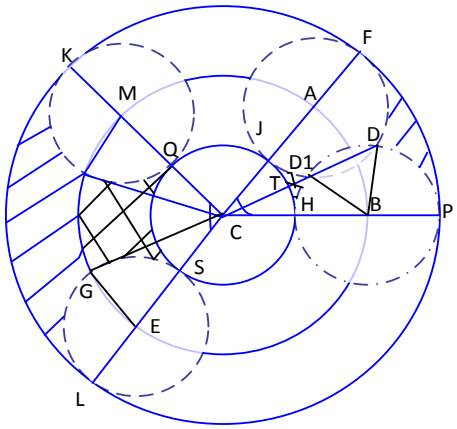


Рис.1. Три концентрических круга $K1$, $K2$ и $K3$ с центром в точке C.

В результате проведенной работы показано, что модель выбора двухскачковых MPR является эффективной для использования в сетях с плотностью 1 узел./ед.площ. Так для площади $L = 9\pi$ (площадь круга ровна $S = \pi R^2$, в рассмотренном случае $R = 3$) и количества узлов в сети $N = 30$, количество MPR узлов для односкачковой модели составляет 12, тогда как для двускачковой – 7. Для плотности сети меньшей 1 узл./ед.площ данная модель является не эффективной.

Ожидаемые преимущества использования описанной модели выбора двускачковых MPR узлов:

- уменьшение служебной информации передаваемой в сети;
- повышение отказоустойчивости и быстродействия работы сетевого оборудования;
- улучшение качества предоставляемых клиентам услуг телекоммуникационными операторами.

Использование двускачковых MPR узлов обеспечивает преемственность в решении задач увеличения пропускной способности, позволяя операторам максимально использовать существующие ресурсы.

Литература

1. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR), T. Clausen, P. Jacquet, – 2003

2. P. Jacquet, A. Laouiti, P. Minet and L. Viennot, Performance Analysis of OLSR Multipoint Relay Flooding in Two Ad Hoc Wireless Network Models / Research Report-4260, INRIA, September 2001, – RSRCP journal special issue on Mobility and Internet.

3. Максимов В.В., Лёвочкина О.И. «Алгоритм выбора многоточечных ретрансляторов в протоколе OLSR», Тези // Нові технології в телекомунікація, ДУІКТ-КАРПАТИ ‘2010.

УДК 621.391

ВИКОРИСТАННЯ IP-АТС ASTERISK ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА КАФЕДРІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Гаврищук О. С., Максимов В. В., Наталенко О.І.
Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна
E-mail: pfactum@gmail.com

Using Asterisk IP-PBX for setting up Telecommunication systems chair staff and faculty multimedia intercommunication

Using IP backbone allows adding new and managing existing services easily, making convergent network, that corresponds to NGN conception.

IP-АТС є невід'ємною частиною комплексу мультимедійних засобів, які конфігуруються в лабораторному комплексі кафедри ТС в єдину мережеву систему в межах концепції NGN.

Asterisk — це програмна IP-АТС, розроблена компанією Digium як програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом. Функції Asterisk включають: голосовий зв'язок, конференц-зв'язок, голосову пошту, інтерактивні голосові меню, автоматичне перенаправлення викликів тощо. Програмне забезпечення Asterisk працює на різних програмно-апаратних платформах, що включає такі операційні системи як Linux, FreeBSD, OpenBSD, NetBSD, Solaris. Також є окремий проект для організації IP-АТС на базі Asterisk на операційній системі Windows.

Asterisk може використовуватися як для заміни УВАТС, так і для повноцінної заміни РАТС, оскільки застосовувані в цьому програмному забезпеченні алгоритми добре масштабуються.

Для демонстрації можливостей IP-АТС і перспектив застосування її для організації мультимедійного зв'язку на кафедрі телекомунікаційних систем було організовано демонстраційний стенд на базі однієї з лабораторій кафедри.

Демонстраційний стенд включає:

– сервер Asterisk на базі операційної системи з вільним і відкритим програмним кодом GNU/Linux;

– два програмні SIP-телефони (програмне забезпечення — Phoner Lite) на базі операційної системи Windows;

– один апаратний SIP-телефон фірми Dlink;

– два Ethernet-комутатора фірми Dlink;

– один маршрутизатор Mikrotik.

Структурну схему такої мережі представлено на рис. 1.

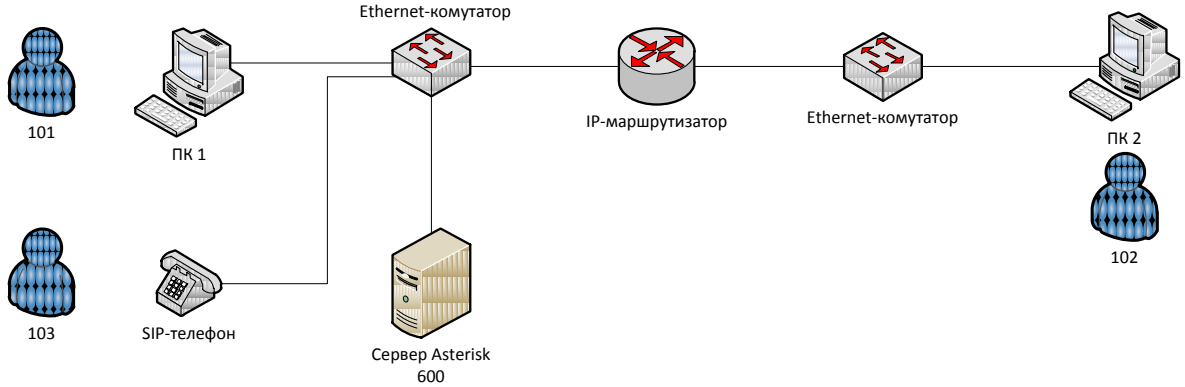


Рис. 1. Схема організації зв'язку демонстраційного стенду на базі IP-АТС Asterisk

Сервер Asterisk побудовано на базі звичайного персонального комп'ютера під керування операційної системи з вільним і відкритим вихідним кодом GNU/Linux, а саме з використанням дистрибутива Ubuntu Server 11.10. Використовувана версія Asterisk — 1.8.4.4.

Користувачам виділено номери 101, 102 і 103 (див. рис. 1), а на сервері налаштовано автовідповідач із тестуванням відлуння для перевірки зв'язку користувачам. Номер автовідповідача 600.

У ході випробувань наведена вище схема продемонструвала достатню якість голосового зв'язку. Однак для впровадження її для обслуговування більшої кількості абонентів потрібно враховувати вимоги до якості обслуговування, тобто, до затримки передавання пакетів, для чого потрібно відповідним чином налаштувати пріоритезацію трафіку на комутаторах, маршрутизаторах, а також на сервері. Для цього потрібно використовувати керовані комутатори L2 з підтримкою QoS.

До переваг такої схеми організації зв'язку відносяться:

1. Інтеграція всіх послуг зв'язку в рамках єдиної IP-мережі, що відповідає концепції NGN.
2. Зручність налаштування потрібних послуг, оскільки відповідні дії виконуються інженером віддалено безпосередньо з його робочого місця.
3. Зручність додавання нових послуг.
4. Простота додавання нових абонентів — оскільки на кожному робочому місці використовується ПК, необхідно лише під'єднати його до корпоративної мережі, налаштувати на ньому програмний SIP-телефон і під'єднати голосову гарнітуру. Також можна обладнати робоче місце апаратним SIP-телефоном, що більш зручно та звично для користувача.
5. Економія коштів під час створення такої системи зв'язку, оскільки використовується програмне забезпечення з вільним і відкритим вихідним кодом.

Схема зв'язку з використанням IP-АТС Asterisk має вказані нижче недоліки:

1. Виникає необхідність модернізації локальної мережі для забезпечення необхідної якості обслуговування (QoS). Це включає використання й відповідне налаштування керованих комутаторів L2, а також маршрутизаторів, які підтримують пріоритезацію трафіку.
2. Виникає необхідність повторного навчання кадрів.
3. Зменшується надійність мережі, оскільки за виходу з ладу сервера зв'язку весь спектр мультимедійних послуг стає недоступним.
4. Виникає необхідність застосування додаткового медіашлюзу для сполучення корпоративної мережі зв'язку з телефонною мережею загального користування.
5. Постають питання організації інформаційної безпеки конвергованої мережі надання мультимедійних послуг.

Отже, використання IP-АТС Asterisk дає змогу реалізувати принципи конвергенції мереж, закладені в концепції NGN, надати користувачам нові послуги, а також збільшити керованість мережі зв'язку. Однак, для реалізації надійного зв'язку з використанням IP-технологій потрібно значну увагу приділити якості обслуговування (QoS), враховуючи те, що транспортна IP-мережа використовуватиметься для передавання різнорідного трафіку, що призводитиме до конфліктів під час його обслуговування.

Література

1. Меггелен Дж., Мадлен Л., Смит Дж. Asterisk: будущее телефонии, 2-е издание. – Пер. с англ. – СПБ: Символ_Плюс, 2009. – 656 с., ил.
2. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации. — М.: Эко-Трендз, 2008.–400 с.
3. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. SOFTSWITCH. – СПб.: БХВ – С-П, 2006. – 368 с.
4. В. Маслаков. Linux на 100%. СПб: Питер, 2009. 336 с., ил.
5. Колисниченко Д. Н. Linux. От новичка к профессионалу. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 784 с.: ил.
6. Evi Nemeth, Garth Snyder, Trent R. Hein, Ben Whaley. Unix and Linux system administration handbook. 4th edition. Boston: Prentice Hall. — 1340 с.

УДК 621.391

ЗНИЖЕННЯ СЛУЖБОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ПРОТОКОЛІ OLSR

Максимов В. В., Полісніченко В.В., Потьомкіна Л.І
Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна
E-mail: potyomkinalyudmila@gmail.com

On the possibility of reducing the overhead in the protocol OLSR

To this scenario we consider optimized Link State Routing Protocol (OLSR) is developed for ad hoc networks, specifically as a proactive protocol, based on the concept of multipoint relaying MPR (MultiPoint Relay). Reducing the upper limit of MPR nodes leads to a corresponding reduction in the service information that is transmitted in TS packets.

Ad Hoc мережі - це безліч бездротових мобільних вузлів зв'язку (станцій, користувачів), що утворюють динамічну автономну мережу за допомогою повністю мобільної інфраструктури. Вузли спілкуються один з одним без втручання централізованих точок доступу або базових станцій, тому кожен вузол діє і як маршрутизатор, і як кінцевий користувач.

Враховуючи, що топологія в таких мережах є надзвичайно динамічною, традиційні протоколи маршрутизації в них не можуть використовуватися. Таким чином, для Ad Hoc мереж ставляться більш жорсткі вимоги з метою здійснення безпеки, стійкості та ефективності їх роботи.

На даний момент існує велика кількість методів і протоколів маршрутизації, основні з яких класифікують таким чином [1]:

1. проактивні (FSR, FSLS, OLSR, TBRPF);
2. реактивні (AODV, DSR);
3. ієрархічні (HSR, CGSR, ZRP);
4. географічні (GeoCast, LAR, DREAM, GPSR).

В даній роботі розглядається оптимізований Link State Routing Protocol (OLSR) розроблений для мереж ad hoc спеціально як проактивний протокол і заснований на понятті багатоточкової ретрансляції MPR (MultiPoint Relay). Кожен вузол мережі m вибирає кілька вузлів з числа своїх сусідів (тобто вузлів, з якими в нього встановлено з'єднання). У результаті в мережі формується набір вузлів MPR (m) таким чином, що всі вузли, що знаходяться в окружності з радіусом 2 кроки від вузла m (сусіди сусідів), мають симетричні канали з MPR (m). Це означає, що вузли MPR пов'язані з усіма вузлами в окружності з радіусом два кроки. MPR обираються кожного разу, коли виявляється зміна в окружності з радіусом 1 або 2. Кожен вузол мережі зберігає свою таблицю маршрутизації, яку формує на підставі інформації про топологію мережі. Вона поширюється по всій мережі за допомогою службових пакетів вибору маршруту Topology Control (TC). Причому тільки MPR-вузли беруть участь у пересиланні TC-пакетів, інші вузли приймають і обробляють такі пакети, але не пересилають їх далі. Для кожного MPR формується список сусідніх вузлів, які обрали його як MPR, - список MPR Selectors (MPRS). Інформація про MPRS передається в спеціальних HELLO-пакетах, які передаються тільки між двома сусідніми вузлами. У мережу в TC-пакетах передається інформація тільки про стан з'єднань між MPR і його MPRS.

Даний механізм дозволяє істотно зменшити число передач службових пакетів у порівнянні з лавинною розсилкою [2]. У протоколі OLSR службові повідомлення містять послідовні номери, які збільшуються в наступних повідомленнях. Таким чином, одержувач контрольного повідомлення може при необхідності з легкістю визначити, яка інформація є більш новою, навіть якщо повідомлення прийшли в зворотному порядку. Зі сказаного випливає, що невірний вибір числа MPR-вузлів може істотно вплинути на кількість переданої службової інформації.

В [3] при визначенні в 2D середнього числа MPR вузлів надано без доведення наступне твердження:

Нехай є дві окружності K_1 і K_2 радіусом 1 і 2 відповідно з центром в точці О. Нехай дві точки А і В знаходяться на колі K_1 і відокремлені кутом (вершина якого знаходиться в центрі кола). Нехай A(θ) - область безлічі точок K_2 таких, що

- точки знаходяться не в K_1;
- точки знаходяться в секторі з центром в точці О, обмеженим А і В;
- точки знаходяться на відстані більше ніж 1 від А і В.

Тоді якщо $\theta \le \frac{2\pi}{3}$, то $A(\theta) = \theta - \sin\theta$. Інакше $A(\theta) = A(\frac{2\pi}{3}) + 3(\theta - \frac{2\pi}{3})$. (1)

Останнє твердження (1) завишає верхню межу кількості MPR вузлів, що веде к збільшенню службової інформації в протоколі OLSR.

Метою даної роботи є показати, що при зазначених вище умовах:

а) якщо $\theta \le \frac{2\pi}{3}$, то $A(\theta) = \theta - \sin\theta$, інакше $A(\theta) = A(\frac{2\pi}{3}) + \frac{3}{2}(\theta - \frac{2\pi}{3})$; (2)

б) доведений результат (2) зменшує верхню межу кількості MPR вузлів.

В [3] наведено теорему щодо верхньої межі кількості MPR вузлів. При цьому в доведенні надані умови отримання верхньої межі, без доказу надано формулу верхньої межі для випадку $\theta \le \frac{2\pi}{3}$, верхня межа для кутів $\theta > \frac{2\pi}{3}$ не розглянута зовсім.

Використовуючи умови отримання верхньої межі [3], було проведено доведення теореми для обох випадків, а саме: коли L фіксовано та N росте, то верхня межа кількості MPR вузлів D_N при $\theta \le \frac{2\pi}{3}$ менше ніж $3\pi(\frac{N}{3L^2})^{\frac{1}{3}}$, а при $\theta > \frac{2\pi}{3}$ менше ніж $3\pi D + 3\pi(\frac{D}{3})^{\frac{1}{3}}(1-\pi D)^{\frac{2}{3}}$, що в 2 рази менше в порівнянні з даними, навеленними в [3]. Зменшення верхньої межі MPR вузлів веде к відповідному зменшенню службової інформації, яка передається в ТС пакетах, що і є головною метою роботи.

В ході роботи було також доведено, що щільність мережі при кутах $\theta > \frac{2\pi}{3}$ менше ніж $D < \frac{1}{2\pi}$, а кількість вузлів не повинна перевищувати $N < \frac{L^2}{\pi}$.

Література

1. В. Вишневский, Д. Лаконцев, А. Сафонов, С. Шпилев. Маршрутизация в широкополосных беспроводных MESH-сетях стандарта 802.11 s. – 2008.
2. Laouti A., Mühlethaler P., Najid A., Plakoo E., Simulation Results of the OLSR Routing Protocol for Wireless Network. – 2002.
3. P. Jacquet, A. Laouiti, P. Minet and L. Viennot, Performance Analysis of OLSR Multipoint Relay Flooding in Two Ad Hoc Wireless Network Models / Research Report-4260, INRIA, September 2001, – RSRCP journal special issue on Mobility and Internet.
4. Максимов В.В., Полісніченко В.В., Потьомкіна Л.І. Розрахунок багато точкових ретрансляторів у протоколі OLSR// Конференція ВІТІ, грудень.– 2012.

УДК 621.391

ОБРАТНЫЙ КОМПОЗИТНЫЙ КОД БАРКЕРА

Максимов В.В., Чуприна Р.С.
НТУУ «КПИ», Институт телекоммуникационных систем
E-mail: cold.war.kid@i.ua

Inverse Composite Barker codes

Methods of forming return composite Barker codes to their possible use in WCDMA networks to synchronize is .

Коды Баркера предназначены для формирования псевдослучайных последовательностей, позволяющих трансформировать одиночный символ источника в широкополосный сигнал, обработка которого на приеме осуществляется согласованным фильтром, а регистрация осуществляется по максимуму корреляционного отклика.

Индикатором корреляционных свойств такой кодовой последовательности является ее автокорреляционная функция (АКФ):

$$R(k) = \frac{1}{m}\sum_{i=0}^{m} c(i)c(i+k) \qquad (1)$$

где m - длина последовательности, $c(i)$ - кодовая последовательность, k - величина сдвига.

Известно, что наилучшими корреляционными характеристиками обладают последовательности Баркера, величина максимального бокового выброса АКФ которых не превышает $\frac{1}{m}$. Недостатком является тот факт, что известных последовательностей Баркера очень мало, и максимальная длина последовательности достигает всего 13 разрядов.[1]

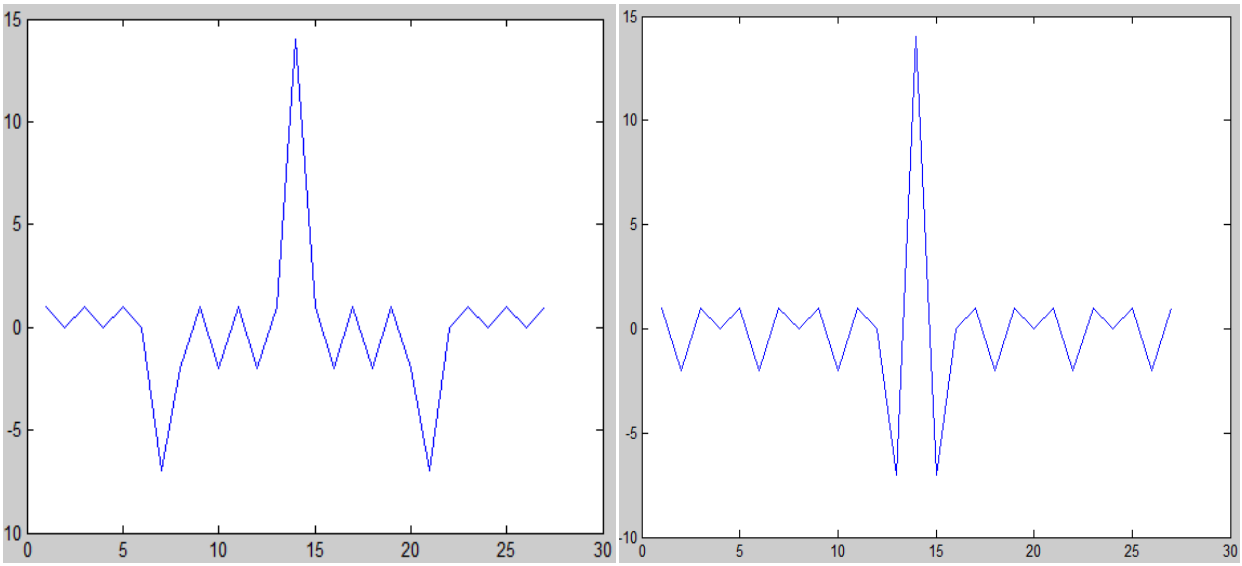
В [2] предложен метод формирования композитных кодов, обладающих корреляционными свойствами, подобными тем, которыми обладает код Баркера, а именно: данный код формируется путем перемножения двух стандартных последовательностей Баркера. Одна из них (короткая), называется образующей, а вторая, более длинная – элементарной. В результате перемножения короткой последовательности на более длинную, получаются последовательности свыше 13 разрядов. Основной выброс АКФ у них равен длине последовательности m, а максимальный боковой выброс в положительную область может иметь разные значения (в зависимости от длины кода) близкие к $\frac{1}{m}$.

Предлагается формировать композитный код Баркера путем изменения места последовательностей, а именно: в качестве образующей выбирать более длинную, а в качестве элементарной – более короткую. Полученные кодовые последовательности назовём *обратными* композитными кодами Баркера. В таблице 1 показано формирование прямого и обратного композитных кодов Баркера длиной 14 разрядов.

Таблица №1. Формирование прямого и обратного композитного кода Баркера длиной 14 знаков.

Последовательность	
C2	-1+1
C7	-1-1-1+1+1-1+1
C2*C7 (прямой)	+1+1+1-1-1+1-1-1-1-1+1+1-1+1
C7*C2 (обратный)	+1-1+1-1+1-1-1+1-1+1+1-1-1+1

Автокорреляционная функция *прямого* и *обратного* композитных кодов Баркера длиной 14 разрядов, изображены на рисунке 1.



а) б)

Рис.1. Автокорреляционная функция прямого (а) и обратного (б) композитного кода Баркера длиной 14 знаков.

Видно, что максимальный боковой выброс в положительную область равен 1. Также как и у прямого композитного кода Баркера C2/C7 автокорреляционная функция *обратного* композитного кода Баркера C7/C2 имеет выбросы в отрицательную область равные 7, но, как показало моделирование, они не создают помех при цифровой фильтрации сигнала и не повышают вероятность ложного срабатывания фильтра.

Для детектирования и извлечения сигнала закодированного с помощью композитного кода Баркера используются КИХ-фильтры. Коэффициенты КИХ-фильтра полностью соответствуют импульсной характеристике этого фильтра, которая является зеркальным отображением принимаемой кодовой последовательности.

При использовании обратного композитного кода Баркера C7*C2, на выходе фильтра получаем сигнал показанный на рис.2.

Данное моделирование проводилось для произвольного режима, без заданного исходного соотношения сигнал-шум.

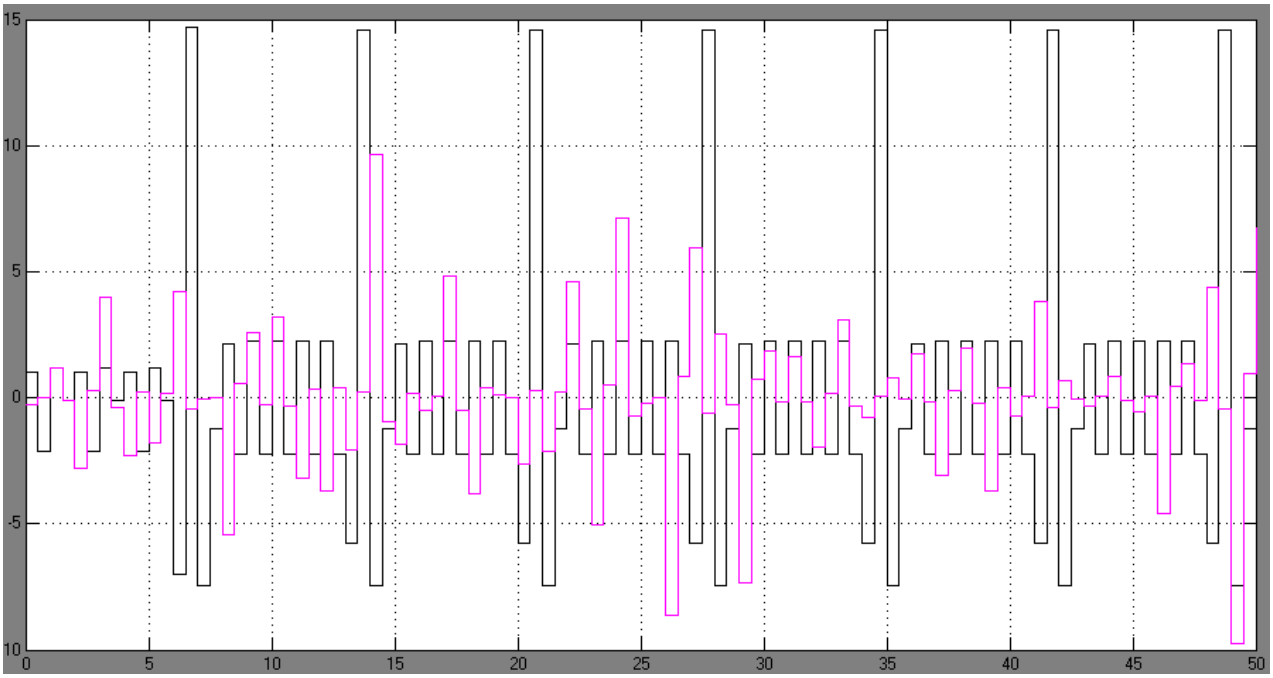


Рис.2. Осциллограмма сигнала и шума на выходе фильтра, при использовании обратного композитного кода Баркера.

Следует отметить, что композитный код Баркера также может быть сформирован путем умножения последовательности Баркера самой на себя, что даёт возможность получать кодовую последовательность длиной до 169 знаков. Как показало моделирование, для композитного кода длиной 169 получен более чем приемлемый результат: максимальный боковой выброс АКФ равен 13, что составляет 7,7% от максимума АКФ.

Таким образом, обратный композитный код Баркера не уступает по своим свойствам прямому композитному коду и позволяет расширить ансамбль кодовых последовательностей, которые обладают уникальными корреляционными свойствами и могут быть использованы для кадровой синхронизации сетей WCDMA. Кроме того, как и в случае с прямыми композитными кодами, возможно каскадное построение обратных композитных кодов, при котором в качестве образующего выбирается длинный канонический код, а в качестве элементарного – обратный композитный код предыдущего уровня.

Литература:

1. Barker, R.H. Group Synchronizing of Binary Digital Sequences. *Communication Theory*. London: Butterworth. – 1953. – pp. 273–287.

2. Банкет В.Л., Токарь М.С. Композитные коды Баркера / Цифрові технології. – №2, 2007 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“Київський політехнічний інститут“

ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
НДІ Телекомунікацій

Четверта студентська науково-технічна конференція

"ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ"

присвячена Дню науки і Всесвітньому дню телекомунікацій

24–27 квітня 2012 року

м. Київ

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

Секція 1. Системи бездротових телекомунікацій

МЕТОД СНИЖЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ ОЦЕНКИ КАНАЛА В СИСТЕМЕ С MIMO-OFDM

Згурский А.С., Кравчук С.А.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
E-mail: oleksii.zghurskyi@gmail.com

Method for reduction computational complexity of channel estimation for MIMO-OFDM

The paper investigates method that simplifies channel impulse response estimation for MIMO-OFDM system, keeping high accuracy performance. Method utilizes Doppler shift to detect change of channel selectivity.

Системы MIMO-OFDM позволяют получить высокую спектральную эффективность и/или надежность передачи сигналов в многолучевых частотно-селективных радиоканалах. Чтобы восстановить переданные сигналы в приемнике необходимо компенсировать влияние радиоканала. С этой целью применяют различные методы оценки [1]. Однако из-за высокой размерности матрицы канала, с ростом точности расчетов растет вычислительная сложность, поэтому необходимо найти метод позволяющий получать желаемую точность при достаточной простоте.

В этом докладе приводятся результаты разработки метода позволяющего адаптировать сложность оценки амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) частотно-селективного канала, сохраняя достаточную точность, за счет адаптации длины импульсной характеристики канала (ИХК).

Рассматриваемая система 2x2 MIMO-OFDM приведена на рис.1. Чтобы сигналы от разных передающих антенн можно было разделить в приемнике, используется пространственно-временное кодирование. Обозначим АЧХ канала между передающей антенной i и приемной антенной j на несущей k для OFDM блока n как $H_{ij}[n,k]$. Тогда принятый сигнал $y_j[n,k]$ в каждой приемной антенне состоит из комбинации сигналов от передающих антенн $x_i[n,k]$. Таким образом, уравнение системы можно записать в следующей форме:

$$y_j[n,k] = \sum_{i=1}^{2} H_{ij}[n,k]x_i[n,k] + w_j[n,k], \qquad j = 1,2 \qquad (1)$$

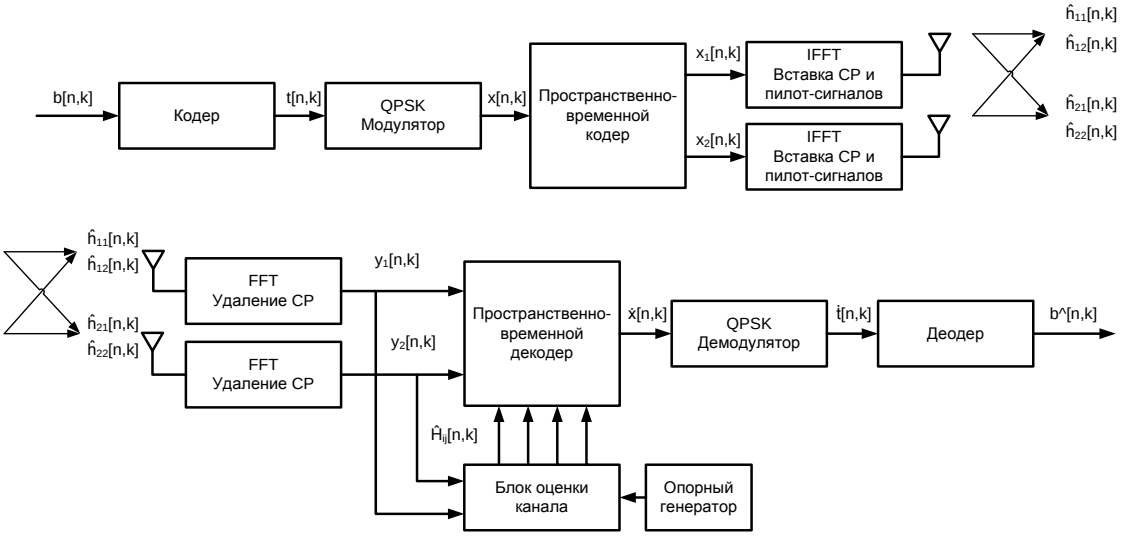


Рис.1. Блок схема 2x2 MIMO-OFDM с пространственно-временным кодированием и блоком оценки канала.

Различают три основных типа размещения пилотных сигналов в частотной и временной области – блочное, комбинированное и решетчатое. В данном исследовании рассматривается блочная структура (см. рис. 2). Чтобы устранить взаимное искажение сигналов от антенн MIMO, при передаче одной антенной, вторая не излучает (и наоборот).

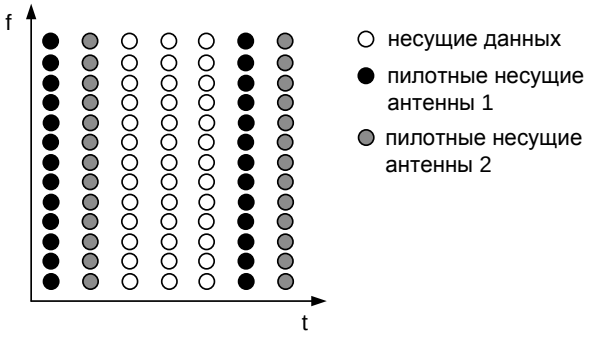


Рис.2. Блочное размещение пилотных сигналов.

Оценку ИХК проводится по уравнению [1,2]:

$$\hat{h}[n] = Q^{-1}[n]\, p[n], \qquad (2)$$

где $\hat{h}[n] = [\hat{h}_1[n] \quad \hat{h}_2[n]]^T$ – вектор оценки канальных коэффициентов, $Q[n] \in \mathbb{C}^{2L\times 2L}$ – вспомогательная матрица оценки ИХК.

Структурная схема блока оценки канала для 2x2 MIMO-OFDM приводится на рис.3.

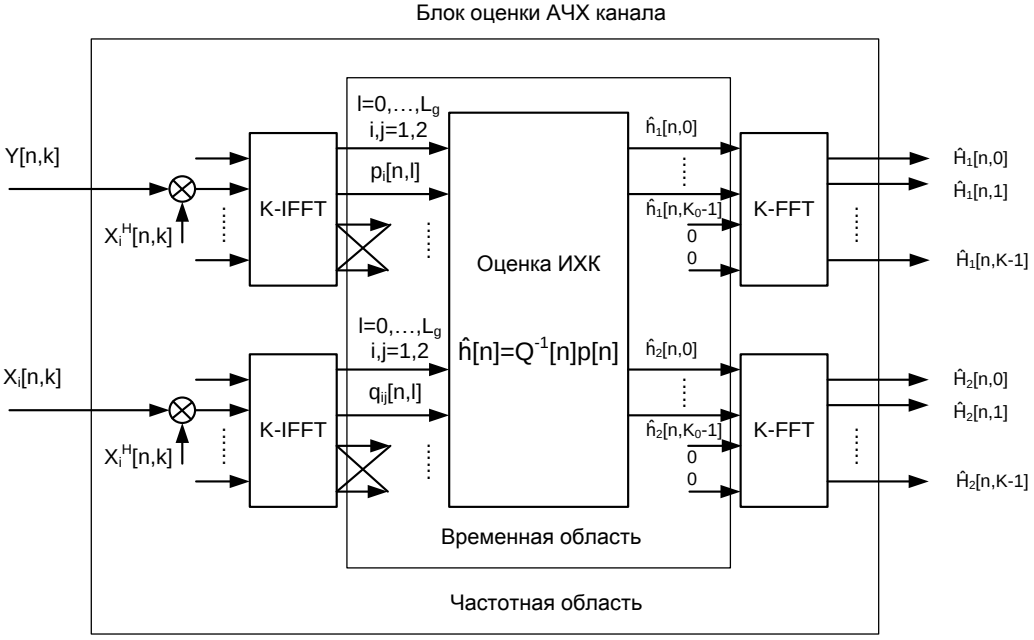


Рис.3. Структурная схема блока оценки канала для 2x2 MIMO-OFDM. Оценка ИХК проводится во временной области, а затем находится АЧХ канала (в частотной области).

Для получения информации о канале необходимо найти обратную матрицу $Q^{-1}[n]$. В случае, когда количество откликов канала L достаточное большое или когда нет предварительных данных об уровне селективности канала, матрица $Q[n]$ имеет высокую размерность, что требует значительных вычислительных расходов для расчета обратной матрицы. Это усложняет блок оценки и увеличивает время оценки.

Однако в большинстве случаев, импульсный отклик канала имеет только несколько существенных значений и это можно использовать для упрощения вычислений при сохранении желаемой точности. Можно определить индекс последнего существенного отклика $0 \le l_1 < l_2 < \cdots < l_g \le L_g - 1$ и привести уравнение (2) к виду:

$$\bar{h}[n] = \bar{Q}^{-1}[n]\, \bar{p}[n], \qquad (3)$$

где $\bar{h}[n] = [\bar{h}_1[n] \quad \bar{h}_2[n]]^T$ – вектор оценки канальных коэффициентов с ограниченной длинной, $\bar{Q}[n] \in \mathbb{C}^{2L_g \times 2L_g}$ – вспомогательная матрица оценки ИХК.

Поскольку полученный вектор $\bar{h}_i[n]$ содержит коэффициенты канала для L_g наиболее существенных откликов, оценку импульсного отклика канала можно получить, выбрав полученные оценки и установив в ноль $(L - L_g)$ несущественных компонент. Тогда амплитудно-частотная характеристика канала рассчитывается по формуле:

$$\bar{H}_i[n,k] = \sum_{s=1}^{g} \bar{h}_i[n, L_s] e^{-j2\pi k L_s / K}$$

Выбор числа наиболее существенных откликов L_g зависит от радиоканала(уровня многолучевости), желаемой точности и вычислительной сложности. Однако выбор L_g на уровне 6 откликов для канала с числом лучей порядка 20 приводит к росту ошибки расчетов, и наоборот выбор $L_g \sim 20$ для канала с L_g ~6 приведет к увеличению вычислительной сложности и росту уровня шумов.

Идея предлагаемого метода состоит в адаптивном выборе длины ИХК, которая рассчитывается в блоке оценки ИХК (рис.3) в зависимости от уровня доплеровского сдвига частоты (см.рис.4,5).

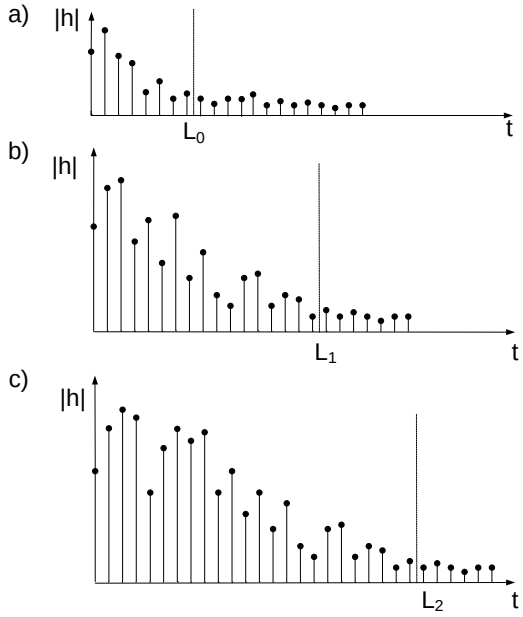


Рис.4. ИХК для разных типов канал:
a) канал с низкой селективностью(L_0~6)
b) канал со средней селективностью(L_1~10)
c) канал с высокой селективностью(L_2~ 20)

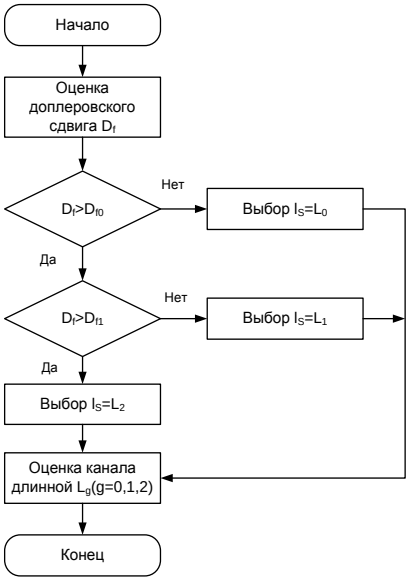


Рис.5. Алгоритм адаптации к изменению длины ИХК.

С ростом частотной селективности растет доплеровский сдвиг частоты. Как показано на рис.4, частотно-селективные радиоканалы могут иметь различную длину ИХК во временном представлении. Таким образом, вычислив доплеровский сдвиг частоты и сравнив его с пороговыми значениями, можно адаптивно изменять длину ИХК, что напрямую влияет на размерность матрицы $\bar{Q}[n] \in \mathbb{C}^{2L_g \times 2L_g}$ и в конечном итоге позволяет адаптивно изменять сложность оценки. На рис. 5 приводится алгоритм адаптивного изменения размерности расчета.

Литература:

1. *Ozdemir M & Arslan H*, Channel estimation for wireless OFDM systems. IEEE Communications Surveys & Tutorials 9(2): pp. 18–48, 2007.

2. *Y. Li*, “Simplified Channel Estimation for OFDM Systems with Multiple Transmit Antennas,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 1, No. 1, pp. 67-75, January 2002.

УДК 621.391

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ДЖЕРЕЛА РАДІОВИПРОМІНЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ШИРОКОСМУГОВОГО РАДІОПЕЛЕНГАТОРА

Охріменко Я.Ю., Авдєєнко Г.Л., Якорнов Є.А.
НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем
E-mail: jaohrimenko@gmail.com

В доповіді запропонований новий підхід цифрової обробки гармонійних сигналів в широкосмуговому радіопеленгаторі з метою покращення точності пеленгації і усунення помилок визначення пеленгу джерел випромінювання.

В даний час все більшого поширення набувають широкосмугові системи радіозв'язку. Це як системи з вузькосмуговим сигналом з псевдовипадковим переналаштуванням радіочастоти (ППРЧ) в широкому діапазоні частот, так і системи, які використовують сигнал з розширеним спектром (ширина смуги такого сигналу досягає десятків МГц, наприклад Wi-Fi стандарту IEEE 802.11b, де смуга частот за рівнем -30 дБ складає 22 МГц). Для санкціонованого і ліцензованого використання частотного ресурсу під такі системи іноді потрібен ретельний контроль і радіомоніторинг. У зв'язку з цим відповідним чином посилюються вимоги до засобів радіопеленгації. До найбільш важливих характеристик радіопеленгаторів відносяться:

- вид пеленгуємого сигналу;
- діапазон робочих частот;
- точність пеленгування;
- чутливість;
- завадостійкість;
- швидкодія;
- роздільна здатність.

Проблемою існуючих пеленгаторів є неможливість досягнення належного рівня вище перерахованих характеристик через багатопроміневість широкосмугових сигналів, які в наш час стають все більш поширеними і актуальними.

Основним недоліком пеленгаторів [1(с.300, 301), 2(с.150), 3] є помилки виміру пеленга, зв'язані: 1) з відхиленням номіналу несучої частоти джерела радіовипромінювання (ДРВ) від середнього значення; 2) дрейфом характеристик фазообертачів, атенюаторів і пеленгаційної характеристики (ПХ) у вигляді тангенсоїди під впливом власних шумів приймача або зовнішнього середовища. Останній недолік полягає в наступному: 1) через непарність функції тангенса при знаходженні ДРВ на нульовому пеленгу рівень ПХ на виході ФРП дорівнює нулю, що призводить до невизначеності при виявленні ДРВ; 2) в пограничній області чисельне значення знаменника ПХ наближується до нуля, що призводить до виникнення значних помилок вимірювання пеленга при додаванні до знаменника навіть шумів малого рівня.

Для вирішення цієї задачі потрібні нові міркування і методи удосконалення технічних реалізацій існуючих радіопеленгаторів. Актуальністю є визначення пеленга джерела випромінювання в широкому діапазоні радіочастот, а також виключення помилок при вимірюваннях шляхом удосконалення алгоритмів обробки сигналів.

В [4] зображена структурна схема широкосмугового радіопеленгатора (ФРП), який працює наступним чином. При дії фронту ЕМХ на виходах трьох антен утворюються сигнали, які фільтруються та підсилюються приймачами, перетворюються за допомогою блока демодуляції в напругу, що несе інформацію про пеленг (α) і поступають після АЦП в цифровому вигляді в мікропроцесор. Важливою особливістю блока демодуляції є те, що його суматори виконані на основі мостів Ланге. Даний тип суматорів є одним з

найпоширеніших і широко використовується при виробництві широкосмугових підсилювачів потужності. Це обумовлено компактністю і дуже високим ступенем придушення відбитих сигналів. Саме завдяки їхній широкосмуговості можливо здійснювати необхідну обробку сигналів в широкій смузі частот.

З метою усунення вище приведених недоліків в мікропроцесорі на першому етапі на відміну від вже відомих ФРП введена обов'язкова процедура перевірки частоти сигналів, що приймаються, за допомогою частотоміра блока демодуляції, яка враховується як $\lambda_{ВИМ}$ при визначенні пеленгу.

На другому етапі метод обробки в мікропроцесорі радіопеленгатора виконується на основі напруг на виходах демодулятора реалізується алгоритм визначення пеленга за косинусною та синусною пеленгаційноїю характеристиками (ПХ).

$$F_1(\alpha) = \cos\left[\frac{\beta}{4}\Delta b \sin\alpha\right] = \cos\left[\frac{\pi\Delta b}{2\lambda_{ВИМ}}\sin\alpha\right], \quad (1)$$

$$F_2(\alpha) = \sin\left[\frac{\beta}{4}\Delta b \sin\alpha\right] = \sin\left[\frac{\pi\Delta b}{2\lambda_{ВИМ}}\sin\alpha\right], \quad (2)$$

де $\beta = 2\pi/\lambda$ – коефіцієнт фази, $\Delta b = b_1 - b_2$ - різниця довжин баз, де база – відстань між антенами приймача.

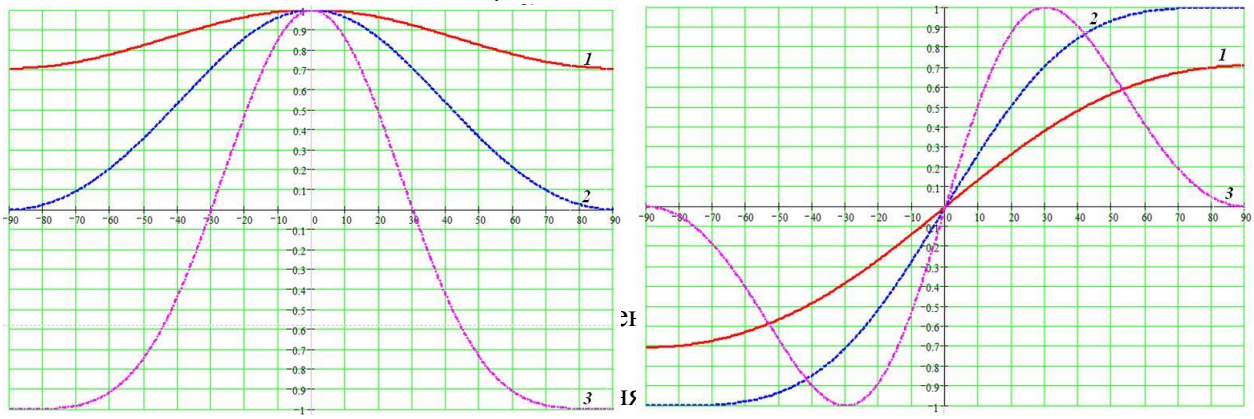
Наприклад, при $\Delta b = \lambda/2$ ПХ (1) − (2) можна записати у вигляді

$$F_1(\alpha) = \cos\left[\frac{\pi(b_1 - b_2)}{2\lambda_{ВИМ}}\sin\alpha\right] = \cos\left[\frac{(\Delta\varphi_{12} - \Delta\varphi_{23})}{4}\right], \quad (1.a)$$

$$F_2(\alpha) = \sin\left[\frac{\pi(b_1 - b_2)}{2\lambda_{ВИМ}}\sin\alpha\right] = \sin\left[\frac{(\Delta\varphi_{12} - \Delta\varphi_{23})}{4}\right], \quad (2.a)$$

де $\Delta\varphi_{12} = \beta b_1 \sin\alpha$ – фазовий зсув між першою та другою антенами приймача, а $\Delta\varphi_{23} = \beta b_2 \sin\alpha$ – фазовий зсув між другою та третьою антенами ФРП.

Вигляд ПХ $F_1(\alpha)$ та $F_2(\alpha)$ згідно виразів (1) і (2) в залежності від Δb для середньої частоти робочого діапазону ФРП приведений на рис. 1, де крива 1 – при $\Delta b = \lambda/2$, крива 2 – при $\Delta b = \lambda$, крива 3 – при $\Delta b = 2\lambda$, яки дозволяють обрати різницю довжин баз при



соких

- усунути недоліки сучасних існуючих пеленгаторів (які вказані у тексті роботі).
- покращити основні робочі характеристики пристрою, що дозволяє виконувати краще пеленгування джерел випромінювання.
- виявляти джерела випромінювання радіозавад і визначати місця розташування цих джерел на місцевості.
- визначати рівень зайнятості каналів і смуг радіочастот.

Запропонований метод може бути впроваджений у військовій галузі та радіолокації, в системах спеціального призначення, в громадських цілях для сканування та контролю радіочастотного ресурсу.

Дана ідея запатентована патентом на корисну модель № 64705 Українським Інститутом Промислової Власності (УкрПатент)

Перелік посилань

1. Теоретические основы радиолокации. Под ред. Ширмана Я.Д. Учеб. пособие для вузов.- М.:Сов. Радио, 1970.
2. Справочник по радиолокации. Под. ред. М. Сколника.- М.: Сов. радио, 1978.
3. Патент № 2138061 (Россия) Фазовый радиопеленгатор. М. кл. G 01 S 3/48, //Беспалов Е.С., Кургин В.В. Открытия, патенты, НИИПИ, 1999, №26.
4. Патент на корисну модель № 64705 (Україна) Широкосмуговий фазовий радіопеленгатор, Авдєєнко Г.Л., Ільченко М.Ю., Ліпчевська І.Л., Охріменко Я.Ю., Якорнов Є.А., УкрПатент 2011 р, бюл. № 21

УДК 621.396

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛІПТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ БАГАТОПРОМЕНЕВОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОХВИЛЬВ СИСТЕМАХ СТІЛЬНИКОВОГО РАДІОЗВ`ЯЗКУ

Василенко-Шереметьєв Г.М.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: g.vasilenko@ukr.net

Elliptical model application for multipath propagation analysis in mobile communications

This work presents an application of an elliptical model in mobile communications channel. All critical parameters of the model were calculated, probability density functions of angle-of-arrival and time-of-arrival were illustrated.

За останні декілька десятиліть системи радіозв'язку зазнали значного розвитку. Вимоги, котрим мають відповідати сучасні телекомунікаційні системи, стають все більш жорсткими. Під час розповсюдження по каналу радіозв'язку в напрямку від базової станції (БС) до мобільної станції (МС) або навпаки, сигнал зазнає спотворень, викликаних середовищем розповсюдження, що включає наступні фізичні об'єкти: будівлі, пагорби, вулиці, дерева, автомобілі тощо. Всі вони собою утворюють перешкоди на шляху сигналу, і внаслідок відбивання сигналу від них виникає явище багатопроменевого розповсюдження радіохвиль (РРХ).

В системах радіозв'язку багатопроменеве РРХ може призводити або до суттєвого погіршення роботи системи, викликаючи швидкі завмирання в вузькосмугових системах або ж призводить до виникнення міжсимвольної інтерференції в широкосмугових системах, яка в залежності від структури сигналу може мати негативний або позитивний фактор (наприклад, безпроводові телекомунікаційні системи з технологіями MIMO та OFDM).

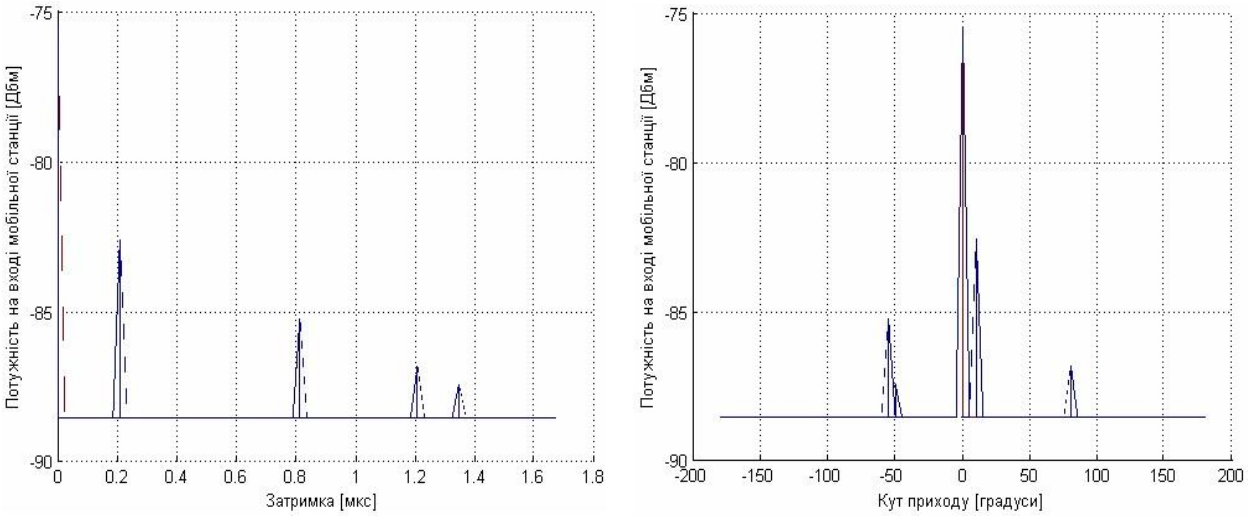
Відомо [1], що для зменшення негативного впливу багатопроменевого РРХ без зміни структури сигналу можуть бути використані направлені антени на одному або на обох кінцях радіолінії. В системах, що використовують просторову фільтрацію сигналів за допомогою решітки фіксованих спрямованих антен, або іншими словами адаптивних антенних решіток, важливу роль у визначенні ефективності системи грає кутовий розподіл отриманих на вході приймача багатопроменевих компонент, що впливає на ступінь взаємної кореляції сигналів між собою в різних антенних елементах. Розподіл напрямку прийому багатопроменевих компонент може бути отриманий з даних вимірювань або, можливо, зі специфічних технік прогнозування поширення радіохвиль на БС. Однак часто при моделюванні та аналізі цих систем, цей тип даних недоступний. В даній роботі представлена симуляція статистичної моделі каналу багатопроменевого РРХ, котра може бути використана для характеризування кута приходу багатопроменевих компонент з метою вибору методів подальшої боротьби з ними.

У випадку відсутності апріорної інформації про напрямки надходження багатопроменевих компонент на БС, зазвичай приймається, що азимутальний кут їх приходу рівномірно розподілений на проміжку $[0; 2\pi]$. Ця модель також використовується для характеризування кута приходу багатопроменевих компонент на МС, коли найбільш впливові відбивачі знаходяться поруч з мобільною станцією, що може мати місце у системах, що працюють у пригородах, де застосовуються макросоти, коли базова станція є набагато вищою за навколишню місцевість [2]. У випадку міст, де застосовуються мікросоти та висота антени БС є досить низькою, геометрія даної системи не підтримує той факт, що найбільш впливові відбивачі згруповані на одному кінці лінії [3]. В даному типі каналів справедливо очікувати, що багатопроменеві компоненти надходять з невеликим перевищенням затримки в порівнянні з сигналом, який приходить першим, який як правило зосереджений в куті близькому до лінії прямої видимості.

Модель Geometrically Based Single Bounce Elliptical Model була обрана для симуляції роботи системи мобільного зв'язку в умовах багатопроменевого РРХ в місті, тобто в мікросотах. В цьому випадку відбивачі рівномірно розподілені всередині еліпсу, в фокусах котрого знаходяться БС та МС. Припускається, що між БС та МС завжди існує лінія прямої видимості, тобто розподіл рівнів прийнятого сигналу відповідає закону Релея-Райса. Одноразове відбиття багатопроменевої компоненти від відбивача є домінуючим способом поширення і всі багатопроменеві компоненти приходять з горизонту. В даній симуляції розглядається лише напрямок від БС до МС [4], тобто лінія «униз».

Для симуляції даної моделі прийнято, що всередині еліпсу рівномірно розподілені чотири відбивача, для них були обчислені критичні параметри такі, як час приходу, час затримки, кут прибуття, рівень сигналу. Було прийнято, що відстань між БС та МС становить $d = 1$ км і беруться до уваги лише багатопроменеві компоненти, час прибуття яких складає не більше ніж $t_m = 5$ мікросекунд. Відповідно найбільша затримка сигналу, при якій багатопроменева компонента буде братись до уваги може становити $\tau_m = 1.667$ мікросекунд. Потужність передавача становила $P_t = 46$ дБм, коефіцієнти підсилення антен БС та МС відповідно становили $G_t = 8$ і $G_r = 2$ Дб, показник втрат на трасі зазвичай вибирається для мікросот між 3 та 4 і тому був прийнятий $n = 4$, загасання викликане відбиттям від відбивача було вибране $L_r = 6$ Дб та несуча частота сигналу $f = 900$ МГц.

Відповідно до отриманих даних симуляції були побудовані профілі залежності потужності вхідного сигналу від його часу затримки та кута приходу на МС (рис.1). З яких можна зробити висновок, що найбільше значення потужності на вході МС має сигнал, у якого найменший кут прибуття та відповідно час прибуття.



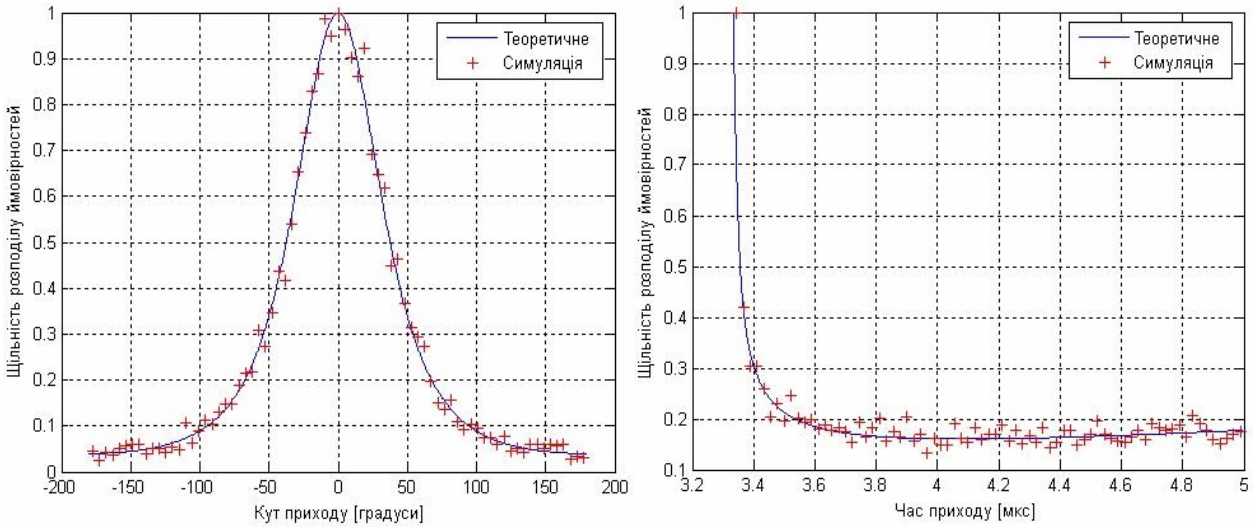
а) б)

Рис. 1 – Профілі потужності чотирьох багатопроменевих компонент радіосигналу на лінії БС-МС в часі (а) і просторі (б)

Для порівняння функцій щільності розподілу ймовірностей від часу приходу сигналу та кута приходу з теоретичними, було згенеровано 1000 відбивачів, рівномірно розподілених в еліпсі, таким чином існує 1001 компонента разом з сигналом, що передається по лінії прямої видимості. Побудовані функції щільності розподілу ймовірності зображені на рис. 2. Графіки функції щільності розподілу ймовірності були побудовані за допомогою формули (1), де r – нормалізоване значення затримки багатопроменевої компоненти; φ - кут приходу багатопроменевої компоненти на приймач МС.

$$f_{\varphi,r}(\varphi, r) = \frac{2(r^2-1)(r^2-2r\cos\varphi+1)}{\pi\beta(r-\cos\varphi)^3} \quad \begin{cases} -\pi \le \varphi \le \pi \\ 1 \le r \le r_m \end{cases} \qquad (1)$$

В даній доповіді була розглянута можливість застосування Geometrically Based Single Bounce Elliptical Model для випадку аналізу багатопроменевих компонент мережі GSM-900. Також у роботі представлена критична область відбивачів. На основі аналізу отриманих кутів приходу та часу приходу багатопроменевих компонент, можливо виконати оцінку можливості застосування технології Smart-антен [5] для боротьби з негативним явищем багатопроменевого PPX, вибору оптимального режиму роботи Smart-антени на БС. У випадках коли кутовий розкид напрямків приходу багатопроменевих компонент великий, то працювати в режимі формування вузького спрямованого променя діаграми спрямованості (ДС) Smart-антені не вигідно, оскільки електромагнітне поле на її розкриві буде декорельованим і промінь не буде сформований. В даному випадку більш доцільно застосовувати рознесений прийом на декілька антен з подальшим комбінуванням або оптимальним складанням, при незмінній часовій структурі сигналу, або переключитися в режим OFDM, у випадку підтримки його оператором мобільного зв'язку. При малому значенні кутового розкиду напрямків приходу багатопроменевих компонент, а саме близько п'яти градусів і менше, перевага надається роботі Smart-антени у режимі формування вузького променя ДС.



а) б)

Рис. 2 – Щільність розподілу ймовірностей кутових напрямків приходу багатопроменевих компонент в просторі (а) і часі (б)

Література

1. J.C. Liberti and T.S. Rappaport, "An Analysis of CDMA Cellular Radio Systems Employing Adaptive Antennas,'' IEEE Veh.Tech. Con$, Atlanta, GA, 1996.

2. P. Petrus, J. H. Reed and T. S. Rappaport, Geometrical-Based Statistical Macrocell Channel Model for Mobile Environments, IEEE Trans. Commun. 50, pp. 495–502 (2002).

3. A. F. Molisch, A generic model for MIMO wireless propagation channels in macro- and microcells, IEEE Trans. Signal Process. 52, pp. 61-71 (2004).

4. R. B. Ertel and J. H. Reed, Angle and time of arrival statistics for circular and elliptical scattering models, IEEE J. Select. Areas Commun.17, pp. 1829-1840 (1999).

5. Fakoukakis, F. E., S. G. Diamantis, A. P. Orfanides, and G. A. Kyriacou, "Development of an adaptive and a switched beam smart antenna system for wireless communications,"J. Of Electromagn. Waves and Appl., Vol. 20, No. 3, 399–408, 2006.

УДК 519.816

МОДЕЛЬ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ДОСТУПА

Подобанская А.И.
Одесская государственная академия холода
E-mail: ann-17@mail.ru

The model of multicriterion selection of access technology

The given work presents a mathematical model, that is used in the selection of access network technologies. The multicriterion model is based on the method of ideal point.

Проблема выбора технологий всегда была непростой задачей для разработчиков и актуальность ее не теряется со временем, а приобретает новые очертания. Некоторое время назад актуальной была задача передачи данных по сетям, созданным для передачи голоса. В настоящее время технологий сетей доступа (СД) появилось предостаточно, и перед любым оператором связи стоит задача выбора технологии, оптимально решающей задачу доставки любого вида трафика своим абонентам. Естественно, универсального решения этой задачи не существует, у каждой технологии есть своя область применения, свои достоинства и недостатки. На выбор того или иного технологического решения влияет множество факторов, в том числе:

- стратегия оператора, целевая аудитория, предлагаемые в настоящее время и планируемые к предоставлению услуги,
- размер инвестиций в развитие сети и срок их окупаемости,
- уже имеющаяся сетевая инфраструктура, ресурсы для ее поддержания в работоспособном состоянии,
- время, необходимое для запуска сети и начала оказания услуг,
- прочие факторы.

У каждого из этих факторов есть свой вес, и решение принимается с учетом всей их совокупности. Однако в сегодняшних условиях на первый план выходят пропускная способность и экономические факторы. Поэтому актуально создание и использование простой и эффективной модели, позволяющей быстро оценить все требуемые параметры и выбрать оптимальную технологию.

Данная модель основана на многокритериальном методе идеальной точки. Этот метод не использует вспомогательную информацию от лица, принимающего решение (ЛПР) о превосходстве на множестве критериев. Критерии представлены в виде числовых функций параметров той или иной технологии. В данном случае делается предположение о наличии так называемого "оптимального" решения задачи многокритериальной оптимизации, которое может быть найдено путем преобразования многокритериальной задачи в соответствующую скаляризованую (однокритериальну) задачу. Предложенная модель выглядит следующим образом:

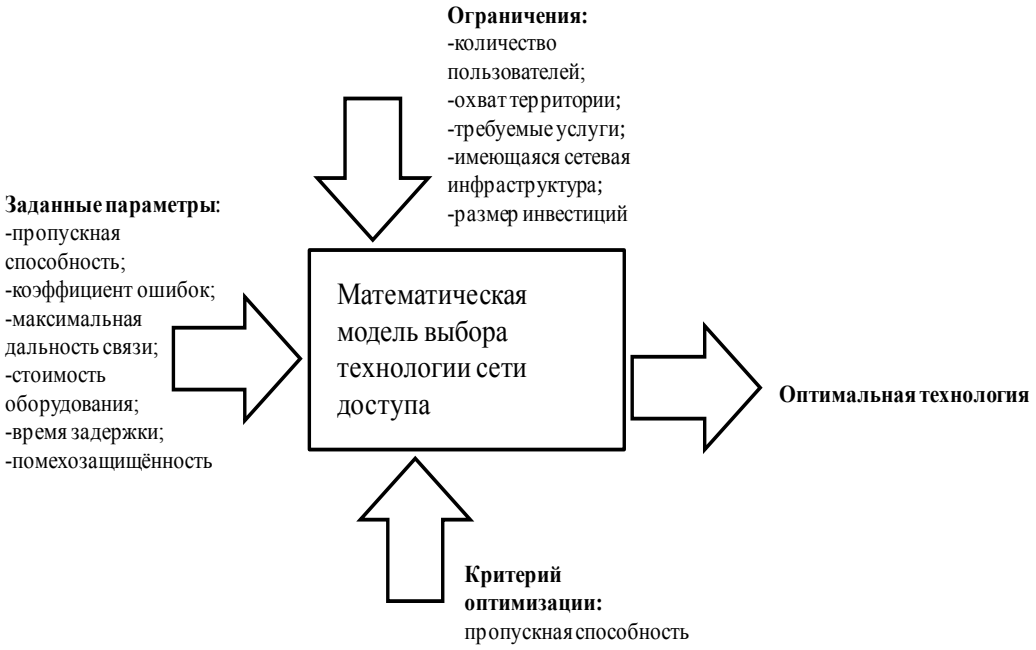


Рис. 1 Модель многокритериального выбора технологии доступа

Математическая формулировка поставленной задачи имеет следующий вид $f(x)\to\max, x\in X,$ где X - множество альтернатив из пространства E^n, т. е. множество технологий, из которых следует сделать выбор; $f(x)=(f_i(x))_{i\in M}$ - вектор критериев, в данном случае входящие параметры, $f: X\to E^m$. Множество альтернатив X выделяется из множества $D\subseteq E^n$ с помощью ограничений, которые зачастую представляются в виде неравенств:

$$X=\left\{x\in D \middle| g_1(x)\geq 0, g_2(x)\geq 0, \ldots, g_k(x)\geq 0\right\} \quad (1),$$

где $g_i(x), j=1,2,\ldots,k,$ - числовые функции на D.

При выборе оптимальной технологии, ограничения, представленные на модели, помогают отсеять явно худшие технологии.

Правило выбора заключается в нахождении альтернативы, которая имеет оценку, являющуюся ближайшей к идеальной точке $a=(a_1,\ldots,a_m)\in R_s^m$, $a_i=\max\limits_{y\in Y} y_i,\ i\in M$ в некоторой метрике.

Значение показателя метрики s выбирается в зависимости от предметной области. На практике в основном используется значение $s=1,2,\infty.$

Учитывая тот факт, что параметры различных технологий приведены разными физическими размерностями, то для них Евклидовая метрика будет являться содержательной, поэтому расчет минимального расстояния производится по формуле: $\min\limits_{x\in X}\sum\limits_{i\in M}(f_i(x)\ \ a_i)^2$.

Литература

1. *Волошин А.Ф.* Модели и методы принятия решений / А.Ф. Волошин, С.А. Мащенко // Учебное пособие. - Издательский полиграфический центр «Киевский университет». - Киев. - 2010. - 336 с.

2. *Гайворонская Г.С.* Структура и функции сетей доступа пользователей / Г.С. Гайворонская // Учебное пособие. - Издательский центр ОГАХ. - Одесса. - 2008. - 66 с.

УДК 627.214

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПРИ МЯГКОМ ХЭНДОВЕРЕ

Деменчук В.В
Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»
E-mail: DemchikS@ukr.net

Bounds on the Capacity of the Soft Handover Channel

In this paper, we introduce the model for a Gaussian soft handover channel (SHC) and investigate an achievable region for its capacity.

Исследование пропускной способности беспроводных сетей является областью с богатой историей и множество научных исследований было проделано в данном направлении. Однако в целом проблема остаётся нерешённой до конца, значительные результаты были получены только для частных случаев: для канала с множественным доступом (MAC) и интерференционного канала (IC).

Область пропускной способности интерференционного канала исследована полностью только для случая со *строгим* и *очень строгим* каналом, однако не исследована до конца для Гауссовского канала.

В работе представлена модель Гауссовского канала в режиме мягкого хэндовера (SHC), которую можно рассматривать как модификацию интерференционного канала (IC).Главным отличием между SHC и IC является то, что в случае SHC нет выделенного приёмника для каждого пользователя. Передаваемые сигналы, могут поступать на различные приёмники и каждый из этих сигналов может быть декодирован на любом приёмнике или комбинации приёмников, однако сигналы от различных приёмников не могут быть обьединены для общего декодирования. Также возможен вариант, когда одна часть сообщения, будет расшифрована на приёмнике 1, а другая часть – на приёмнике 2, после чего приёмники перенаправляют декодированную информацию к серверу (рис1), преимуществом данной схемы является минимальная координация сообщений между приёмниками.

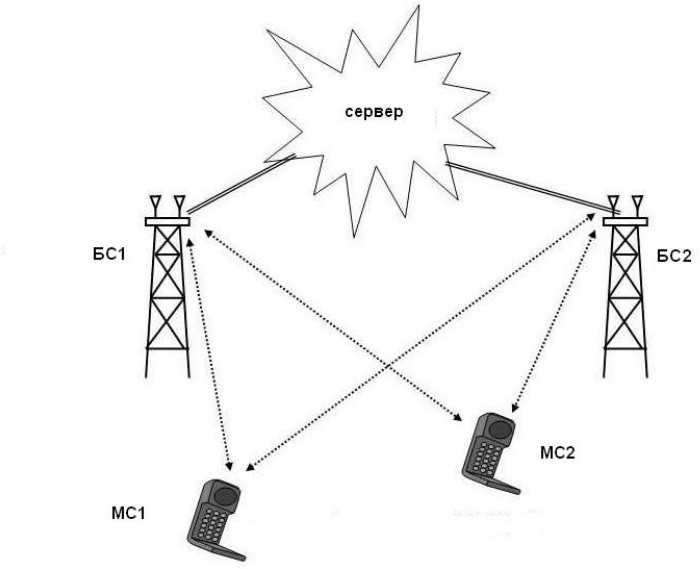


Рис1. Схема канала при мягком хэндовере.

Модель SHC встречается во многих сценариях, одним из примеров, является система сотовой связи, когда абонент получает сигналы с разным усилением от более чем одной базовой станции. Однако, как правило, данные декодируются отдельно на каждой базовой станции, и только в случае успешной проверки на избыточность циклического кода (CRC), декодируемый сигнал будет использоваться.

В данной работе предлагается метод оценки достижимой области SHC для двух пользователей, передающих сигналы X_1 и X_2 соответственно:

$$Y_1 = h_{11} \cdot X_1 + h_{21} \cdot X_2 + Z_1, \quad (1)$$

$$Y_2 = h_{12} \cdot X_1 + h_{22} \cdot X_2 + Z_2, \quad (2)$$

Достижимая область SHC является результатом обьединения интерференционного канала с каналом множественного доступа, для которых справедливо:

$$R_{MAC}\left(1, C_{21}, P_1, P_2\right) \quad (3)$$

$$R_{MAC}\left(C_{12}, 1, P_1, P_2\right) \quad (4)$$

$$R_{IC}\left(C_{21}, C_{12}, P_1, P_2\right) \quad (5)$$

$$R_{IC}\left(1/C_{21}, 1/C_{12}, C_{12}{}^2 P_1, C^2{}_{21} P_2\right) \quad (6)$$

Интерес вызывает случай, когда пользователь 1 декодируется сигналом Y_2, а пользователь 2 сигналом Y_1, в этом случае эффективным каналом всё по-прежнему является SHC с матрицей усиления $C^1 = \begin{bmatrix} C_{12} & 1 \\ 1 & C_{21} \end{bmatrix}$, преобразуя данную матрицу усиления в стандартный вид, получим эквивалентный IC с матрицей усиления:

$$C^1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/C_{21} \\ 1/C_{12} & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Учитывая новые параметры мощности $\hat{P}_1 = C^2{}_{12} \cdot P_1$ и $\hat{P}_2 = C^2{}_{21} \cdot P_2$, исследуемая область SHC примет вид:

$$D = co \cup_{\alpha,\beta,\gamma \in [0,1]} \left\{\left(R_1, R_2\right)\right\} \quad (8)$$

$$R_1 \le \lambda \log\left(1 + \frac{\alpha \cdot P1}{\lambda}\right) + \hat{\lambda} \log\left(1 + \frac{C^2{}_{12} \cdot \lambda \cdot \hat{P}_1}{\lambda + \beta \cdot P_2}\right), \quad (9)$$

$$R_2 \le \hat{\lambda} \log\left(1 + \frac{\beta \cdot P2}{\lambda}\right) + \lambda \log\left(1 + \frac{C^2{}_{21} \cdot \beta \cdot P_2}{\lambda + \varepsilon \cdot P_1}\right), \quad (10)$$

На основании полученной области SHC проводится оценка достижимых скоростей, используя схемы передачи FDMA и TDMA, благодаря которым соотношения скоростей упрощаются до вида:

$$R_1 \le \max\{0.5\log\left(1+\frac{P1}{\lambda}\right),0.5\alpha\log\left(1+\frac{C^2{}_{12}\cdot P_1}{\alpha}\right)\} = 0.5\alpha\log\left(1+\frac{P_1\max\{1,C^2{}_{12}\}}{\alpha}\right), \tag{11}$$

$$R_2 \le \max\{0.5(1-\alpha)\log\left(1+\frac{P2}{1-\alpha}\right),0.5(1-\alpha)\log\left(1+\frac{C^2{}_{21}\cdot P_2}{1-\alpha}\right)\} = 0.5(1-\alpha)\log\left(1+\frac{P_1\max\{1,C^2{}_{21}\}}{\alpha}\right), \tag{12}$$

Как видно, область FDM получена путём декодирования каждого пользователя на приёмнике, для которых сигнал получен с наибольшим отношением SNR. Легко показать, что максимальная суммарная скорость между двумя пользователями, используемая в FDMA, достигается за счет распределения общей пропускной способности прапорционально принятым мощностям. Следовательно, скорости передачи $\hat{R}_{1,FDMA}$ и $\hat{R}_{2,FDMA}$,которые максимизируют сумму скоростей равны:

$$\hat{R}_{1,FDMA} = \frac{P_1\cdot x1}{2(P_1\cdot x1+P_2\cdot x2)}\log(1+P_1\cdot x1+P_2\cdot x2), \tag{13}$$

$$\hat{R}_{2,FDMA} = \frac{P_2\cdot x2}{2(P_1\cdot x1+P_2\cdot x2)}\log(1+P_1\cdot x1+P_2\cdot x2), \tag{14}$$

Таким образом была получена модель SHC в режиме мягкого хэндовера, и дана оценка его области пропускной способности. Данные результаты могут быть применены к произвольному числу пользователей и приёмников.

Литература:

1. I. Emre Telatar, “Capacity of multi-antenna Gaussian channels,” *Technical Report, AT&T Bell Labs*, 1995.
2. H. Weingarten, Y. Steinberg, and S. Shamai, “The capacity region of the Gaussian MIMO broadcast channel,” *IEEE Trans. on Information Theory*, vol. 52, no. 9, pp. 3936–3964, September 2006.
3. Gerhard Kramer, “Outer bounds on the capacity of Gaussian interference channels,” *IEEE Trans. on Information Theory*, vol. 50, no. 3, pp. 581–586, March 2004.
4. Igal Sason, “On achievable rate regions for the Gaussian interference channel,” *IEEE Trans. on Information Theory*, vol. 50, no. 6, pp. 1345–1356, June 2004.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ХЭНДОВЕРА

Чечуга Е.М.

Институт телекоммуникационных сетей НТУУ «КПИ»
Студент группы ЗТИ-61м
E-mail: Toxichrizz@Gmail.com

Multiservice Vertical Handoff Decision Algorithms

В будущем беспроводные сети должны быть способны координировать услуги в разнообразной сетевой среде. Например, широко распространённые сети 3-го поколения (3G) и услуги передачи данных такие, как общая служба пакетной радиосвязи (GPRS), могут быть дополнены локальными развёртываниями беспроводных локальных сетей (WLAN) высокой пропускной способности такой, как IEEE 802.11 и беспроводной ЛВС высокой производительности (HiperLAN). Кроме того существуют спутниковые сети, сотовые сети и WLAN, которые необходимо будет объединить с новыми сетями и технологиями – беспроводные сети и WiMAX, чтобы позволить пользователям прозрачно и легко перемещаться между системами.

Бесшовный роуминг включает в себя передачу обслуживания, которая представляет собой процесс поддержки активного соединения мобильных пользователей, при перемещении их в пределах беспроводной сети. Вертикальная передача управления, или межсистемная передача, включают передачу между различными типами сетей. Обычно передача управления была основана на оценке принимаемого сигнала (RSS), между базовой станцией и мобильным узлом. Тем не менее, традиционные сравнения оценок принимаемого сигнала недостаточно, чтобы сделать вертикальное решение передачи управления, так как они не принимают во внимание различные опции для мобильных пользователей. Весьма недавно, пропускная способность и тип сети были рассмотрены в качестве факторов. К примеру, консорциум партнерства третьего поколения (3GPP) занимается разработкой стандартов выдачи, когда, где и как приступить к вертикальной передачи между сотовой сетью 3G и беспроводной локальной сетью WLAN. Будущая интеграция беспроводных сетей должна включать еще и другие соответствующие факторы, такие как денежная стоимость, состояния сети, состояние мобильного узла, и предпочтение клиента, а также возможности различных сетей, в непосредственной близости от пользователей. Таким образом, комплекс, адаптивных и интеллектуальных подходов необходим для осуществления вертикальной передачи протоколов для получения удовлетворительного результата, как для пользователей, так и для сети.

Вертикальная передача осуществляется на основе политик сетевой архитектуры требует координации различных сетевых устройств в пределах одного административного домена, предоставление набор основных служб и качество их обслуживания (QoS). На рисунке показаны два возможных концептуальных архитектур на основе политик, решения, которые были предложены в Инженерный совет Интернета (IETF). Два основных элемента архитектуры политики управления: пункты принятия политических решений (PDP) и узел реализации политики (PEP). Эти два элемента, могут быть расположены в одном и том же сетевом узле (как показано на рисунке 1), либо в различных узлах (как показано на рисунке 2)

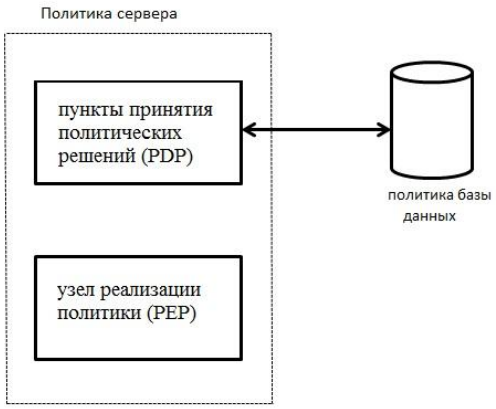


Рис. 1 PEP и PDP расположены в одном и том же сетевом узле

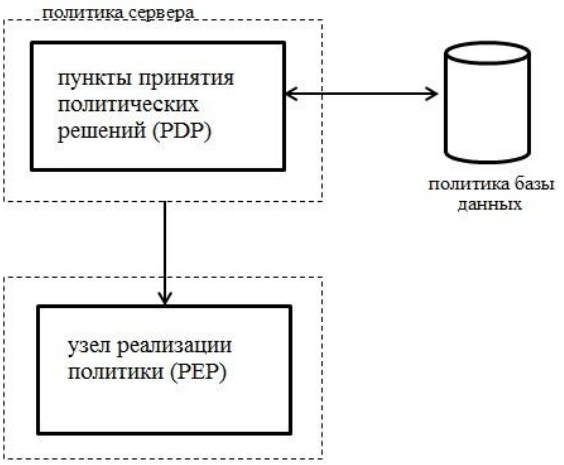


Рис. 2 PEP и PDP расположены в различных узлах

Узел реализации политики (PEP) является компонентом, который работает на политику узла, такую как точки доступа и точки, в которых применяются политики. Политические решения принимаются в первую очередь на пункты принятия политических решений (PDP), на основе политик, извлеченных из базы данных сетевой политики. Пункты принятия политических решений (PDP) могут использовать дополнительные механизмы и протоколы для обеспечения дополнительных функциональных возможностей, таких как аутентификация пользователей, учета и хранения информационной политики.

Литература

1. http://research.ac.upc.edu/eurongi08/ext-abs/9-1.pdf
2. http://www.sersc.org/journals/IJFGCN/vol1_no1/papers/08.pdf

УДК 004.725.5

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ КОНВЕРГЕНТНОЙ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПИРАМИДАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Смирнова А.С.
Одесская государственная академия холода, Украина
E-mail: asya.smi@gmail.com

The construction of converged network user's model using the method of pyramidal nets

The article considers the construction of the model and the classification of converged network users' for recommendation on its designing.

В современном мире сложно переоценить важность глубокого изучения концепции конвергентных телекоммуникационных сетей (КТС). Слияние традиционной телефонии с услугами передачи данных уже произошло, но случаи появления в мире КТС крайне редки. На то есть множество причин – недостаточное финансирование проектов, нежелание корпораций изменять привычным стратегиям поведения на рынке предоставления услуг, и др. Однако одной из немаловажных проблем является то, что грамотного и конкретного описание главного фигуранта КТС – пользователя – и его требований к услугам КТС в литературе и рекомендациях не дано. Хотя именно от описания пользователя напрямую зависит планирование построения КТС.

Актуальность создания модели пользователя КТС обоснована необходимостью в упрощении построения и развития КТС для операторов, предоставляющих инфокоммуникационные услуги (ИКУ). Рассматривая пользователя конвергентной сети и его потребности с точки зрения маркетологов и психологов, сегментация рынка потребителей услуг связи произвоится по многим критериям – демографическому (возраст, пол, размер семьи, уровень образования, вид профессиональной деятельности и др.); психографическому (социальный статус (малоимущие, среднего достатка и т.д.), стиль жизни (молодежный, спортивный, элитарный и т.д.), личные качества (амбициозность, авторитарность, импульсивность и т.д.)); поведенческому (поиск выгод (качества, хорошего обслуживания, цены), степень нуждаемости в услуге, эмоциональное отношение к услуге (положительное, негативное)); финансовому (уровень заработка пользователя, уровень затрат на услуги) и многим другим. Однако сложно перечислить все классификационные признаки, необходимые оператору КТС для построения конвергентной сети. Они различны для групп пользователей, и постоянно изменяются, о чем можно судить по опыту последних 2х десятилетий.

Поэтому модель пользователя должна быть динамичной для пополнения ее информацией, знания о разных аспектах должны быть объединены в единую иерархическую структуру, а функции выделения объектов и аспектов должны динамически производиться в процессе создания структуры модели.

В докладе рассматривается возможность использования метода растущих пирамидальных сетей (РПС) для классификации логико-лингвистических моделей, с помощью которых может быть описан пользователь КТС. Известно, что под пирамидальной сетью понимают ациклический ориентированный граф, в котором нет вершин, имеющих одну заходящую дугу. При построении РПС входной информацией служат наборы значений признаков, описывающих некоторые объекты (материалы, состояния агрегата, ситуации, болезни и т.п.).

В начале процесса построения из собранных о пользователях данных получаем таблицу-выборку данных о 6 пользователях и 6 присущих им характеристиках (рис.1):

Объект	Признаки					
	P1	*P2*	*P3*	*P4*	*P5*	*P6*
a	+	-	+	+	-	+
b	-	-	+	+	+	+
c	-	-	-	+	-	-
d	+	+	+	-	+	+
e	+	+	-	-	-	+

Рис. 1 Распределение характеристик пользователя. a, b, c, d, e – перечень пользователей. P1 - наличие высшего образования, P2 - мобильность, P3 - обучаемость, P4 - стационарность, P5 – наличие высшего образования, P6 - особая потребность в качестве услуг.

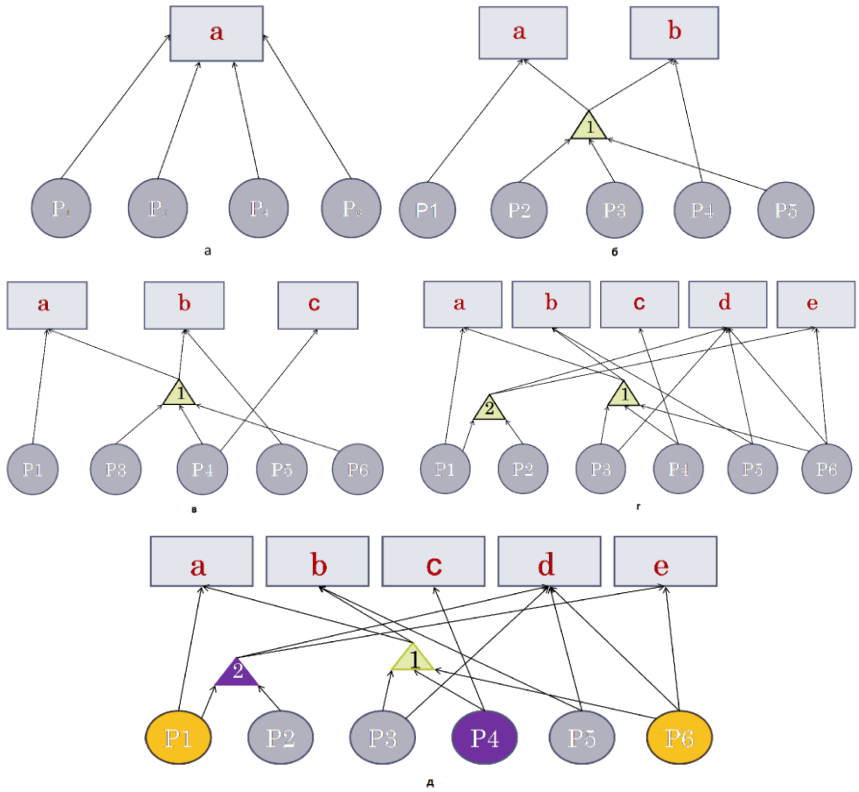


Рис.2 А – Вид РПС при рассмотрении первого объекта *a*. Б – Вид РПС при рассмотрении объектов a, b. Проявление 1 вершины. В – Вид РПС при рассмотрении объектов a, b, c. Г – Вид РПС при рассмотрении объектов a, b, c, d, e. Появление вершины 2. Д – Окончательный вид РПС для всех объектов.

Изображенная рис.2, д вершина 1 является промежуточной для построения РПС. Признаками, характерными для образовавшегося класса 1, включающего в себя объекты a, d, e, являются P1 и P6. Для класса 2, включающего в себя оставшиеся элементы b и c, характерными являются признак P4 и исключающая (инверсные признаки, не характерные для объекта) вершина 2.

На данном примере отчетливо видно, что добавление новых признаков, равно как и новых объектов, не будет представлять собой сложную операцию, и не послужит причиной радикального изменения в структуре графа.

Важным свойством РПС является их иерархичность, возможность динамического добавления новых аспектов и объектов, а также возможность выполнения различных операций ассоциативного поиска на достаточно большой выборке объектов.

В докладе представлено формирование модели пользователя КТС путем классификации его аспектов с помощью метода РПС. Для этого из собранных о пользователях данных был выделен список атрибутов, однозначно описывающий каждого пользователя; затем была проведена группировка пользователи по выделенным с помощью метода РПС доминирующим признакам каждой группы.

Рассматривались такие характеристики пользователя КТС, как его возрастные данные, наличие высшего образования, род занятий, сфера деятельности, финансовые возможности, мобильность (подключение к услугам КТС в различных точках пространства), стационарность (подключение к услугам КТС в фиксированной точке пространства), потребность в повышенном качестве услуг КТС, требование ограничивать затраты на услугу только на передаваемые данные, рискованность, обучаемость, мобильность, сфера применения услуг, вид технического устройства для получения услуг и др.

Исследовалось отношение современного пользователя ИКУ к изменению характера услуг и их стоимости относительно перехода услуг в разряд конвергентных. Рассматривались финансовые возможности современного пользователя ИКУ, отношение затрачиваемых на ИКУ средств к общему бюджету пользователя. В исследованиях рассматривалась позиция оператора, предоставляющего ИКУ, как организатора КТС, и потому, учитывая [1], одними из немаловажных атрибутов для описания пользователя КТС были необходимый ему канал для передачи данных относительно технических требований запрашиваемых пользователем ИКУ, одновременность использования необходимых пользователю ИКУ, возможность организации такого канала передачи данных для пользователей, нуждающихся в подключении к необходимым ему ИКУ в различных точках пространства (мобильные пользователи) и пользователей, нуждающихся в повышенном качестве необходимых ему ИКУ.

Проведена сегментация пользователей КТС по признаку приемлемости новшеств, включающая в себя группы «консерваторы» (люди, не склонные к риску, предпочитающие знакомые классические ИКУ), «быстро привыкающие» (к новым услугам), «медленно привыкающие» (люди, мало склонные к риску, предпочитающие прочно обосновавшиеся на рынке услуги), «новаторы» (люди, склонные к риску, и обращающие пристальное внимание на инновации в инфокоммуникационной сфере), и проведена зависимость этих классов от рода и сферы деятельности пользователя КТС, возрастной группы, а также его финансового положения. В результате данной сегментации можно сказать, что уровень адаптивности у современных пользователей определенных групповых категорий (20-25, 26-30 и 30-40 лет) достаточно велик для внедрения пакетов конвергентных услуг.

Созданные модель и классификацию пользователей КТС отличает их способность к динамическому реагированию на изменения в списке характеризующих пользователя атрибутов, а также совмещение процесса ввода информации с ее перегруппировкой и выделением существенных для каждого класса признаков.

Модель и классификация пользователей КТС нуждается в доработке путем увеличения выборки опрашиваемых пользователей для более детального проявления характерных для каждого класса признаков, однако уже сейчас ее можно использовать для проектирования КТС на локальном (городском) уровне.

Литература

1. ITU-T Recommendation Y.2013 (12/2006) - Converged servises framework functional requirements and architecture.
2. *В.П. Гладун* Партнерство с компьютером. Человеко-машинные целеустремленные системы. Изд. Port-Royal. Киев, 2000. с. 16-18.

УДК 004.724.4

ДЕЯКІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ

Гриньков Ю.М.
Одеська державна академія холоду
E-mail: yugrinkov@gmail.com

Some aspects modeling of optical networks

This work is devoted to the some aspects modeling of optical networks with optical message switching which doesn't use optical buffer memory on switching nodes.

Безперервний процес запровадження нових інфокомунікаційних послуг (ІКП) та мультимедійних застосувань призвів до того, що протягом довгого періоду часу спостерігається тенденція постійного збільшення вимог до пропускної спроможності телекомунікаційної мережі (ТМ).

Істотне підвищення пропускної спроможності ТМ можливе шляхом використання повністю оптичних технологій обробки інформаційного сигналу, застосування яких дозволить здійснити перехід спочатку до терабітних, а згодом і до пентабітних мереж [1]. Ключовою складовою перспективи такого стрімкого нарощення пропускної спроможності мережі є технології комутації оптичних сигналів, що не потребують попереднього оптоелектричного перетворення інформаційного сигналу, а значить – суттєво зменшують не тільки затримку сигналу на вузлі комутації (ВК), але і значно знижують вартість експлуатації ВК за рахунок зменшення електроживлення, що необхідне для функціонування оптоелектричних перетворювачів.

Існуючі системи просторової комутації оптичних сигналів (СПКОС), які побудовані на базі мікроелектромеханічних систем (МЕМС), реалізують технології позиційного мультиплексування та здатні комутувати лише групові тракти потоків транспортної мережі. Проте, враховуючи ту обставину, що мережею наступного покоління (*NGN*) є мережа, що побудована на базі технологій комутації пакетів, кадрів та чарунок, сьогодні надзвичайно актуальним завданням є побудова систем комутації оптичних сигналів (СКОС), що реалізують технології мультиплексування за мітками.

Характерною особливістю систем комутації, що реалізують комутацію пакетів, кадрів або чарунок, є наявність буферної пам'яті для тимчасового зберігання блоків інформації. Однак, на сьогоднішній день, через складність технічної реалізації вартість оптичних оперативних запам'ятовуючих пристроїв (ООЗП) є доволі високою, що породжує потребу дослідження економічної доцільності використання ООЗП малої ємності на вузлах комутації в оптичній мережі [2].

Натомість застосування концепції комутації блоків (ККБ) інформації, що базується на встановленні виділеного каналу через всю мережу на час, достатній для передачі блоку інформації (декілька мілісекунд), дозволяє не лише уникнути оптоелектричного перетворення на ВК, але і позбутися необхідності наявності оптичного буфера [3]. Безперечно, незважаючи на зовнішню привабливість цього підходу, він потребує проведення ретельних досліджень, які, по-перше, дозволять оцінити ефективність застосування концепції комутації блоків інформації при побудові оптичних мереж, а, по-друге, провести порівняльний аналіз ККБ з альтернативними методами комутації, що реалізують технології мультиплексування за мітками з використанням запам'ятовуючих пристроїв на ВК.

З метою дослідження функціонування мережі з оптичною комутацією блоків інформації (ОКБІ) розроблено імітаційну модель, вхідними параметрами якої є топологія та кількість вузлів мережі, розмір блоку інформації, призначеного для передачі, протокол маршрутизації, вид протоколу встановлення з'єднання, час перемикання СКОС та інші. При цьому критерій оптимізації формулюється як умовний екстремум, та полягає в мінімізації

ймовірності втрат блоків інформації при максимізації пропускної спроможності досліджуваної мережі.

На етапі розробки моделі виконана декомпозиція досліджуваного об’єкту на складові частини (рис. 1).

Рисунок 1 – Декомпозиція досліджуваного об’єкту

Для кожної із складових частин моделі мережі з оптичною комутацією блоків інформації на мовах *C++* и *Tool Command Language (TCL)* на базі мережного симулятора *NS-2*, що розповсюджується за ліцензією *GPL*, розроблено програмні модулі, які реалізують імітаційну модель для дослідження мережі у цілому.

В результаті використання розробленої імітаційної моделі планується дослідити вплив різноманітних вхідних параметрів (таких як топологія, кількість вузлів мережі, розмір блоку інформації, алгоритм встановлення з’єднання тощо) на ймовірність втрат блоків інформації в мережі. При цьому особливо актуальною та нетривіальною задачею є дослідження засобами імітаційного моделювання ефективності використання існуючих протоколів маршрутизації в мережі з ОКБІ.

Література

1. *Гайворонская Г.С.* Особенности применения оптических коммутаторов в современных информационных сетях / Г.С. Гайворонская, А.В. Рябцов // Applicable Information Models. – Sofia: ITHEA,2011. – № 22. – P. 169-181.

2. *Y. Grynkov* Some aspects of choice of switching scheme for construction of optical signals' switching system. - KDS’2011. – ITHEA. – P. 34-41.

3. *Y. Grynkov* A Possible Approach to Increasing of the Telecommunication Network’s Capacity. – Proceedings of the XI International Conference TCSET’2012. – Lviv. – P.262.

УДК 627.372

ВИКОРИСТАННЯ ПРОТОКОЛІВ OSPF і STP В МЕРЕЖІ SYNCE

Омельченко С. В., Качалка Є. О.
Науково-дослідницький інститут телекомунікацій НТУУ «КПІ»
E-mail: o.svitlana.v@gmail.com

Using of protocols OSPF and STR in a network SyncE

Algorithms for constructing network and methods of dealing with the occurrence of the loops are described, and also the possibility of realization of some features of reports OSPF and STP in technology SyncE is considered.

Багато традиційних послуг потребують доставки сигналів синхронізації до кінцевого абонентського обладнання, а оскільки мережа з комутацією пакетів руйнує синхронізацію, оператору такої мережі треба знати, чи правильно вона працює при наданні послуг, чутливих до якості синхронізації (пакетна передача голосу, емуляція каналів з часовим мультиплексуванням – тобто все, що реалізується в реальному часі) [1].

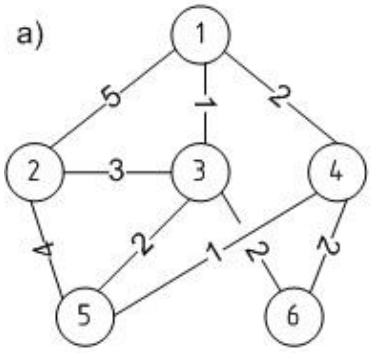
В статті розглянуті два основних протоколи мережі Інтернет – Spanning Tree Protocol (STP) та Open Shortest Path First (OSPF), які забезпечують транспортування пакетів даних і використовуються сучасними Інтернет-провайдерами. Протоколи буде поставлено на противагу SyncE. Це дасть змогу визначити сильні та слабкі сторони SyncE і почерпнути деякі особливості з давно відомих і досконало відшліфованих протоколів.

На даному етапі технологія SyncE не прив’язана до якогось певного алгоритму роботи. Про це немає згадки і в рекомендаціях, проте питання боротьби з петлями залишається.

Що ж стосується загальновідомих протоколів STP і OSPF, то там це питання має чітке рішення. Алгоритм Дейкстри, протоколу OSPF, знаходить найкоротшу відстань з одної з вершин графу до всіх інших. Цей алгоритм використовується в протоколі OSPF для усунення кільцевих маршрутів [3].

Spanning tree algoritm (STA) протоколу STP приводить мережу Ethernet з великою кількістю зв’язків та вузлів до деревоподібної топології, що виключає цикли пакетів. Відбувається це шляхом автоматичного блокування надлишкових в даний момент зв'язків для повної зв'язності портів. Протокол описаний в стандарті IEEE 802.1D [4].

На рисунку 1 один наведено приклад знаходження оптимального шляху за алгоритмом Дейкстри, при цьому враховується вага кожного шляху.



Вихідна матриця

	1	2	3	4	5	6
1						
2	5					
3	1	3				
4	2					
5		4	2	1		
6			2	2		

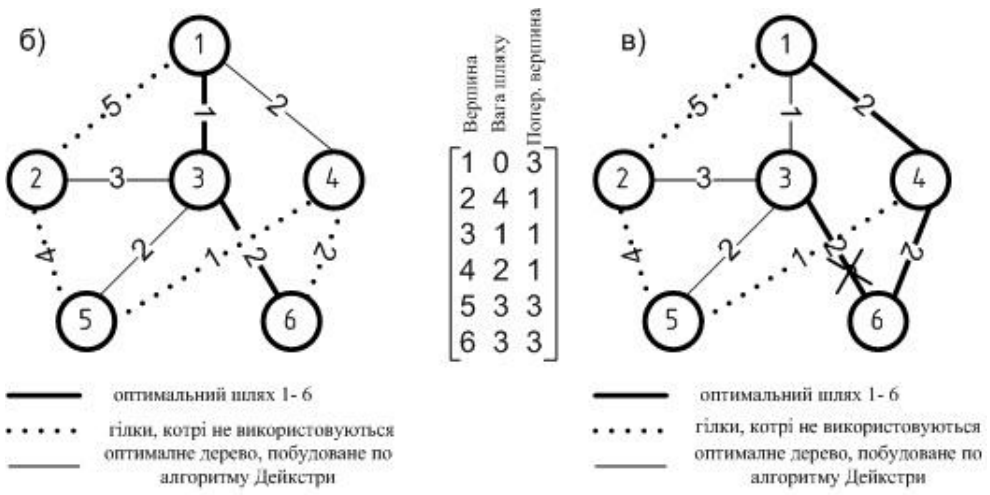


Рис. 1. Знаходження оптимального шляху по алгоритму Дейкстри.
А – вихідні дані. Б – формування кінцевого дерева та знаходження оптимального шляху між вузлами 1 та 6. В - формування кінцевого дерева та знаходження оптимального шляху між вузлами 1 та 6, при пошкодженні одного каналу.

Тобто в технології SyncE можна використовувати обидва алгоритми, оскільки їх кінцева реалізація дозволяє побудувати деревовидну структуру і виключити можливість виникнення петель. Таблиця 1 один описує порівняння трьох технологій за основними параметрами.

Таблиця 1. Порівняння трьох технологій - SyncE, STP, OSPF за основними мережевими параметрами

№ п.п.	Параметр порівняння	SyncE	STP	OSPF
1.	Алгоритм роботи		Алгоритм STA (Spanning tree algoritm).	Алгоритм Дейкстри (Dijkstra's algorithm).
2.	Рівень моделі OSI	L2 (Канальний рівень).	L2 (Канальний рівень).	L3 (Мережевий рівень).
3.	Вид службових повідомлень	SSM (Synchronization Status Message).	BPDU (Bridge Protocol Data Unit).	Hello-пакети.

Принцип роботи кожної технології має одну спільну рису – це побудова дерева, використовуючи оптимальні маршрути.

В мережі, побудованій на основі протоколу STP обирається один кореневий міст (англ. Root Bridge). Далі кожний, відмінний від кореневого, міст прораховує найкоротший шлях до кореневого. Відповідний порт називається кореневим портом (англ. Root Port). У будь-якого не кореневого комутатора може бути тільки один кореневий порт. Після цього для кожного сегмента мережі прораховується найкоротший шлях до кореневого порту. Далі на всіх мостах блокуються всі порти, які не є кореневими й призначеними. У підсумку виходить деревоподібна структура (математичний граф) з вершиною у вигляді кореневого комутатора.

Оскільки OSPF є протоколом третього рівня, то основним обладнанням являються маршрутизатори, котрі обмінюються hello-пакетами через всі інтерфейси, на яких активований OSPF. Розсилаючи оголошення всередині однієї OSPF-зони, всі маршрутизатори будують ідентичну базу даних стану каналів. Коли база даних побудована, кожний маршрутизатор використовує алгоритм "найкоротший шлях перший" для обчислення графа без петель. Цей граф - дерево найкоротших шляхів.

Синхронний Ethernet припускає відстеження внутрішнім генератором зовнішнього опорного сигналу (режим "відслідкованого Primary Reference Clock"). При цьому припустима точність внутрішнього генератора в режимі вільних коливань зростає до ± 4,6 ppm, досягаючи показників обладнання SDH [5].

Часові параметри SyncE, OSPF і STP посідають одне з найважливіших місць у цьому питанні. Таймери в протоколі Spanning Tree, використовуються для забезпечення

стабільності зібраної топології мережі, а також для усунення пакетів, що дублюються, у мережі, перед початком передачі даних по мережі [6]. Значення таймерів, котрі використовуються в протоколі Spanning Tree, досить великі для сучасних мереж. Наприклад, час ініціалізації порту комутатора складає 50 секунд.

OSPF належить до link-state класу протоколів маршрутизації. Він швидко реагує на зміну топології мережі, відправляє LSA (link state advertisement) при зміні топології в мережі, обновлює повну базу маршрутів LSDB (link state database) раз в 30 хвилин. Для перебудови структури мережі, при пошкодженні одного з лінків, необхідний період часу становить 45 секунд.

Порівнювати таймери SyncE найкраще в короткочасному перехідному режимі. Оскільки цей режим виникає внаслідок ушкодження в тракті передачі, коли обраний опорний сигнал загублено, а другий опорний сигнал, відслідкований від первинного пристрою синхронізації, доступний відразу або незабаром після виявлення ушкодження (наприклад, у випадках автономного відновлення).

Після втрати опорного сигналу фазова помилка на виході EEC (Ethernet Equipment Clock), виміряна протягом будь-якого періоду S, що не перевищує 15 с, не повинна перевищувати значення $\Delta t + 5 \cdot 10\text{-}8 \cdot S$ с. Величина Δt відповідає двом стрибкам фази, які можуть виникнути під час входу й виходу з режиму змісту й не повинні перевищити 120 нс при тимчасовому відхилення частоти не більше $7{,}5 \cdot 10\text{-}6$ [2].

Короткочасний перехідний режим складається із двох стрибків фази під час перехідних процесів у EEC. Перший стрибок визначає початковий відгук на втрату опорного джерела синхронізації й подальший вхід у режим утримання. Значення стрибка, визначене через відхилення частоти, повинне бути менш $\pm 7{,}5 \cdot 10\text{-}6$ при тривалості менше 16 мс. Другий стрибок, що може відбутися протягом 15 с після входу в режим утримання, відповідає перемиканню на друге опорне джерело. Для цього стрибка застосовують такі ж вимоги. Після другого стрибка помилка фази повинна залишатися постійною й не перевищувати 1мкс. Таким чином, час переходу на друге опорне джерело складає 30 с.

Технологія SyncE потребує доопрацювання і створення конкретних протоколів, які забезпечать реалізацію можливостей синхронного Ethernet для широкого загалу користувачів.

Щодо принципу роботи також є декілька цікавих нюансів, які слід би було застосувати в протоколах SyncE. Зокрема, автоматичне блокування всіх неактивних на даний період часу портів. SyncE має значну часову перевагу за рахунок використання високоточного генераторного обладнання. Лише на протязі 30 с технологія SyncE, згідно стандартів, змінює опорне джерело та перебудовує маршрути внаслідок пошкодження одного з лінків.

Слід зауважити, що саме синхронізація Ethernet з використанням існуючих алгоритмів і принципів роботи протоколів STP і OSPF, дозволить якісно і швидко передавати дані в реальному.

Література

1. «Особенности синхронизации сетей следующего поколения: новые проблемы и новые достижения», Гайдаманчук В. А., Савчук А. В., Зв’язок. – 2006. – № 4. – С. 11.

2. ITU-T Recommendation G.8264/Y.1364 (10/2008) «Distribution of timing through packet networks».

3. http://uk.wikipedia.org/wiki.

4. http://xgu.ru/wiki/STP.

5. «Синхронний Ethenet як метод забезпечення синхронізації в пакетних мережах», Тріска Н. Р., Наукові записки УНДІЗ. – 2009. – № 3(11). – С. 65-71.

6.http://www.cisco.com/en/US/tech.

УДК 004.457

АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СЕТЕЙ С КОММУТАЦИЕЙ ПАКЕТОВ

Ковалёва Е.Ю., Богдан П.А.

Национальный технический университет Украины «КПИ», ИТС

E-mail: yevgenia.kov@gmail.com

Algorithms of packet-switched network monitoring

In this article the principles of monitoring systems operation are analyzed. The main disadvantages are identified. Improving of the existing algorithms is proposed. There are calculations, which illustrate its feasibility and the substantiation of the algorithm with terms of mathematical statistics.

Большинство известных систем сетевого мониторинга (таких как Nagios, Zabbix, Cacti и др.) предназначены для мониторинга состояния сети, а именно – доступности каналов связи.

Системы работают по следующему принципу [1]:

Генерируются 3 тестовых пакета, которые система отправляет в те узлы, работу которых необходимо отслеживать. Такая генерация происходит с определённой периодичностью. Например, для системы Nagios по умолчанию это происходит с интервалом 1 раз в 3 минуты. При обнаружении ошибки (если тестовые пакеты не достигли места назначения) интервал сокращается до 1 минуты. После определённого количества ошибок, происходящих подряд, система оповещает администратора. Это «пороговое » значение определяется вручную администратором сети.

Такой подход в целом приемлем для проверки доступности каналов связи, однако обладает рядом недостатков:

- если система настроена таким образом, что оповещает о проблеме уже после первой ошибки, то существует риск «ложных» срабатываний. Потеря пакета может быть случайной.

- если система оповещает о проблеме после какого-то количества ошибок, больше 1, то с возрастанием этого значения возрастает и время реакции системы. Практически это означает, что при наличии проблемы система оповестит администратора в лучшем случае через 3 минуты (при количестве ошибок «2»), через 6 минут (при параметре «3») и т.д.

Для систем IP-телефонии, в которых большое внимание уделяется качеству связи, оба этих недостатка являются существенными и даже критическими [2].

В связи с этим возникла задача разработки иного принципа работы системы мониторинга, при котором будет уменьшена вероятность «ложных» срабатываний, и при этом уменьшено время реакции системы мониторинга при возникновении аварийной ситуации.

Алгоритм можно схематически представить блок-схемой (рис 1).

Система сетевого мониторинга генерирует тестовые пакеты по протоколу ICMP. Размер тестового пакета предлагается брать равным 36 Б (стандартный размер ICMP- пакета, принятый в ОС Windows). Пакеты генерируются с определённой частотой, меньшей, чем частота следования пакетов полезного трафика (предлагается генерировать пакет 1 раз в секунду). При возникновении ошибки (превышение допустимой величины задержки – считается потерей пакета) система увеличивает частоту следования «тестовых» пакетов на определённый интервал времени, и значения задержек записываются. По истечению заданного интервала система анализирует полученные данные. Если процент потерь не превышает допустимый, то частота следования тестовых пакетов возвращается к нормальному режиму. В противном случае система оповещает администратора о проблеме.

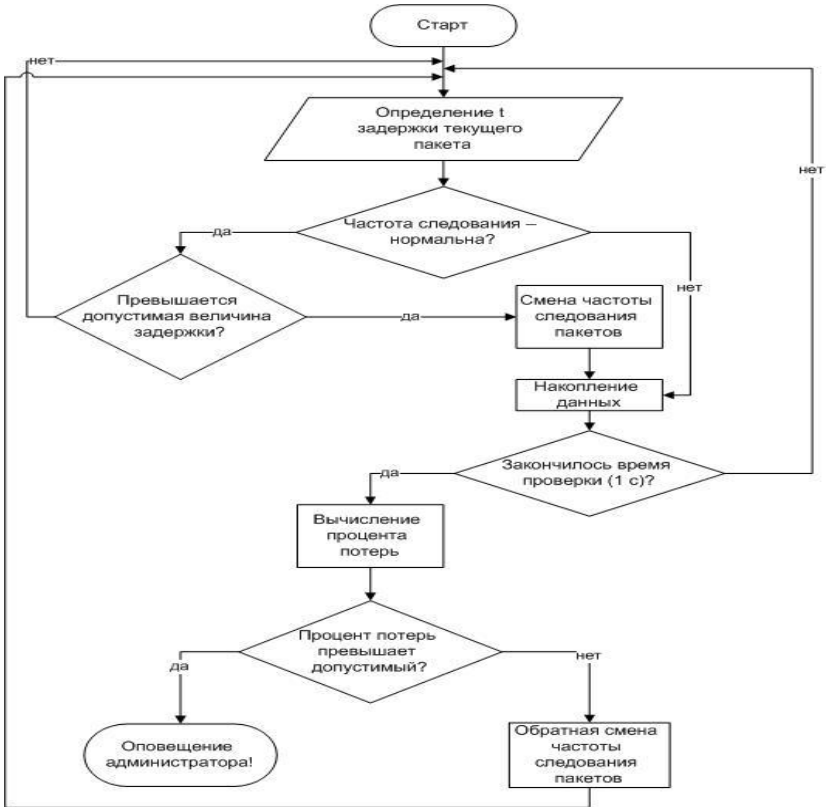


Рис.1 Блок-схема работы предлагаемого алгоритма

Теперь необходимо провести оценку практической эффективности алгоритма.

Для проведения оценки нужны такие данные, как:

- скорость следования пакетов полезной информации;
- размер пакета полезного трафика;
- допустимая задержка;
- допустимый процент потерь.

Эти данные зависят от применяемого на сети кодека – алгоритма сжатия и передачи голосовой информации [3]

Рассмотрим вариант использования кодека G.711, как самого распространённого кодека IP-телефонии.

Исходные данные:

Полезная нагрузка: 160 байт

Скорость следования: 50 пакетов/с

Размер тестового пакета: 36 байт

Скорость следования тестового пакета в нормальном режиме: 1 пакет/с

Скорость следования тестового пакета в режиме проверки: 50 пакетов/с

Допустимая задержка определяется рекомендациями ITU-T, а также требованиями к качеству связи в каждом индивидуальном случае.

Предлагается генерировать тестовый пакет 1 раз в секунду. Это означает, что за 1 секунду будет проходить 50 пакетов с полезной информацией и 1 пакет тестовый.

В байтах: 8000 байт полезной информации и 36 байт тестовой.

Таким образом, нагрузка, создаваемая системой мониторинга, будет примерно 200 раза меньше полезной нагрузки, что вполне допустимо.При возникновении ошибки (потери тестового пакета) интервал следования тестовых пакетов сокращается до частоты следования пакетов полезной информации – 50 пакетов в секунду.

В этом случае полезная нагрузка остаётся также 8000 байт в секунду, а тестовая возрастает в 50 раз и составит $50 \cdot 36 = 1800$ байт. В этом случае доля тестовой нагрузки в общем потоке становится достаточно ощутимой (примерно 22%), и в нормальном режиме

работы это недопустимо. Однако в предлагаемом алгоритме такая доля тестовой нагрузки будет сохраняться не более 1 секунды, и таким образом, не повлияет на качество связи.

В течение 1 секунды система собирает статистику по 50 тестовым пакетам и вычисляет процент потерь. Затем принимается решение: считать ситуацию не выходящей за пределы нормы, либо информировать администратора о проблеме.

В ходе принятия решения будут учитываться:

- допустимый процент потерь. Для кодека G.711 это значение составляет 7-10%.
- реальный процент потерь при прохождении 50 тестовых пакетов.

Статистика по 50 пакетам даёт право принимать обоснованное решение. Это доказано в [4] на основе моделирования. Результаты моделирования представлены на рис.2.

Рис. 2. График распределения значений задержки

Приведенные выше данные означают, что при анализе даже 50 пакетов потеря более 10% (допустимая потеря по рекомендации к кодеку G.711) будет означать реальную проблему в сети, о чём и будет оповещён администратор.

Кроме того, проанализировав работу системы мониторинга Nagios, можно заметить, что она принимает решение всего по 3 тестовым пакетам, которые генерируются с периодичностью максимум раз в минуту. С этой точки зрения принятие решения по статистике из 50 пакетов – решение более гибкое и вполне оправданное.

Таким образом, предложенный алгоритм устраняет недостатки, присущие традиционным системам мониторинга:

- благодаря гибкому изменению частоты следования тестовых пакетов уменьшается количество ложных срабатываний;
- благодаря значительному уменьшению тестового интервала и гибкости его изменения в зависимости от ситуации, достигается меньшее время реакции системы, измеряемое в единицах секунд, а не минут. При этом показано, что нагрузка, создаваемая системой мониторинга в нормальном состоянии очень мала по сравнению с полезной. В режиме проверки нагрузка увеличивается, но на крайне непродолжительное время.

Литература

1. Wolfgang B. Nagios: system and network monitoring. // No Starch Press. 2005, – 462 p.
2. Телекоммуникационные сети и управление // К.: ВПЦ «Киевский Университет», 2003. - 247с.
3. Майкл Финнеран. Вопросы качественной передачи голоса по IP-сетям: сжатие, задержка и эхо. Часть 1. // Электронные компоненты, №11, 2008 г.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. // «Наука». 1969, – 368 стр.
5. Уилсон Э. Мониторинг и анализ сетей. Методы выявления неисправностей. // «Лори» 2002, – 350 стр.

УДК 004.75

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Гаевой В.В., Терновой М.Ю.

Институт Телекоммуникационных систем, Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", Украина, Киев

E-mail:v_gayevoy@its.kpi.ua; ternovoy@its.kpi.ua

The comparative analysis of computing architectures for distributed computing

This paper describes a comparative analysis of computing architectures for distributed computing such as a cluster, Grid, Cloud Computing. It is shown that Cloud environment has several significant advantages for the maintenance of high performance computing services.

Организация эффективного распределения информационных ресурсов и доступа к ним является необходимым условием при проектировании и построении гибких информационных систем. Современные научно-технические задачи и проекты требуют масштабируемой и отказоустойчивой информационной инфраструктуры для организации высокопроизводительных вычислений. При этом выбор распределенной вычислительной архитектуры сильно влияет на основные показатели функционирования информационной системы в целом.

Для построения распределенных информационных систем необходимо определить требования к базовой информационной инфраструктуре. Среди них можно выделить следующие требования [1]:

- надежность и отказоустойчивость;
- доступность;
- масштабируемость;
- безопасность.

На сегодняшний день существует несколько вычислительных архитектур, которые можно использовать для построения высокопроизводительной распределенной системы [2-5]:

- вычислительный кластер;
- Grid;
- Cloud Computing.

В табл. 1 приводится сравнительный анализ вычислительных архитектур для организации распределенных высокопроизводительных вычислений.

Таблица 1

Сравнение свойств различных вычислительных архитектур

Требование	**Вычислительный кластер**	**Grid**	**Cloud Computing**
Надежность и отказоустойчивость	Построить отказоустойчивую систему дорого, получить	Топология Grid постоянно меняется, очень сложно	Может предоставлять сверхвысокий показатель Service Level

Требование	Вычислительный кластер	Grid	Cloud Computing
	сверхвысокую доступность невозможно	гарантировать хоть какой-то уровень надежности	Agreement, порядка 99%
Доступность	Доступно из любой точки корпоративной локальной сети	Необходимо дополнительно обеспечить доступность сервисов на рабочих станциях	Требует постоянное сетевое подключение к провайдеру инфраструктуры Cloud Computing
Масштабируемость	Масштабируемость на уровне добавления/удаления узлов кластера	Масштабируемость на уровне добавления/ удаления Grid-узлов	Динамическое и немедленное масштабирование соразмерно со спросом
Безопасность	Безопасность решения зависит от безопасности базовой информационной инфраструктуры в целом	Безопасность решения зависит от конфигурации взаимодействия между узлами	Безопасность решения гарантируется провайдером инфраструктуры Cloud Computing

На основе проведенного сравнительного анализа вычислительных архитектур можно сделать вывод, что использование Cloud Computing является целесообразным при построении базовой информационной инфраструктуры для организации распределенных высокопроизводительных вычислений. Cloud Computing поддерживает совместное и скоординированное использование динамически-выделяемых распределенных ресурсов. Использование этой архитектуры позволяет из географически рассредоточенных центров обработки данных, создавать и виртуализировать высокопроизводительные вычислительные системы, которые способны самостоятельно поддерживать необходимый уровень обслуживания.

Литература

1. Водяхо А.И. Высокопроизводительные системы обработки данных / А.И. Водяхо, Н.Н. Горнец, Д.В. Пузанков // М.: Высшая школа, 1997– С. 97–101.
2. High Performance Computing and Windows Compute Cluster Server [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://technet.microsoft.com/en-us/magazine/2008.02.ccs.aspx Суббота 25 февраля 2012 20:00
3. Величкевич С.В. Распределенная, интегрированная вычислительная среда Grid /С.В. Величкевич, А.И. Петренко // Электроника и связь, 2003 – С.36-42.
4. Core Infrastructure Optimization Implementer Resource Guide [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb944804.aspx Понедельник 5 марта 2012 20:00
5. Cloud Security Alliance [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://cloudsecurityalliance.org Понедельник 27 февраля 2012 20:00

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CLOUD COMPUTING В СФЕРЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Глоба Л.С., Вольвач Е.А.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
E-mail: volva4@gmail.com

В условиях недостаточного финансирования и постоянно растущих потребностей университеты сталкиваются с проблемами в обеспечении необходимыми информационными технологиями для образовательных и исследовательских работ. Целью данной работы является поиск альтернативных ресурсов для создания собственной виртуальной среды учебного заведения и определение тех условий, при которых возможно держать часть своих информационных ресурсов в «облаках». В работе проанализированы последние исследования в области Cloud Computing.

Высшее образование - одна из основ развития общества. В течение последнего времени в высшем образовании наблюдается тенденция постоянного обновления и совершенствования IT-инфраструктуры. С развитием технологий количество услуг, которые переходят от традиционных форм в электронную форму, растет, поэтому для этих услуг необходимо найти адекватные формы реализации в сети интернет, гарантирующие доступ большого числа пользователей, а также формы быстрой и безопасной оплаты услуг.

Cloud Computing позволяет университетам сосредоточиться больше на преподавательской и научной деятельности, а не на сложных IT-конфигурациях и программном обеспечении, сократить IT-расходы, а также улучшить ресурсную базу для исследований и студентов, уменьшить количество IT-персонала.

Облачные вычисления предлагают множество преимуществ электронного обучения, обеспечивая инфраструктуру, платформу и образовательные сервисы с помощью виртуализации, централизованного хранения данных, а также средств мониторинга.

В настоящее время существует множество практик и примеров по использованию облачных вычислений.

Необходимость использования облачных вычислений в сфере высшего образования возможно проанализировать с точки зрения преимуществ и недостатков (таблица 1). В результате такого анализа одна или несколько моделей Cloud Computing могут быть выбраны для использования[2].

Таблица 1: Преимущества и недостатки использования Cloud Computing

Преимущества	**Недостатки**
Доступ к приложениям из любой точки мира	Не все приложения выполняются в облаке
Поддержка преподавания и обучения	Риски, связанные с защитой данных и обеспечением безопасности и управлением учетными записями
Бесплатное программное обеспечение либо плата за его использование	Организационная поддержка
24-часовой доступ к инфраструктуре и информации	Проблема интеллектуальной собственности
Открытость для бизнес-среды и передовых исследований	Безопасность и защита конфиденциальных данных
Повышение открытости студентов к новым технологиям	Отсутствие доверия
Увеличение функциональных возможностей	Отсутствие стандартов
Использование offline с дальнейшими возможностями синхронизации	Скорость / отсутствие интернета могут повлиять на работу

При принятии решения об использовании Cloud Computing следует принимать во внимание риски. Исследования показывают, что основными проблемами при принятии решения об использовании cloud в сфере высшего образования являются: безопасность, производительность и доступность, возможности для настройки, обеспокоенность, что реализация необходимых требований будет стоить дороже, трудности при отказе от использования и возвращении информации «домой» и не достаточно крупные и надежные поставщики[1].

Наиболее важными рисками являются: потеря управления, блокировка, отказ защиты данных, защита интеллектуальной собственности, небезопасное или неполное удаление данных. В настоящее время существует множество решений для обеспечения безопасности и защиты конфиденциальных данных в облаке. При выборе защиты данных необходимо принять во внимание риски и затраты на реализацию, а также преимущества использования соответствующего решения. Шифрование данных является самым простым решением по защите данных от несанкционированного доступа. Данные могут быть зашифрованы в момент их сбора или до их передачи.

Архитектура использования Cloud в университетах может быть описана, начиная с разработки и предоставления Cloud сервисов и ресурсов, предлагаемых университету (рис. 1)[2]:

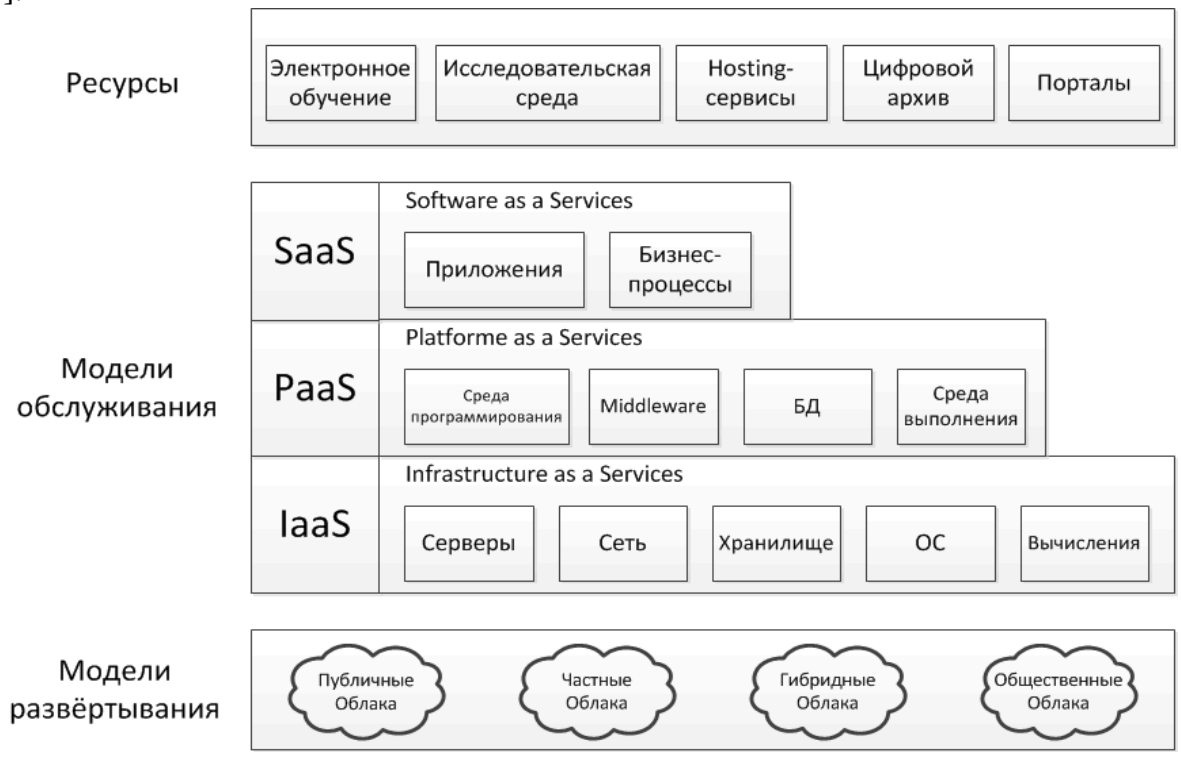


Рис.1 Cloud архитектура для университета

Касательно cloud моделей, основные различия между публичными и частными облаками в образовательной среде представлены в таблице 2[2]. Также используются гибридные (объединение публичных и частных облаков) и общественные модели.

Таблица 2: Основные различия между публичным и частным облаком

Особенность\модель	**Публичное облако**	**Частное облако**
Владение и управление	Поставщик услуг	Университет
Доступ	По подписке	Для студентов, преподавателей, сотрудников
Настройка и контроль	Нет	Да

Исходя из последних исследований, связанных с переходом на облачные вычисления, и опыт университетов в использовании, предлагается стратегия перехода на Cloud Computing, которая состоит из следующих этапов:

а) разработка базы знаний о Cloud Computing;

Данный шаг подразумевает семинары, конференции, обсуждения с поставщиками и ознакомление с новейшими исследованиями в данной сфере.

б) оценка нынешнего развития ИТ-инфраструктуры университета;

Сервис-ориентированная архитектура выступает базой для понимания, какие данные, услуги, процессы и приложения могут быть перенесены в cloud, либо же их необходимо поддерживать в университете, чтобы соблюдать политику безопасности.

Потребности аппаратного и программного обеспечения могут быть проанализированы с точки зрения трех cloud моделей (рис. 2)[2].

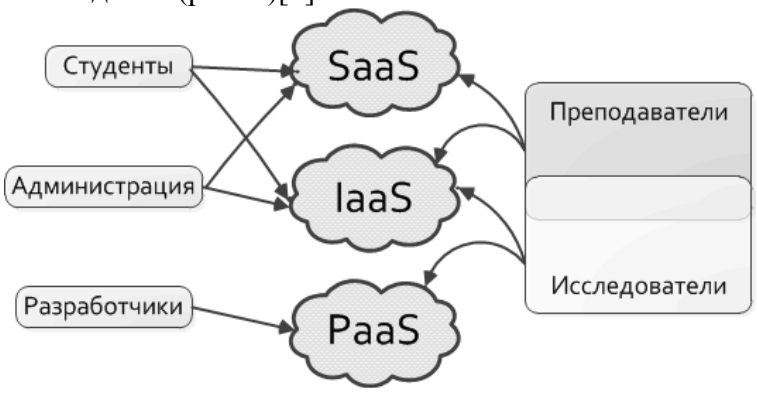


Рис. 2 Упрощенная структура основных потребителей ИТ-услуг в университете (используя Cloud Computing)

Студенты уже используют многие облачные технологии в повседневной жизни. С помощью Cloud Computing и приложений, основанных на нем, они получают возможность работы и общения в образовательной среде, вне зависимости от местоположения и времени[1].

в) выбор решений Cloud Computing;

В результате оценки нынешней ИТ-инфраструктуры, касательно ИТС предлагается выбрать решение Microsoft Live@edu. Основные возможности решения[3]:

- электронная почта объемом 10 ГБ, включающая календари и контакты (Outlook Live);
- средства совместной работы с возможностью размещения 5 ГБ документов в рабочих областях с выбором уровня защиты доступа (Office Live Workspace);
- хранение 25 ГБ файлов и фотографий (Windows Live Skydrive);
- социальные возможности:
    - организация сообществ (группы Windows Live);
    - создание собственной персональной страницы (сферы Windows Live);
    - размещение до 10 ГБ видеороликов;

е) внедрение решений облачных вычислений;

В дальнейшем планируется построение гибридной модели облачных вычислений, при этом текущие возможности ИТС планируется использовать как частное облако, а решение Live@edu как публичное.

Литература

1. "Cloud computing in education: savings, flexibility, and choice for IT," A Microsoft U.S. Education white paper, 2010.
2. M. Mircea, A. I. Andreescu, "Using Cloud Computing in Higher Education: A Strategy to Improve Agility in the Current Financial Crisis," IBIMA Publishing, 2011.
3. Live@edu homepage: http://www.microsoft.com/liveatedu/free-email-accounts.aspx

УДК 004.822

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПОИСКА НА НАУЧНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПОРТАЛЕ

Глоба Л.С., Кучинская О.Н., Скулиш М.А.
Національний технічний університет України "КПІ", Київ, Україна
E-mail: manticorum@gmail.com

The analysis of methods for implementation of the search in scientific portal

The analysis of the most common search algorithms, selected the most, which meets the search engines for high-capacity information resources. Also highlighted in the problems of implementation in the search for scientific portals

Задача создания и наполнения контентом страницы «научных публикаций» веб-узла научного портала изначально порождает такие основные проблемы, как:

1) организация информации, поскольку файлы данных представленных на сайте содержаться на отдельных сайтах;

2) удобный поиск и представление этих данных для пользователя.

На сайте размещается информация о научных публикациях, информация об авторах, ссылки не источник, изображение журнала, название журнала, которое является ссылкой на архив публикаций, который содержится на другом сайте, и ISSN, и так далее.

Разработка подобного информационного ресурса сопряжена с рядом проблем, связанных как с представлением данных, так и с организацией поиска необходимой информации.

В докладе акцентируется внимание на решение проблемы поиска информации на сайте. Предена сравнительная характеристика алгоритмов поиска подстрок в тексте.

В настоящее время известно более 20 алгоритмов поиска подстрок в тексте. При решении данной задачи интересен *поиск множества подстрок*, поскольку данные, представленные на веб-странице «научных публикаций», представлены в виде таблицы на ~1266 элементов, каждый элемент которой может содержать n-подстрок.

В табл.1. представлено сравнение некоторых алгоритмов поиска. Были выбраны алгоритмы поиска множества подстрок, которые что могут быть реализованы на информационных порталах, а именно учитывают возможность реализации выбора среди множества подстрок. Ключевые критерии поиска оптимального алгоритма для реализации: простота реализации, быстродействие алгоритма, затраты памяти.

В таблице представлена основная суть алгоритмов, отражающая специфическое отличие программного решения, а также ряд критериев, выбранных для сравнения:

– быстродействие – является одним из ключевых показателей, поскольку современный пользователь не привык к длительному ожиданию результатов поиска информации; для одной транзакции должны учитываться затраты времени при обработке алгоритма, поскольку размер предоставляемых данных на странице составляет ~1266 элементов;

– затраты памяти – поскольку предполагается, что к информационному ресурсу будет обращается значительное количество пользователей, соответственно необходимо учесть необходимое количество выделяемой оперативной памяти для одной транзакции;

– время инициализации – примером может послужить ленивая инициализация веб-сервиса при требовании к максимальному времени отклика;

– время работы – зависит от количества вложенных циклов и количества операций (относительно реализации программного решения);

– примечание (реализация) – недостатки, краткие выводы о быстродействии, сложности/простоты реализации;

Табл.1.

критерий сравнения \алгоритмы	простейший	Рабина-Карпа	Модификация Рабина-Карпа	Ахо-Корасик
суть	проверяется, совпадают ли m символов текста (начиная с выбранного) с символами нашей строки	поставить в соответствие каждой строке некоторое уникальное число, сравнивать не строки, а числа	основан на предварительном хешировании искомых подстрок	инициализация происходит в два этапа: на первом этапе создается конечный автомат с деревом переходов по функции Goto, на втором - вычисляем функцию ошибки для каждого узла
время инициализации	-	время линейно зависит от размера строки и текста, быстро, поскольку строка ограничена до 8 символов	линейная зависимость от количества искомых строк, быстро	полиномиальную зависимость от количества искомых строк, медленно
быстро-действие (реализация)	быстро только для маленьких строк	-	6940 текст/мин[1]	скорость работы 93370 текст/мин, среднее время обработки примерно линейно зависит от длины текста [1]
затраты памяти	сохраняет лишнюю информацию при поиске больших строк	нет	нет	на миллионе строк требует ~2Гб[1]
время работы	O((n-m+1)m)[2]	O(n+m)[2]	O(m+ n+ mn/P)	O(M + N + K)
Примечание (реализация)	найдя первый несоответствующий символ будет продолжать сравнивать строку, начиная со следующего символа	искомая строка может быть длинной, чисел будет больше и они будут большими (в реализации: порядка Dm, D-количество различных символов)	выгодней использовать для большего количества строк, скорость поддается регулировке (с помощью изменения длины префикса), малые трудозатраты на программу	быстрый (по сравнению с модификацией Рабина-Карпа), потребляет много памяти, долго инициализируется

В результате сравнения алгоритмов целесообразно в дальнейшем использовать модификацию алгоритма Рабина-Карпа для разработки программного кода поиска на научном портале НАУКА-ИНФОРМ.

Проблемы реализации поиска на информационном портале НАУКА-ИНФОРМ построенном на технологии SharePoint.

Средствами стандартных шаблонов (библиотек) программной платформы SharePoint невозможно реализовать поиск среди разнородных информационных ресурсов, которые

располагаются на научном портале. Поскольку еще на начальном этапе, при развертывании сайта, были допущены ошибки.

Помимо проблемы поиска информации на портале, возникла дополнительная задача интеграции отдельного программного решения с данной технологией, которая до сегодня не была решена. Специфика данной технологии такова, что данные размещаются в таблице, а на веб-страницу она добавляются в виде веб-части (контролы, SharePoint WebParts). Следовательно возникает вопрос как осуществить поиск необходимо выбрать либо сначала сделать поиск по таблице, а потом с помощью дополнительного встроенного программного кода выдавать результаты поиска на веб-странице; либо сделать поиск по странице в целом с использованием готовых модулей, например код «пользовательский поиск» предлагаемый компанией Google. Однако как показал эксперимент данная реализация работает некорректно. Описание эксперимента. На портал был добавлен код пользовательского поиска, который был программно интегрирован на портале. Однако после ввода ключевого слова на странице отображается ссылка на текущую веб-страницу, а не результат выборки из базы данных.

Предполагается размещение большого количества информации, что вызывает трудности уже на этапе наполнения веб-страницы.

В докладе представлен анализ наиболее распространенных алгоритмов поиска, выбран наиболее подходящий - модификация алгоритма Рабина-Карпа, который отвечает требованиям к поисковым машинам для емких информационных ресурсов. Также в работе были освещены проблемы реализации поиска на научных порталах.

Литература

[1] http://www.rsdn.ru/article/submit/HowToFindAMillion.xml - Антонов Егор Сергеевич - Как найти миллион: Сравнение алгоритмов поиска множества подстрок
[2] http://www.thalion.kiev.ua/idx.php/4/578/article/ - Алгоритмы поиска данных

УДК 519.816

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД ВЫБОРА ПОСТРОЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Болотина О.В.
Одесская государственная академия холода
E-mail: oksanakzak@rambler.ru

Universal method of selection of construction computer network

This paper describes the task of choosing a generic method is used at different stages of building a computer network.

Существует ряд задач выбора, с которыми сталкивается инженер при проектировании компьютерной сети. Это тип сети, технология, топология, количество и качество оборудования, емкость сети и т.д. Все эти задачи имеют некое сходство с точки зрения теории принятия решений. Определим, какие из методов сравнения альтернатив наиболее часто будут использоваться при проектировании и построении компьютерных сетей. Как известно, каждый из методов имеет ряд условий, при которых можно его использовать. Такими условиями может быть: допустимость или недопустимость риска, реализация решения один или бесконечно много раз, известность вероятности появлений состояний внешней среды. Рассмотрим каждый из методов для понимания, какие требования он выдвигает.

Постановка задачи выбора наилучшего решения предполагает наличие правила, позволяющего сравнивать качество возможных альтернатив. При решении текущей задачи выбора вариантов в формализованной постановке охарактеризуем альтернативы при помощи принципа оптимальности, который формализовано выразим через функцию выбора. Функцию выбора зададим критериями предпочтения. Такой, задаваемый функцией выбора, принцип оптимальности состоит из критериальных требований. Таким образом, выбор вариантов проведем по совокупности требований. Для этого формально выразим решающее правило в виде некого идеального метода, критериальные требования которого представляют собой совокупность показателей качества.

При определении решающего правила начнем с формулировки свойств, которыми должен обладать каждый метод. При проектировании или построении сети инженер располагает материальными ресурсами заказчика – соответственно какая-либо ошибка приведет к материальным потерям, которые будут варьироваться от допустимых (т.е. незначительных) до очень больших. Причем, нет прямо пропорциональной зависимости между погрешностью и материальным ущербом, потому как незначительная (по мнению проектировщика) ошибка может привести к глобальным потерям, как материальным, так и временным. Поэтому, риск если и допустим, то для малого количества решений. Та как, при достаточно большом количестве реализаций среднее значение полезности альтернативы приближается к математическому ожиданию полезностей её последствий. В таком случае (при бесконечной реализации решений) любой риск практически исключается.

Таблица 1 – Формальное представление критериев – множества альтернатив задачи выбора

Название критерия	Допустимость риска	Вероятность появления состояния среды известна	Решение реализуется бесконечно много раз
Модальный	+	+	+
Ходжа Лемана	+ (при малом числе реализаций)	-	+
Максимизации вероятности	+ (при малом числе реализаций)	+	+
Сэвиджа	-	-	- (один раз)
Минимаксный	-	-	- (один раз)
Произведений	+ (при малом числе реализаций)	-	+- (малое число реализаций)
Гермейера	+	+	+- (один или много раз)
Волошина	-	-	- (один раз)
Минимизации дисперсии	+ (для малого количества решений)	+	+
Оптимистичный	+	-	+
Байеса - Лапласа	+	+	+
Гурвица	+ (определяется готовностью ЛПР к риску)	-	+- (малое количество раз)
Аддитивный	+ (для малого количества решений)	-	+- (малое количество раз)

Прежде чем начать проектирование сети инженер собирает всю необходимую информацию. Так как предусмотреть заранее, что предстоит в будущем невозможно, используется статистическая информация по предыдущим проектам, делаются предпроектные изыскания, которые позволяют существенно снизить неопределённость при проектировании. Предположим, что метод должен учитывать то, что вероятности проявлений внешней среды неизвестны, так как в ходе проектирования могут возникнуть новые проявления, с которыми необходимо считаться.

Для того чтобы учесть все возможные события, исправить ошибки можно реализовывать решение несколько раз, в первую очередь для проверки метода и анализа результатов его действий.

Самым главным параметром, по которому будем производить выбор, является наличие риска. Именно этот фактор определяет решительность лица, принимающего решения (ЛПР), уверенность в получении оптимального результата, возможность доказательства того, что пожертвовав некими материальными средствами сейчас, в будущем будет получена большая выгода. Таким образом, формальное представление идеального метода, которое является решающим правилом нашей задачи выбора, имеет следующий вид (+ , - ,+/ -).

На следующем этапе будем проводить выбор альтернативы, используя векторные критерии. Чтобы не упустить оптимальное решение, воспользуемся критерием Слейтера. Сравнение альтернатив выполняется пошагово. На каждом этапе отбрасываются явно худшие альтернативы. При попарном сравнении, на первом шаге мы видим, что явно не соответствуют критерий Сэвиджа, минимаксный критерий и критерий Волошина. Вторым шагом будет попарное сравнение альтернатив по второму параметру. Решающему правилу не удовлетворяют модальный критерий, критерий максимизации вероятности, минимизации

дисперсии, критерий Байеса – Лапласа и Гермейера. Соответственно далее сравниваем по третьему параметру.

На заключительном этапе сравнения мы получаем три альтернативы, которые удовлетворяют выбранному решающему правилу. Согласно критерию Слейтера, для нашей задачи выбора оптимальными вариантами являются использование критерия произведений, критерия Гурвица или аддитивного критерия.

Таким образом, мы получили множественное эффективное решение. Получить единственное решение путем привлечения дополнительной информации с целью использования более сильных критериальных постановок не представляется возможным, так же как и какое-либо ранжирование или введение и расстановка весовых коэффициентов. В данном случае можно сугубо субъективно выбрать одну альтернативу. Допустимость риска является основополагающим условием, и поскольку критерий Гурвица учитывает насколько ЛПР готов к риску – данная альтернатива оптимальна.

Литература

1. *Волошин О.Ф.* Теория принятия решений: Учебное пособие. / Волошин О.Ф., Мащенко С.О. - Издательский – полиграфический центр «Киевский университет» , 2006 .
2. *Черноруцкий И.Г.* Методы принятия решений – СПб.:БХВ - Петербург,2005.
3. *Гайворонская Г.С.* Оптимальный синтез информационных сетей: Пособие для магистров / Гайворонская Г. С. – Одесса: ОДАХ, 2011. – 94 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ HTML5 И МИКРОФОРМАТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ САЙТА

Кривенко А.С., Терновой М.Ю., Федорова К.П., Штогрина Е.С.
Национальный Технический Университет Украины «Киевский политехнический институт»
Институт Телекоммуникационных Систем
E-mail: alexakryvenko@gmail.com, ternovoy@its.kpi.ua, kristinafdrv@gmail.com, L_Shtogrina@mail.ru

Creating IT-club website using HTML5 and microformats

In this paper we propose an approach to create a website using semantic markup and microformats on example of IT Club website. This approach aims to introduce the semantics of the web document, and increase the degree of relevance of the website when dealing with search engines. We consider the new language features HTML5 markup compared to HTML4.

Введение

С возрастанием количества разнообразных данных и рекламы на сайтах, нахождение необходимых данных, которые определяют релевантность веб-страницы при поиске, становится затруднительным [1]. Также на сегодняшний день не существует единой стандартизированной схемы разметки веб-страниц, что является причиной разной интерпретации одного и того же кода. В настоящее время универсальным языком разметки веб-страниц является HTML4 [2]. Однако он имеет некоторые недостатки, например, не позволяет четко обозначить и отделить друг от друга такие части веб-страницы, как шапка (header), меню, основная часть, нижний колонтитул (footer), в которых содержится разная по смыслу информация. Кроме того он не содержит семантической составляющей [3]. Это привело к тому, что на смену HTML4, разрабатывается HTML5 [4]. Также частично решить вышеописанные проблемы, за счет применения специальной разметки к таким данным, как события, контакты, местоположения, позволит применение микроформатов [5].

Применение HTML5 и микроформатов при создании сайта позволит структурировать и формализовать представляемую информацию и за счет этого улучшить представление информации для восприятия человеком, предоставит возможность дельнейшего извлечения ее программными агентами и поисковыми системами, что в свою очередь позволит увеличить релевантность сайта при выдаче результатов поиска.

В работе на примере сайта IT-клуба Института телекоммуникационных систем (ИТС) рассматривается применение языка разметки веб-страниц HTML5 и технологии для описания информации о событиях, людях, организациях и т.д. – микроформатов.

Для решения вышеописанных проблем в HTML5 включены новые теги <header>, <aside>, <article> и <footer>. Тег <header> позволяет определить заголовок страницы, <article> - статью или выделить часть содержимого веб-страницы [2], а тег <footer> определяет нижний колонтитул для раздела или страницы [3]. Дополнительным нововведением в HTML5 является тег <nav>. Он применяется для определения частей веб-страницы, связывающих её с другими веб-страницами или с частями текущей страницы. Данный тег чаще всего используется для основной навигации на сайте [6]. В HTML4 для определения данных частей страницы используются тег , разметка таблицами и фреймы, которые не несут в себе никакой семантической составляющей. Отсюда следует, что логическая структура кода, как и читабельность его для других разработчиков зависит только от человека.

Семантическая разметка повысит эффективность проведения поисковой оптимизации, путем отделения полезной для пользователей веб-ресурса информации от служебной информации, необходимой для поддержания работы сайта, а также от дизайнерских решений, позволяющих улучшить восприятие информации человеком. К такой служебной информации относятся части страницы, в которых располагается список категорий, ссылки, различные рейтинги, реклама, а также счетчики посещаемости (сайд-бары), навигация и т.д..

В табл. 1 приведено сравнение структуры тела веб-страницы на языках HTML4 и HTML5 на примере части сайта IT-клуба ИТС. Продемонстрировано применение тегов, описанных выше.

Таблица1

Сравнение структуры тела веб-страницы на языках HTML4 и HTML5

HTML4	HTML5
<body> <img src = "image/logo.png" class = logo> <h1 >IT-club</h1> <h2>make things easier...</h2> Главная Члены клуба Календарь <Встречи Новости: <h1>История</h1> IT клуб был создан в 2011 году на основе кафедры ИТМ Направления работы: Изменено: 2012-03-04 </body>	<body> <**header**> <img src = "image/logo.png" class = "logo"> <**hgroup**> <h1>IT-club</h1> <h2 >make things easier...</h2> </**hgroup**> </**header**> <**nav**> Главная Члены клуба Календарь Встречи </**nav**> <**aside**> Новости: </**aside**> <**section** id = content> <h1>История</h1> <**article**> IT клуб был создан в 2011 году на основе кафедры ИТМ Направления работы: </**article**> </**section**> <**footer**> Изменено:<**time** datetime = "2012-03-04T08:23:11+02:00">2012-03-04</**time**> </**footer**> </body>

Представление информации на сайте с помощью микроформатов - специальных правил разметки таких типов данных как события, отзывы, контакты и т.д., в свою очередь позволяет поисковым системам, программным агентам и веб-приложениям единым образом извлекать нужную информацию из веб-страниц [7].

Для описания контактов и событий календаря на сайте используются микроформаты hCard и hCalendar.

hCard - это микроформат для описания организаций, компаний, людей и мест. Применение микроформата hCard на сайте IT-клуба ИТС позволяет сделать контактную информацию доступной поисковыми системами и интернет пользователям непосредственно из кода html, а не из внешних файлов [8]. Ниже приведено описание контактной информации IT-клуба ИТС с помощью данного микроформата:

```
<div class="vcard">
   <div>
        <span class="fn org">ITM-IT-club</span>
   </div>
   <div class="adr">
         <span class="postal-code">03056</span>,
         <span class="country-name">Украина</span>,
         <span class="locality">г. Киев</span>,
```

```
        <span class="street-address">пер. Индустриальный, 2</span>
    </div>
 <div>E-mail:
        <span class="email">itm-it-club@googlegroups.com</span></div>
 <div>Встречи:
        <span class="workhours">каждую пятницу с 16:00 до 18:00</span>
 </div>
</div>
```

hCalendar является микроформатом для разметки календарных событий [9]. Он позволяет поисковым системам и браузерам получать информацию о событии, при обнаружении в коде страницы идентификатора класса vevent. Пример описания встречи IT-клуба ИТС с помощью микроформата hCalendar приведен ниже:

```
<div class = "vevent">
  <span class = "summary"><h3>Встреча ИТ-клуба №9</h3></span>
  <div>Тема: <span class="description">Redmine, Swoogle</span></div>
  <div>Категория:
  <span class = "category">Онтологии, веб-сервисы</span></div>
  <div>Дата:
        <abbr class="dtstart" title = "2011-12-7T16:00:00">7.12.2011 Начало:
    16:00</abbr>
        <abbr title = "2011-12-7T18:00:00" class = "dtend"> Конец: 18:00</abbr>
  </div>
</div>
```

Календарное событие полностью внедрено в код HTML, а не является ссылкой на внешний файл с календарем. Применение данного микроформата позволяет участникам IT-клуба ИТС и другим пользователям импортировать события в онлайн-календари, Microsoft Outlook и др.

В работе был рассмотрен подход к вёрстке сайтов с использованием HTML5 и микроформатов на примере сайта IT-клуба ИТС. Использование вышеописанных технологий при создании сайта IT-клуба позволит повысить релевантность при поиске, а также предоставит возможность управления событиями и организации времени участников IT-клуба ИТС.

Литература

1. 4 проблемы SEO, которые решает HTML 5. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://webmarketing.by/poiskovaya-optimizatsiya/4-problemyi-seo-kotoryie-reshaet-html-5/ . Дата обращения: 06.03.2012
2. Introduction to HTML 4. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. –Режим доступа: http://www.w3.org/TR/REC-html40/intro/intro.html. Дата обращения: 05.02.2012
3. HTML5 differences from HTML4. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://www.w3.org/TR/html5-diff/. Дата обращения: 10.02.2012
4. HTML5.A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML.Editor's Draft 7 March 2012 [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://dev.w3.org/html5/spec/Overview.html. Дата обращения: 01.03.2012
5. Microformats: the next (small) thing on the semantic Web? / Khare, R. // Internet Computing, IEEE – Vol. 10 – P. 68 - 75
6. Avoiding common HTML5 mistakes. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://html5doctor.com/avoiding-common-html5-mistakes/
7. Microformats for Innovative Lexicons. / Fugate, S.; Ellen, J.; Rubin, S. // Granular Computing (GrC), 2010 IEEE International Conference on 14-16 Aug. 2010 - P.172 – 177
8. Microformats specification. hCard 1.0. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://microformats.org/wiki/hcard. Дата обращения: 01.03.2012
9. Microformats specification. hCalendar 1.0. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://microformats.org/wiki/hcalendar. Дата обращения: 01.03.2012

УДК 621.372

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ ОПТИЧНОГО ФІЛЬТРУ НА МІКРОРЕЗОНАТОРАХ

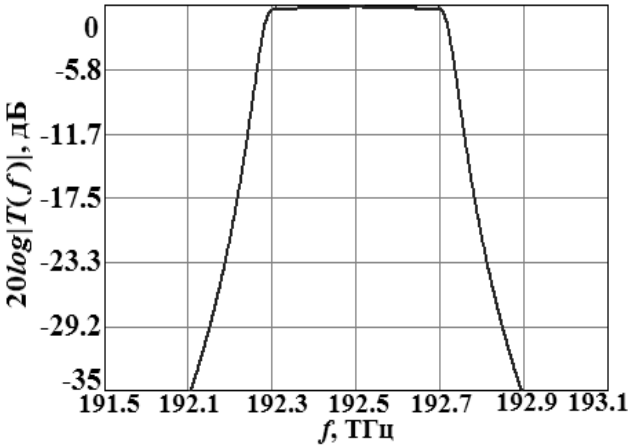
Власенко А.О.
Національний технічний університет України «КПІ», ІТС
E-mail: ecrir@ukr.net

Methodology of determination of dielectric disk-resonator filter internal structure

The methodology of determination of optical dielectric disk-resonator filter internal structure is provided. The paper implies an obvious case of particular methodology implementation.

Метою даної роботи є розгляд методології визначення внутрішньої структури оптичного фільтру на мікрорезонаторах. Вихідними даними для даної задачі є кількість резонаторів та матриця коефіцієнтів зв’язку цих елементів між собою та з хвилевідною лінією [1]. Ця інформація, в свою чергу, стає відомою на етапі моделювання амплітудно-частотної характеристики фільтру та її оптимізації згідно вимог тієї чи іншої технології передачі оптичних сигналів. Проміжним кроком при переході від математичної моделі до з’ясування конкретної фізичної архітектури фільтру є визначення виду використовуваних мікрорезонаторів та безпосередньо матеріалу, з якого вони мають виготовлятися.

У якості прикладу може бути розглянута модель оптичного смугового фільтру на семи мікрорезонаторах, який має наступні характеристики АЧХ:



- смуга пропускання за рівнем -3 дБ: 433.8 ГГц; центральна частота – 192,5 ТГц;
- загасання в смузі: -0.187 дБ;
- смуга за рівнем -30 дБ: $192{,}5\cdot10^{3}$ ±342 ГГц.

Рис. 1. АЧХ оптичного фільтру

Такі показники фільтру забезпечуються наступними величинами коефіцієнтів зв’язку:

$$K=\begin{vmatrix} 5{,}8\cdot10^{-3} & 2{,}75\cdot10^{-3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2{,}75\cdot10^{-3} & 0 & 1{,}35\cdot10^{-3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1{,}35\cdot10^{-3} & 0 & 1{,}98\cdot10^{-3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1{,}98\cdot10^{-3} & 0 & 1{,}98\cdot10^{-3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1{,}98\cdot10^{-3} & 0 & 1{,}35\cdot10^{-3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1{,}35\cdot10^{-3} & 0 & 2{,}75\cdot10^{-3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2{,}75\cdot10^{-3} & 5{,}8\cdot10^{-3} \end{vmatrix},$$

де K_{ij} – коефіцієнт зв’язку між і-тим та j-им резонаторами;
K_{ij} – коефіцієнт зв’язку між і-тим резонатором та хвилеводом.

Як видно з матриці, всі резонатори зв'язані попарно-послідовно між собою, а перший і останній резонатори – також із хвилеводом. Добротність матеріалу складає 10^5.

При обранні конкретного різновиду мікрорезонаторів, перевага була надана дисковим резонаторам, які вирізняються такою суттєвою перевагою, як можливість монолітної інтеграції з рештою елементів мікрочіпу, та вже встигли зарекомендувати себе у якості надійної бази для масового виробництва фільтрів комерційного вжитку. Крім того, важливим аспектом є тип з'єднання між елементами пристрою, який може бути горизонтальним (коли всі вони перебувають в одній горизонтальній площині) та вертикальним (коли розташування елементів за вертикальною віссю може змінюватись) [2]. На даному етапі було обрано останній, адже він уможливлює більш компактну інтеграцію елементів та полегшує задачу точного з'єднання резонатору та хвилеводу – за даного підходу хвилевід та мікродиск не мають обов'язково бути однакової товщини. Крім того, в даному випадку значно простіше регулювати відстань між резонатором та хвилеводом, а відтак – встановлювати необхідне значення коефіцієнту зв'язку.

Саме остання згадана залежність коефіцієнту зв'язку резонаторів від відстані між ними і дозволяє точно визначити внутрішню конфігурацію фільтру. При цьому слід зазначити, що головну роль в даному випадку відіграє не абсолютне значення цієї величини, а приведене – до робочої довжини хвилі фільтру. Звідси випливає можливість використання для досягнення зазначених цілей залежностей не тільки для оптичного діапазону, а й менш високочастотних. Що, власне, і було здійснено із залученням даних роботи [3], де у якості резонаторів використовуються керамо-алюмінієві мікродиски.

Робочим коливанням в даному випадку виступає мода галереї, що шепоче, Е-типу $WGE_{N,1,1}$ [4], де N – кількість варіацій поля за азимутальною координатою, а два останніх індекси – за радіусом та повздовжньою віссю, відповідно.

Для того, щоб такий фільтр міг забезпечити необхідний рівень ізоляції від завад, сусідні до робочого резонансні піки мають бути придушеними. Цього можна досягнути шляхом застосування резонаторів із різними діаметрами. Їх розміри підбираються таким чином, щоб резонансний відгук одного резонатору співпадав із мінімумом іншого, і навпаки. Придушення мод вищих порядків гарантується точним узгодженням розміру резонатора з робочою довжиною хвилі.

Для полегшення ходу розв'язання задачі було додатково зафіксовано:

- діаметри кілець: D1=2,629 мкм та D2=3,115 мкм.
- ширина хвилеводу: s=0,357 мкм;
- глибина перекриття резонаторів: w=0,26 мкм (рис. 2).

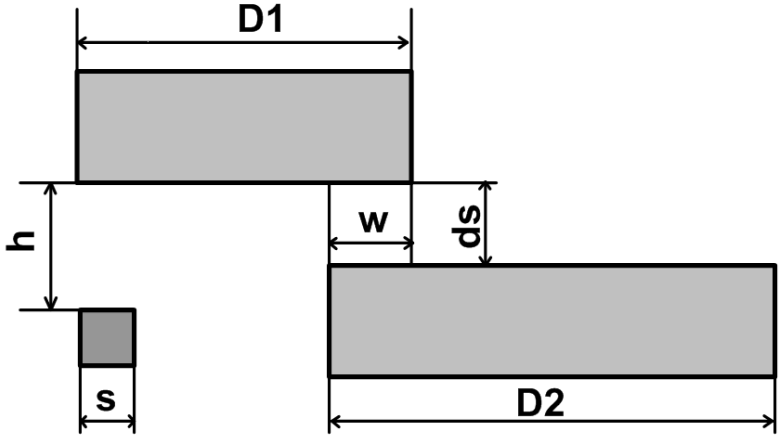


Рис. 2. Взаємне розташування резонаторів та хвилеводу

Маючи в розпорядженні залежності величин коефіцієнтів зв'язку від відстані між елементами [3], було визначено наступні невистачаючі значення рознесення елементів:

- відстань між хвилеводом і резонатором (однакова і для першого диску, і для останнього): h=0,692 мкм;

- відстані між першим і другим, шостим і сьомим резонаторами: ds12=ds67=0,165 мкм;
- відстані між другим і третім, п’ятим і шостим резонатором: ds23=ds56=0,287 мкм;
- відстані між третім і четвертим, п’ятим і четвертим резонатором: ds34=ds45=0,302 мкм.

Таким чином, всі необхідні для визначення фізичної архітектури фільтра параметри знайдено.

Запропонований підхід дозволяє в повному обсязі визначити внутрішню структуру оптичного фільтру на мікрорезонаторах, маючи при цьому мінімально необхідну кількість вихідних даних; а також надає можливість уникнути надмірних кроків за рахунок фіксації значень певної кількості параметрів. Крім того, описана методика вказує на шляхи узагальнення досвіду та результатів дослідження діелектричних резонаторів у порівняно менш високочастотних діапазонах на оптичний.

Література

1. Ильченко М.Е., Трубин А.А. Электродинамика диэлектрических резонаторов. – К.: Наукова думка, 2004, – 266 с.
2. Geuzebroek D.H., Driessen A. Ring-Resonator-Based Wavelength Filters // D-Book. Springer. 2006. 379 p
3. Sato Y., Kogami Y. A Milimeter Wave Filter Using the Whispering-Gallery Mode Dielectric Resonators Coupled Latteraly. // IEICE Trans. Electron., Vol.E88-C, No. 7. 2005. pp.1440 – 1447.
4. Lioubtchenko D., Tretyakov S., Dudorov S. Millimeter-Wave Waveguides // Kluwer Academic Publishers, Boston. 2003. 195 p.

УДК 621.317.328

ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ АНТЕНН

Бутович Д.Р., Щекатурин А.А.
Севастопольский национальный технический университет,
кафедра радиотехники и телекоммуникаций
E-mail: pulson@inbox.ru

The influence of concrete structures on the antenna radiation characteristics

In this paper the influence of the region near the antenna and orientation UHF Yagi antenna on its radiation characteristics are studied numerically.

Размещение антенн на объектах из железобетона приводит к искажению их диаграмм направленности. Главным образом это происходит за счет того, что к излучаемому полю антенны добавляется поле наведенных антенной токов в арматуре железобетонной конструкции, на которой антенна крепится.

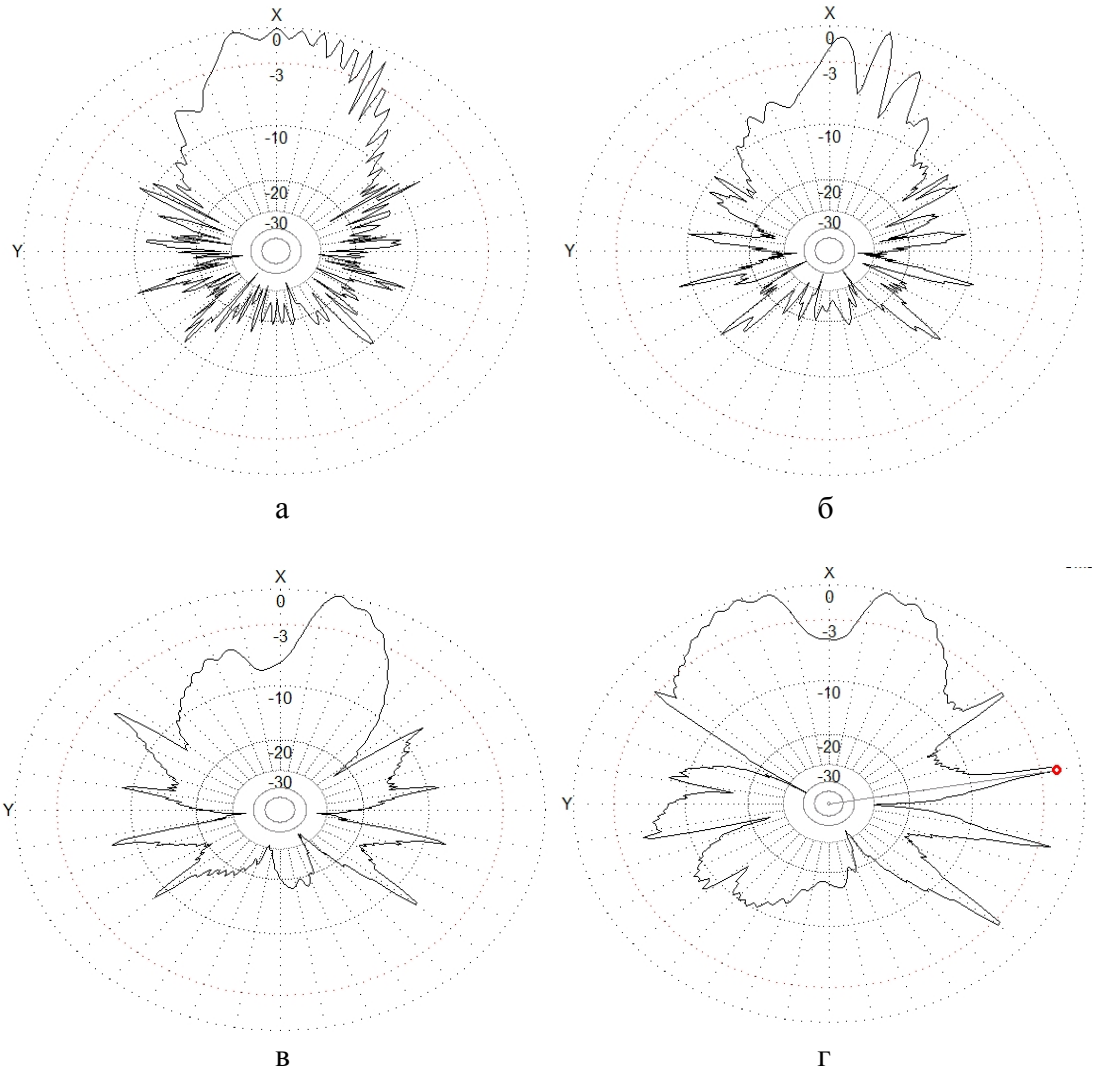


Рис. 1 — Диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости для различных расстояний от антенны до поверхности железобетонной конструкции при плоскости антенны, параллельной плоскости поверхности

Аналитической теории антенн посвящено большое количество работ. Однако, анализ влияния области крепления антенны представляет собой сложную задачу и может быть выполнен только численно.

Для моделирования работы антенн использовалась программная среда *MMANA*, вычислительной основой которой является программа *MININEC*, разработанная для американских *BMC* в *Washington Research Institut*.

При теоретическом исследовании в качестве базовой была выбрана директорная антенна.

При моделировании принято, что диаметр арматуры в железобетонной конструкции составляет 12 мм, шаг между прутьями арматуры — 300 мм. Моделирование проводилось для частоты $f = 2{,}45$ ГГц.

На рис. 1 показаны диаграммы направленности антенны для различных расстояний h от антенны до горизонтальной поверхности железобетонной конструкции для случая, когда плоскость антенны параллельна поверхности; а) $h = 8\,\lambda$; б) $h = 3\,\lambda$; в) $h = 0{,}5\,\lambda$; г) $h = 0{,}1\,\lambda$. Числа на рисунке соответствуют плотности потока мощности излучения в децибелах.

Из рис. 1 видно что $h < 8\lambda$ диаграмма направленности антенны начинает существенно искажаться. При $h < 3\lambda$ появляется изрезанность главного лепестка, которая увеличивается при уменьшении h. Изрезанность диаграммы направленности для случая $h = 0{,}1\lambda$ хорошо видна на объемной диаграмме направленности, показанный на рис. 2. Основной лепесток диаграммы направленности при уменьшении h прижимается к горизонтальной плоскости. Кроме того, влияние арматуры железобетонной конструкции приводит к нарушению симметричности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, которая также увеличивается с уменьшением h.

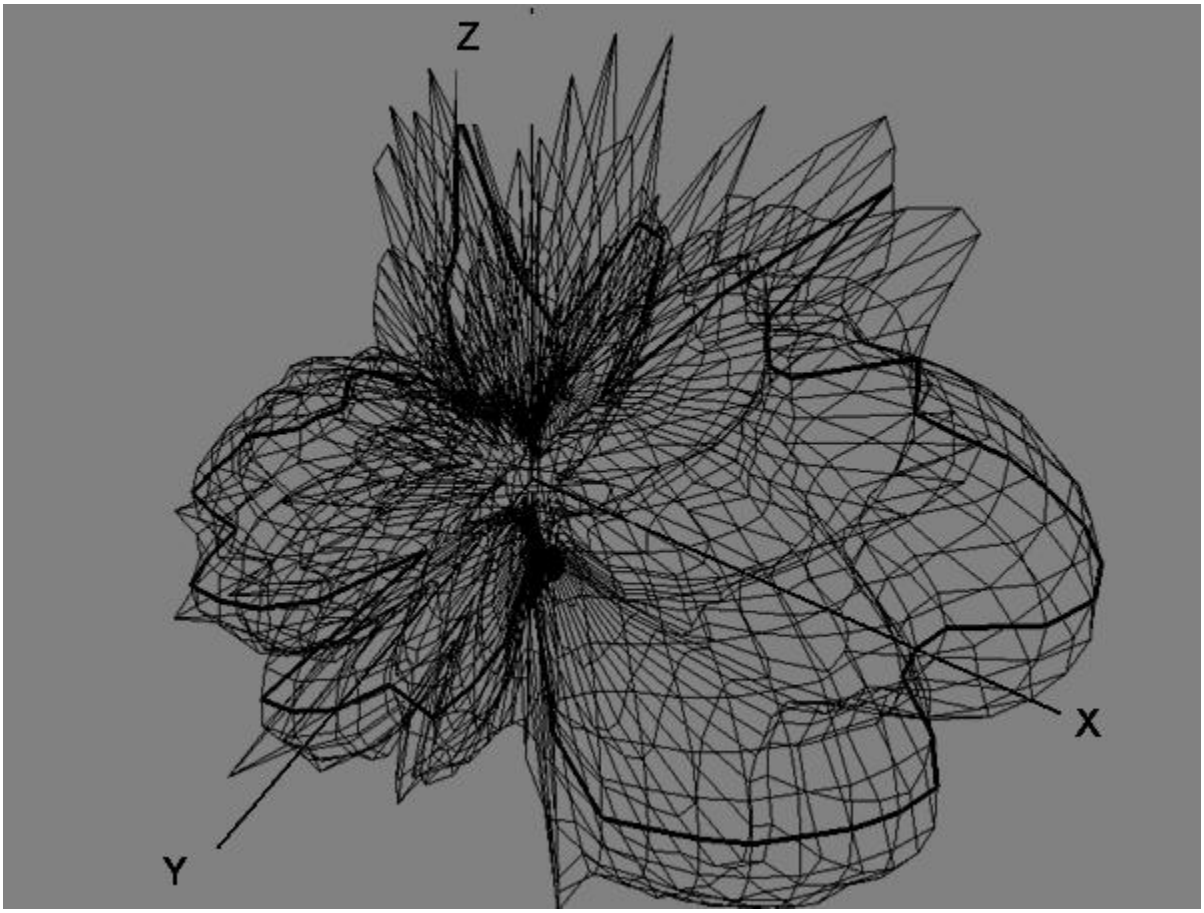


Рис. 2 — Трехмерная диаграмма направленности антенны для случая $h = 0{,}1\lambda$

На рис. 3 показаны диаграммы направленности в горизонтальной плоскости для размещения базовой антенны перпендикулярно плоскости железобетонной конструкции; а) $h = 8\lambda$; б) $h = 3\lambda$; в) $h = 0{,}5\lambda$; г) $h = 0{,}1\lambda$. Из рис. 4 видно, что диаграмма направленности в горизонтальной плоскости мало меняется при изменении h не изрезана вплоть до значений $h \approx 0{,}1\lambda$.

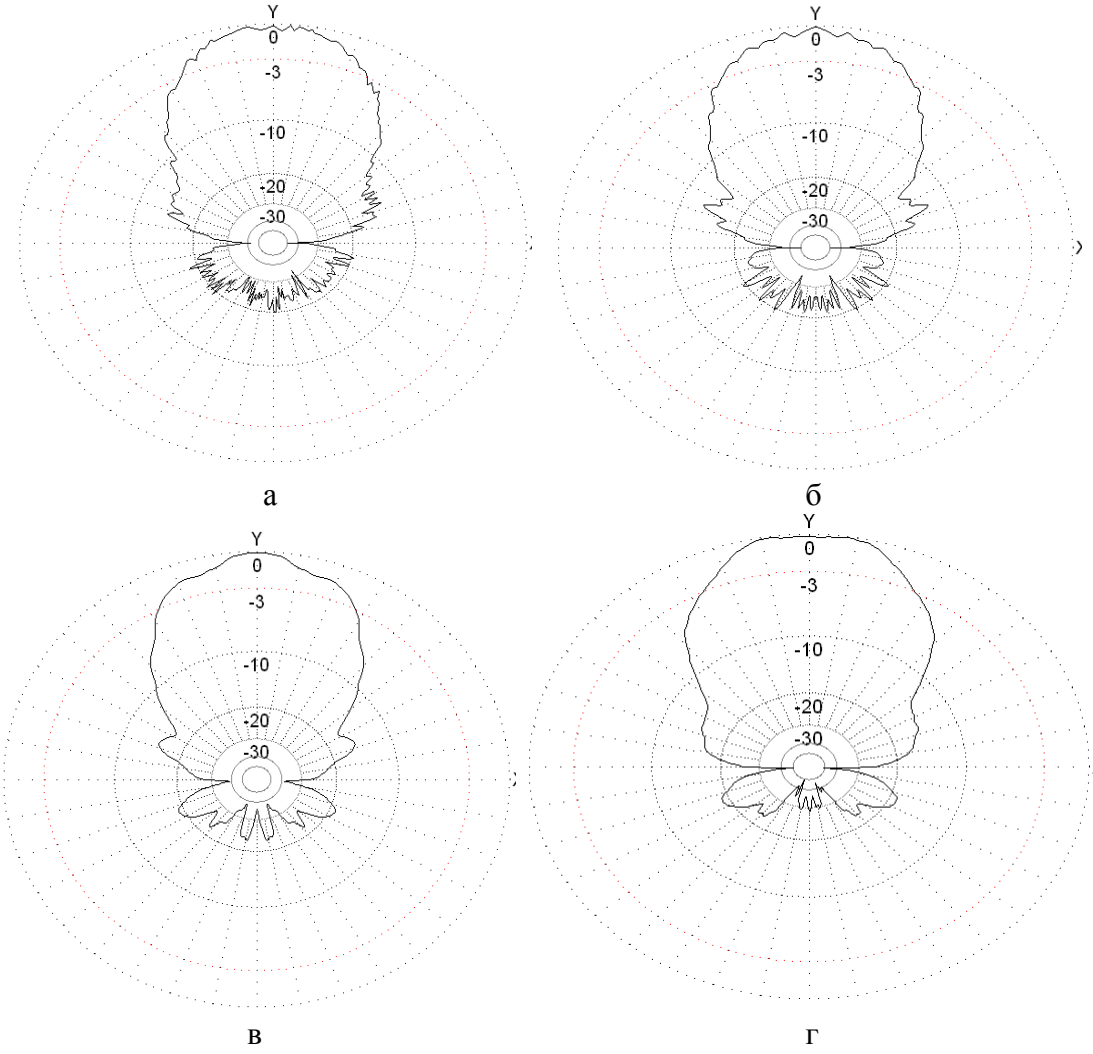


Рис. 3 — Диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости для различных расстояний от антенны до поверхности железобетонной конструкции при плоскости антенны, перпендикулярной поверхности

При увеличении расстояния h между антенной и поверхностью железобетонной конструкции угол максимального излучения в вертикальной плоскости увеличивается, достигая максимума при $h = 3{,}95\lambda$, и затем снова уменьшается. Это связано с интерференцией волн, отраженных от прутков арматуры, образующих регулярную структуру.

В результате выполненной работы определены качественные и количественные характеристики влияния ориентации антенны и расстояния от антенны до железобетонной конструкции, на которой крепится антенна, на диаграмму направленности. Показано, что предпочтительным является размещение антенны перпендикулярно плоскости поверхности опоры, так как в этом случае диаграмма направленности антенны меньше отличается от диаграммы антенны в свободном пространстве.

УДК 621.396.67

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ПЛОСКОСТНОЙ АНТЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Нудьга А.А.

Севастопольский национальный технический университет

Definition radiation pattern planar antenna structure

This paper presents a method for determining the multiband antenna radiation pattern. The method is based on a conditional subdivision radiating structures at elementary radiators, and a summation of the components of the electric field of all the triangles in a point observation.

Введение

Аналитический подход к решению задачи нахождения составляющей напряженности электрического поля в дальней зоне антенны часто представляет отдельный интерес при разработке радиотелекоммуникационных устройств. Антенное устройство одно из важнейших составляющих систем использующих радиоканал для передачи данных. Построить антенну, способную работать в широком частотном диапазоне иногда весьма проблематично, поэтому, отдельно, для каждого стандарта передачи данных разрабатывается антенна, характеристики которой будут приемлемыми для использования. Применение многодиапазонных антенн может помочь уменьшить пространство, которое занимают отдельные антенные устройства.

Основная часть

Рассмотрим антенну, способную резонировать на двух частотах, структура которой показана на рис. 1. Построение антенны осуществляется с помощью аффинных преобразований, треугольник *ABC* трансформируется в треугольники *ADF, DBE, FEC.*

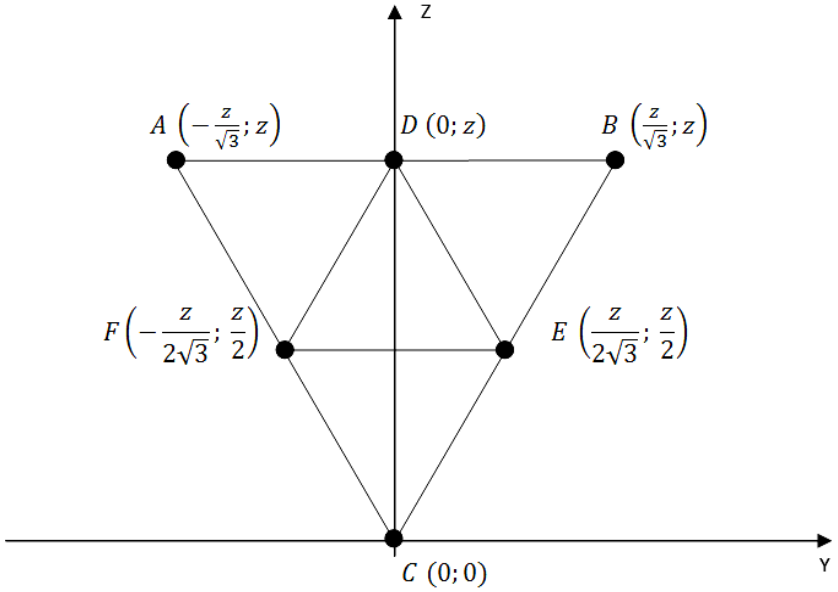


Рис. 1. Геометрия двухдиапазонной антенны

Треугольники *ADF, DBE, FEC* — выполнены из металла, а треугольник *FDE* представляет отверстие треугольной формы. Возбуждение структуры обеспечивается подключением внешнего источника в точке *C*. Современные методы нахождения поля в дальней зоне зачастую сводятся к моделированию систем в пакетных продуктах. Электродинамические методы, использованные в программах, не всегда доступны пользователю и понятны физически. Поэтому рассмотрим метод определения поля излучения антенны, основанный на решении системы уравнений с неизвестными токами, текущими по ее поверхности.

Используя уже хорошо освоенную методику аффинных преобразований, разобьем каждый металлический треугольник на элементарные треугольные площадки, в пределах

которых ток будем считать постоянным и линейно поляризованным (далее рассмотрим случай ориентации элементарных токов вдоль оси *Z*). Высота элементарных треугольников определяется исходя из условия: $l < \lambda/16$, где λ — длина волны возбуждающего поля [1]. Геометрия задачи показана на рис. 2.

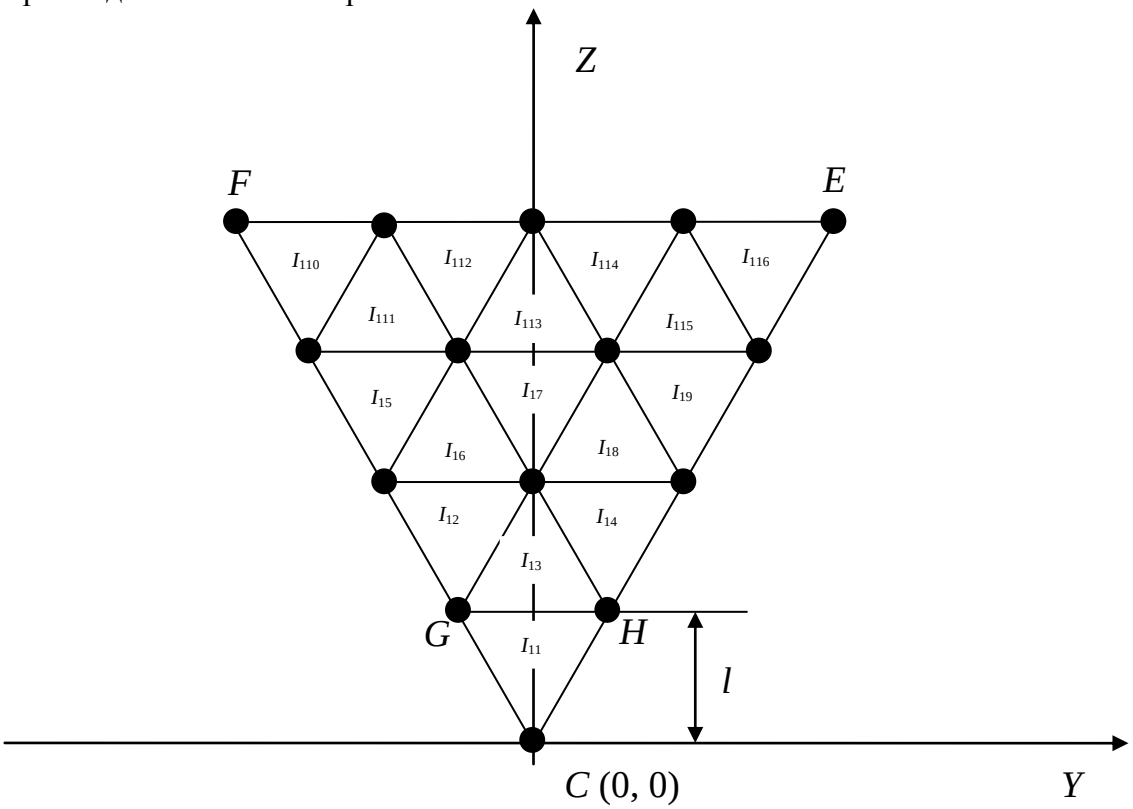


Рис. 2. Элементарные площадки постоянного поверхностного тока

В пределах условно элементарной площадки *CGH* ток постоянен и равен величине I_{11}.

Необходимо найти напряженность электрического поля в точке наблюдения *M*, расположенной в дальней зоне треугольника *ABC* (и элементарных площадок). По известной плотности токов в каждой точке антенны, можно рассчитать электромагнитное поле ее излучения [1].

Определить напряженность электрического поля от каждой элементарной площадки можно по формуле [2]:

$$E(r,\vartheta) = I_{ct}\cdot\frac{\tilde{k}^2 Z_B\, l}{4\pi}\left\{\begin{array}{l} 2\left[\dfrac{1}{(\tilde{k}r)^2}+\dfrac{1}{(\tilde{k}r)^3}\right]\cos\vartheta\, e_r + \\ +\left[\dfrac{1}{\tilde{k}r}+\dfrac{1}{(\tilde{k}r)^2}+\dfrac{1}{(\tilde{k}r)^3}\right]\sin\vartheta\, e_\vartheta \end{array}\right\} e^{-\tilde{k}r}, \qquad (1)$$

где $Z_B = \sqrt{\tilde{\mu}_a/\tilde{\varepsilon}_a} = \dfrac{\tilde{k}}{i\omega\tilde{\varepsilon}_a} \approx \dfrac{k}{\omega\varepsilon_a}$ — волновое сопротивление среды;

$\tilde{k} = k_\alpha + ik_\beta = i\omega\sqrt{\tilde{\mu}_a/\tilde{\varepsilon}_a}$ — коэффициент распространения волны в среде;

I_{ct} — ток неизменный по длине *l*;

l — длина элементарного излучателя;

r — расстояние от элементарного излучателя до точки наблюдения М.

Рассмотрим среду без потерь, тогда $k_\alpha = 0$ и $\tilde{k} = ik_\beta = ik$. Далее упростим выражение (1) и приведем его к виду

$$E(r,\vartheta) = I_{ct} \cdot \frac{k^2 Z_B l}{4\pi} \left\{ \begin{array}{l} 2\left[\frac{1}{(kr)^2} - \frac{1}{i(kr)^3}\right] cos\vartheta e_r + \\ + \left[\frac{1}{ikr} + \frac{1}{(kr)^2} - \frac{1}{i(kr)^3}\right] sin\vartheta e_\vartheta \end{array} \right\} e^{-ikr}. \quad (2)$$

Чтобы найти общее поле антенны, необходимо, зная напряженность поля от каждого элементарного излучателя, сложить их в точке наблюдения

$$E_\sum = \sum_{m=1}^{n} E_m,$$

где m — номер элементарной площадки;

n — количество площадок.

Выводы

Используя метод можно с помощью аффинных преобразований размежевания антенны на элементарные треугольные площадки определить напряженность электрического поля в дальней зоне излучения.

Литература

1. Ашихмин А.В. Анализ направленных свойств плоского биконического вибратора / А.В. Ашихмин, В.К. Маршаков, А.П. Преображенский // Вестник ВГУ Сер. Физика. Математика сб. науч. тр. — Воронеж, 2005, №1. — С. 13 — 19.

2. Семенов Н.А. Техническая электродинамика / Н.А. Семенов. — М. Связь, 1973. — С. 126 — 128.

УДК 621.396.24

ГОМОДИННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ФЛУКТУАЦИЙ АМПЛИТУДЫ И НАБЕГА ФАЗЫ МИКРОВОЛНОВОГО СИГНАЛА

Широков И.Б., Сердюк И.В., Дурманов М.А., Коваль Н.В.
Севастопольский национальный технический университет
E-mail: serdyuk_igor@mail.ru

Homodyne measuring device of amplitude and phase progression fluctuations of microwave signal

The measurement method of amplitude and phase progression fluctuations in a microwave line-of-sight links is considered in the paper.

1. Введение

Большинство современных радиотехнических измерительных систем строятся по супергетеродинной схеме. Однако, для случая измерения набега фазы радиосигнала реализация супергетеродинной схемы построения высокочастотного тракта является проблематичной. Это связанно с тем, что при гетеродинном преобразовании частоты фазовые шумы гетеродинов напрямую влияют на точность измерений. Построение же высокочастотного тракта по гомодинной схеме решает часть задач, связанных с фазовыми шумами, так как при гомодинном преобразовании происходит вычитание начальной фазы исходного измерительного сигнала и сигнала прошедшего через измерительный тракт. Однако для этого необходимо обеспечить синхронизацию опорных генераторов на обоих концах измерительной трассы.

В этой работе описывается принцип работы измерительных систем, с использованием гомодинного преобразования частоты и рассмотрен вопрос обеспечения синхронизации опорных генераторов.

2. Основная часть

Принцип измерения набега фазы с гомодинным преобразованием частоты, заключается в использовании одного и того же генератора для формирования зондирующего сигнала и сигнала гетеродина. Причём в зондирующий сигнал вносят периодический фазовый сдвиг, что позволяет получить сдвиг частоты этого сигнала негетеродинным способом.

Рассмотрим работу измерителя флуктуаций комплексного коэффициента передачи микроволнового канала связи, который описан в работе [1].

Упрощенная структурная схема измерителя показана на рис. 1.

Измерительная система состоит из: микроволнового генератора (МВГ), смесителя (СМ), усилителя низкой частоты (УНЧ), амплитудного детектора (АД), фазового детектора (ФД), Y-циркуляторов $Ц_1$ и $Ц_2$, микроволновых антенн $А_1$ и $А_2$, микроволнового усилителя (МВУ), управляемого фазовращателя (УФВ). На одном конце измерительной трассы размещается первый низкочастотный опорный генератор ($ОГ_1$). На противоположном конце измерительной трассы размещается другой низкочастотный опорный генератор ($ОГ_2$).

Микроволновый генератор МВГ формирует гармонические колебания которые через микроволновый Y-циркулятор $Ц_1$ подают на вход микроволновой антенны $А_1$ и излучают в направлении ретранслятора. Пройдя через измерительный канал, этот микроволновый сигнал получает набег фазы $\Delta\varphi$.

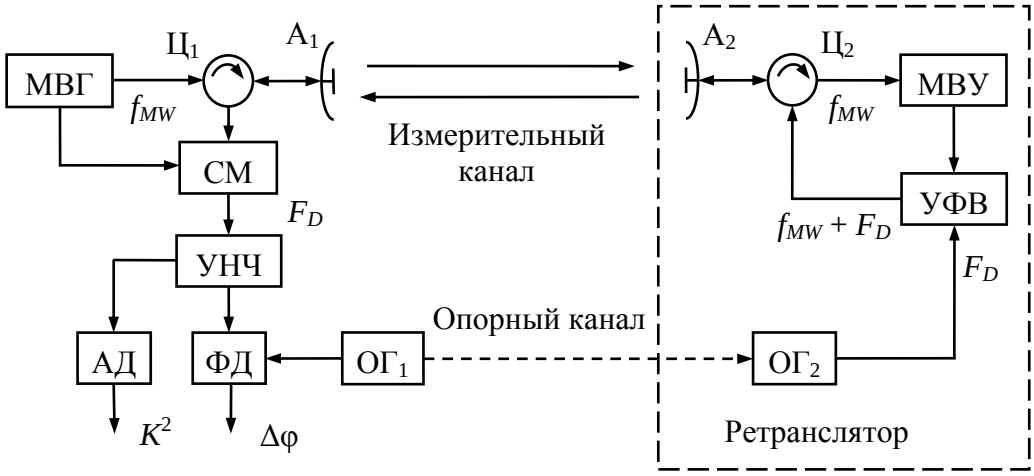


Рис. 1 — Измеритель флуктуаций комплексного коэффициента передачи микроволнового канала связи

Принятые антенной A_2 через микроволновый Y-циркулятор $Ц_2$ эти колебания подают на микроволновый усилитель МВУ. Усиленные колебания подают на сигнальный вход управляемого микроволнового фазовращателя УФВ, который реализует периодически изменяющийся сдвиг фаз микроволновых колебаний. При этом, если за период T_D низкочастотного управляющего сигнала (сигнала опорного генератора $ОГ_2$), управляемый микроволновый фазовращатель вносит сдвиг фаз, изменяющийся от 0 до 2π, то можно говорить о смещении спектра микроволновых колебаний на частоту Доплера, определяемую как $F_D = 1/T_D$ [2].

Вторично прошедшие через измерительный микроволновый канал и принятые антенной A_1 микроволновые колебания снова получают набег фазы равный $\Delta\varphi'$. Так как частота F_D управляющего сигнала много меньше частоты f_{MW} микроволнового измерительного сигнала, то можно считать что набег фазы измерительного сигнала в обратном направлении приблизительно равен набегу фазы в прямом направлении ($\Delta\varphi' \approx \Delta\varphi$) [2]. Таким образом, микроволновый сигнал приобретает набег фазы $2\Delta\varphi$, при прохождении измерительного канала.

Вторично принятые микроволновые колебания перемножают в смесителе СМ с исходными колебаниями, в результате чего на выходе смесителя получают низкочастотные колебания. В результате гомодинного преобразования частоты в смесителе начальная частота и фаза микроволновых колебаний исходного и информационного сигналов взаимно вычитаются. После усиления в низкочастотном усилителе УНЧ и детектирования в амплитудном детекторе АД получают сигнал, пропорциональный затуханию K микроволнового сигнала. На выходе фазового детектора ФД получают сигнал, пропорциональный набегу фазы $\Delta\varphi$ от микроволнового сигнала [2].

Как показано в работе [2], начальная фаза низкочастотного опорного сигнала в ретрансляторе непосредственно переносится в микроволновый измерительный сигнал, при сдвиге частоты. Следовательно, точность синхронизации по фазе опорных генераторов в измерительном блоке и в ретрансляторе непосредственно влияет на точность измерения набега фазы микроволнового сигнала. На точность синхронизации генераторов по фазе в первую очередь влияет стабильность параметров этих генераторов.

Анализ характеристик современных опорных генераторов, выпускаемых ведущими отечественными и зарубежными производителями, показывает, что в зависимости от типа опорного генератора его нестабильность частоты может меняться в пределах от $100 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^{-15}$. При этом, уровень фазового шума при отстройке на 1 кГц может меняться от – 40 до – 150 дБ. Для производства долговременных фазовых измерений использование независимых опорных генераторов, даже высокостабильных, не представляется возможным. В самом деле, относительная нестабильность современных атомных стандартов частоты может достигать 10^{-13} и более, что может обеспечить разбег фаз указанных низкочастотных генераторов за сутки на уровне 0,012 градуса. Но даже в этом случае невозможно производить сезонные измерения флуктуаций фазы микроволновых сигналов. Если же при этом принять во внимание стоимость атомных стандартов частоты и их совершенную непригодность для полигонных измерений, то очевидна нецелесообразность их использования для решения указанных задач.

Таким образом, задача обеспечения синхронизации опорных генераторов на обоих концах измерительной трассы остается актуальной. В этом случае необходимо использовать открытый опорный канал связи для передачи синхронизирующего сигнала. Проведённые теоретические и экспериментальные [3] исследования показали возможность обеспечения точности фазовой синхронизации опорных генераторов не хуже 0,5 градуса. Таким образом, на данном этапе достижимая точность набега фазы гомодинным измерителем флуктуаций амплитуды и набега фазы микроволнового сигнала составляет 1 градус.

3. Заключение

Системы измерения флуктуаций амплитуды и набега фазы микроволнового сигнала, основанные на гомодинном преобразовании частоты, имеют большой потенциал в решении задач исследования микроволновых трасс, оптимизации работы беспроводных сетей передачи данных и мобильной связи, экологического мониторинга, позиционирования объектов, мониторинга состава газовой среды в шахтах, вредных и пожароопасных производствах с большой площадью производственных помещений. Задачей дальнейших исследований является разработка и анализ работы многочастотных и многоканальных гомодинных измерителей флуктуаций амплитуды и набега фазы микроволнового сигнала, а также определения угла прихода микроволнового сигнала.

Литература

1. Пат. 95712 Украины, МПК G01N 22/00, A62B 15/00, E21F 17/00. Спосіб контролю змін інтегрального складу газового середовища // Широков И.Б., Сердюк И.В.; Коваль Н.В., Заявитель Широков И.Б. заяв. 18.03.2010 ; опубл. 25.08.2011, Бюл.№ 16.
2. Гимпилевич Ю.Б., Широков И.Б., Поливкин С.Н. Радиоволновые гомодинные измерительные преобразователи в системах контроля параметров технологических процессов // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ - 2011»: Материалы 7-ой междунар. молодежной науч.-техн. конф., 11 — 15 апреля 2011 г. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. — С. 35 — 37.
3. Сердюк И.В. Исследование влияния шумов в радиоканале на работу системы синхронизации опорных генераторов / И.Б. Широков, И.В. Сердюк // Сборник научных трудов «Радиотехника». — Харьков: ХНУРЕ, 2011. — Вып. 166. — 290 с.

УДК 621.396: 677.73

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛАБОНАПРАВЛЕННОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Безгин А.А., Новоселов Е.А., Савочкин А.А.
Севастопольский национальный технический университет
E-mail: bezya3232@mail.ru

Investigation near-omnidirectional antenna for telecommunication system

In work variant of strip antenna of a range of frequencies 870 … 930 MHz is considered and research of its characteristics is executed.

Требуется разработать слабонаправленную полосковую антенну линейной поляризации диапазон частот 870…930 МГц для системы передачи данных. Возбуждение следует выполнить с помощью коаксиальной линии волнового сопротивления 50 Ом.

В качестве излучателя будем использовать квадратную пластину. Она является частным случаем прямоугольного элементарного излучателя [1]. Направление вектора поляризации излученного поля совпадает с направлением той диагонали квадрата, которая проходит через точку питания элементарного. Согласование излучающего элемента с линией питания определяет эффективность работы антенно-фидерной системы в целом. Как известно, отражение от антенны в линию отсутствует при равенстве ее входного сопротивления характеристическому сопротивлению линии питания. Для начального определения размера излучателя воспользуемся формулой [1]:

$$a_{\text{рез}} \approx \frac{\lambda_0}{\sqrt{2(\varepsilon+1)}}\ ; \qquad (1)$$

где λ_0 — длина волны ($\lambda_0 = 0,33$м), ε — диэлектрическая проницаемость воздуха ($\varepsilon=1$).

Подставив в формулу (1) численные данные, получаем что $a_{\text{рез}} \approx \frac{\lambda_0}{2} = 0,166$м.

Получив размеры антенны необходимо, рассчитать ее характеристики. Для расчета создана модель антенны в системе автоматизированного проектирования *FEKO*. Программа *FEKO* предназначена для решения широкого круга задач, связанных с проектированием СВЧ устройств и антенн, рассеянием электромагнитных волн на сложных объектах, распространением радио волн в городских условиях.

На рисунке 1 изображен внешний вид антенны и использованы следующие обозначения: 1 — экран; 2 — излучающая пластина квадратной формы; 3 — линия питания. Излучающий элемент поднят над экраном на 0,01 м. Точка подключения линии питания к излучателю находится на $1/4$ длины диагонали излучателя.

На рисунке 2 изображен график зависимости КСВ от частоты. По графику определяем полосу частот: по уровню 2 — 881…917 МГц; по уровню 3 — 870…930 МГц. На центральной частоте 900 МГц КСВ составляет 1,2 при входном сопротивлении 47 Ом.

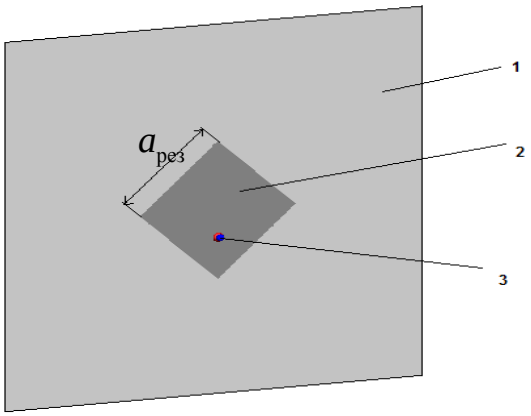


Рисунок 1 — Внешний вид антенны

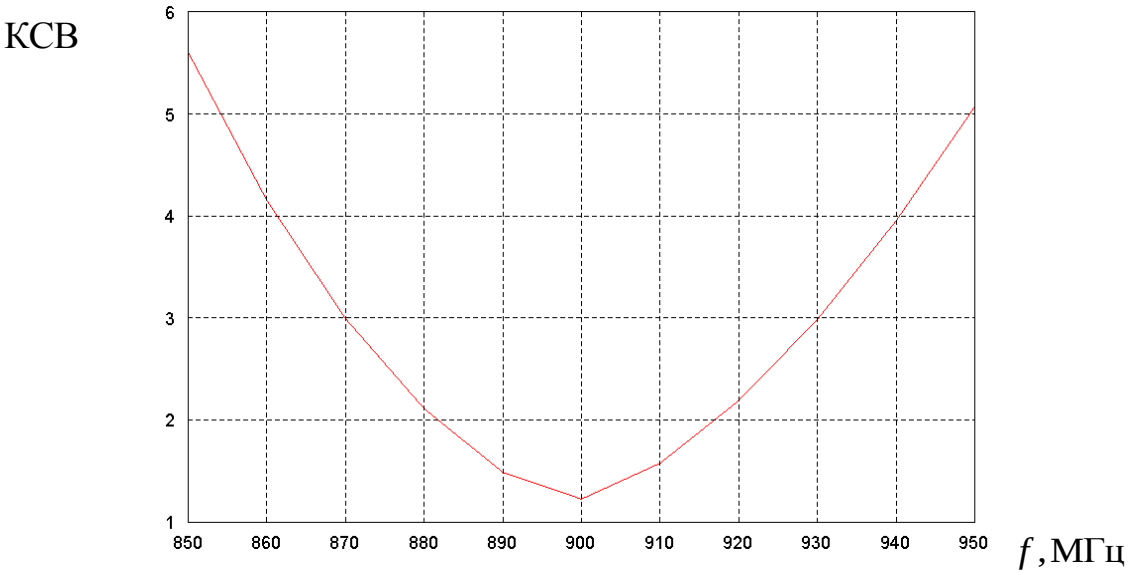


Рисунок 2 — Частотная зависимость КСВ

Таблица 1 — Зависимость коэффициента усиления антенны от частоты.

f, МГц	870	900	930
G	9,4	9,8	9,77

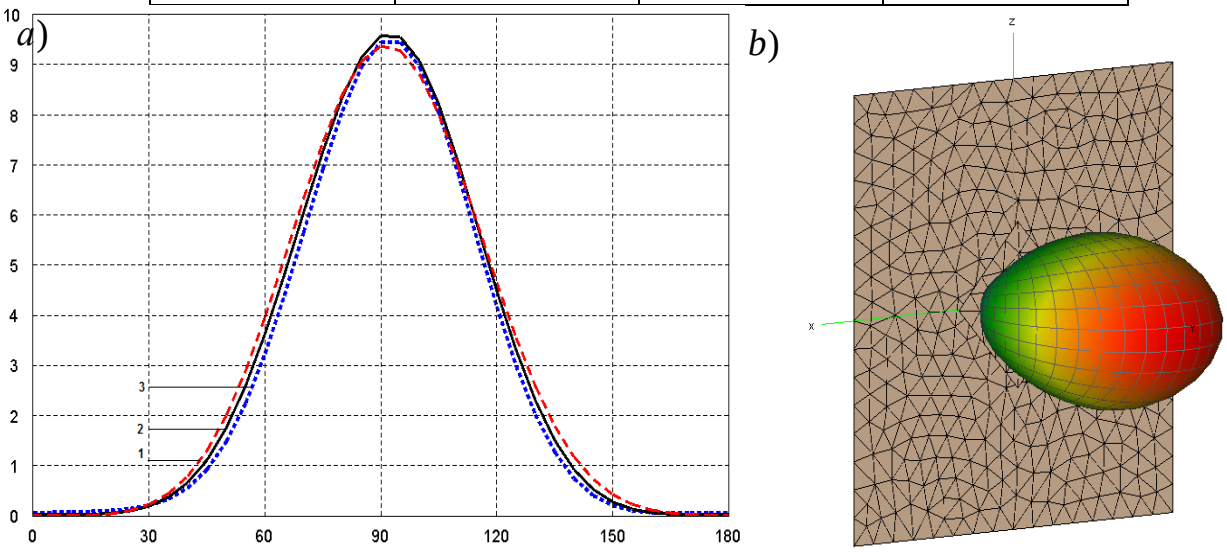
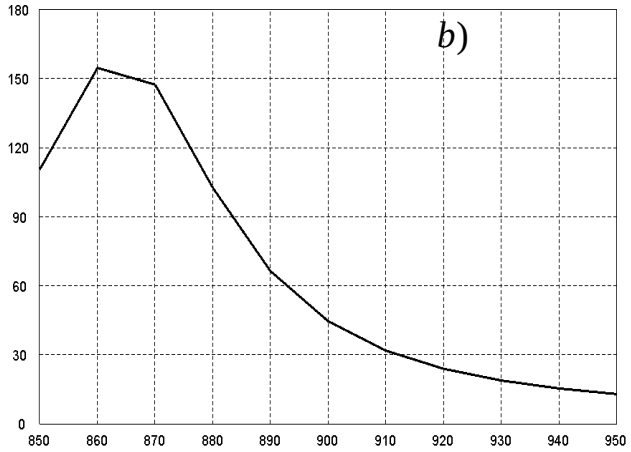


Рисунок 3 — Диаграмма направленности антенны : *a*) в декартовых координатах (1 — 870 МГц; 2 — 900 МГц; 3 — 930МГц); *b)* — пространственная диаграмма направленности (900 МГц)

a)



b)

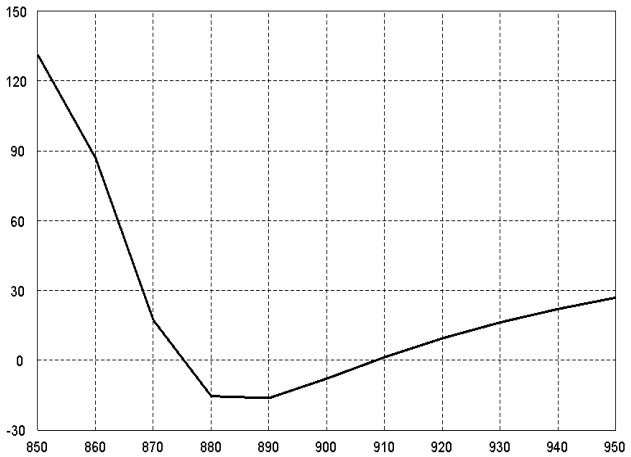


Рисунок 4 — Графики зависимости активного (*a*) и реактивного (*b*) входного сопротивлений от частоты

Как видно из графиков на рис. 3, на частоте 900 МГц (на которой КСВ принимает наименьшее значение) реактивная составляющая сопротивления равна –7 Ом. С ростом частоты реактивная составляющая увеличивается и на верхней граничной частоте составляет 16 Ом. На нижней граничной частоте — 17 Ом. Активная часть входного сопротивления на нижней граничной частоте составляет 150 Ом и с ростом частоты падает. На центральной частоте сопротивление равно 47 Ом, и антенна практически согласована с коаксиальной линией питания.

Библиографический список

1. Электродинамический расчет характеристик полосковых антенн / Б.А. Панченко, С.Т. Князев и др. — М.: Радио и связь, 2002. — 256 с.

АНАЛИЗ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ

Прищепа Т.А., Василенко Е.Ю.
Київський політехнічний інститут «НТУУ КПІ», Київ
E-mail: coup_affair@ukr.net.

Analysis of neural network routing in telecommunications

С каждым годом количество пользователей компьютерных сетей растет. Это, в свою очередь, обуславливает рост сложности структур сетей и взаимодействия между ними. Соответственно усложняется и поиск оптимальных путей в сети для быстрой доставки запросов пользователей сети, т.е. усложняется задача маршрутизации.

Маршрутизация пакетов в сети занимает одно из важных мест в управлении сетью. В виду сложности структур современных компьютерных сетей, задача маршрутизации не решается в полной мере. В большинстве случаев это связано с маршрутизаторами, не справляющимися с поддержанием таблиц маршрутизации и выбором оптимальных маршрутов для данного класса трафика. Поэтому возникает задача исследования существующих алгоритмов маршрутизации с целью улучшения их характеристик, или создания новых алгоритмов маршрутизации.

В работе был предложен новый подход к задаче маршрутизации – алгоритм, базирующийся на адаптивной маршрутизации, который демонстрирует лучшие результаты производительности.

Адаптивная маршрутизация потоков данных имеет ряд преимуществ по отношению к неадаптивной (статической или динамической) маршрутизации, а именно:

-обеспечивает работоспособность и надежность сетей связи при непредсказуемых изменениях их структуры или параметров;

-приводит к более равномерной загрузке узлов и каналов телекоммуникационных систем (ТКС) за счет «выравнивания» нагрузки;

-упрощает управление при сетевых перегрузках;

-увеличивает время безотказной работы при непредсказуемых изменениях параметров и структуры ТКС.

Принцип адаптивной маршрутизации основывается на передаче локальной информации (обратной связи) от соседних узлов или глобальной информации от всех узлов ТКС (данные об отказах или задержках в узлах или каналах связи и т.п.).

Задача управления трафиком в глобальных ТКС распадается на две взаимосвязанные задачи:

1) планирование, оптимизация и адаптация маршрутов передачи потоков данных между узлами ТКС;

2) управление передачей потоков данных по заданному маршруту с адаптацией к изменяющему трафику, возможным перегрузкам или изменениям топологии или параметров ТКС.

Статическая постановка задачи планирования и оптимизации маршрутов передачи данных основывается на предположении, что структура (число узлов, топология и стоимость каналов связи) ТКС известна и неизменна, а в роли внешнего агента-пользователя ТКС выступает один клиент, формирующий запрос к одному из узловых компьютеров сети. Динамическая постановка задачи исходит из того, что структура ТКС может изменяться с

течением времени, но остаётся известной. При этом сетевая информация автоматически обновляется, что приводит к изменению оптимальных маршрутов.

При адаптивной постановке задачи маршрутизация осуществляется в условиях неопределённости, когда топология и параметры каналов связи ТКС, а также трафик могут непредсказуемо изменяться. При этом доступная информация имеет локальный характер. Мониторинг и обновление сетевой информации позволяют адаптивно скорректировать маршруты.

Динамическая модель ТКС с переменной структурой и изменяющимися параметрами описывается графом:

$$G(t) = G((A(t), R(t), W(t)), t\ [t_0, t_T],$$

где A – узлы, R – каналы связи, W – веса (параметры) каналов связи ТКС, которые могут изменяться с течением времени на заданном интервале $[t_0, t_T]$. Использование таких "динамических" графов и соответствующих им матричных моделей ТКС обусловлено тем, что реальная динамика ТКС с переменной структурой и изменяющимися параметрами все еще слабо изучена.

Необходимость в динамической и адаптивной маршрутизации потоков данных в глобальных ТКС возникает в следующих случаях:

1) изменение стоимости каналов связи ТКС (например, при их замене);
2) отказ (выход из строя) в ТКС одного или нескольких каналов связи;
3) добавление в ТКС новых каналов связи;
4) отказ (выход из строя) одного или нескольких узлов ТКС;
5) добавление в ТКС новых узлов;
6) перегрузка каналов связи ТКС;
7) перегрузка (переполнение) буферов узлов ТКС.

Способ реализации сильно зависит от технологии передачи и коммутации пакетов, положенной в основу сети, и от особенностей других взаимодействующих уровней приложений. Отправка трафика пользователя может происходить с использованием двух базовых операций сети: коммутация каналов и коммутация пакетов (которые также связанные с понятиями ориентированный и неориентированный на соединение.)

Адаптивные маршруты, в принципе, более привлекательны, так как они могут адаптировать способ маршрутизации к временным и к пространственным изменениям трафика. Как недостаток такого подхода выделяют то, что слишком частые изменения в сети могут стать причиной колебаний в выбранных путях. Это обстоятельство, в свою очередь, может привести к созданию циклических путей, а также к большим отклонениям в выполнении алгоритма. К тому же адаптивная маршрутизация может привести к противоречивым ситуациям, которые могут возникнуть при выходе из строя узлов, линий связи или при изменении локальной топологии. Однако, все эти проблемы устойчивости более характерны для сетей неориентированных на соединение.

Маршрутизация играет важную роль в обслуживании коммуникационных сетей. При правильно организованной маршрутизации возможно оптимизировать такие важные показатели производительности сети как пропускная способность и задержка пакетов.

Литература

1. Тимофеев А.В. Проблемы и методы адаптивного управления потоками данных в телекоммуникационных системах. – Информатизация и связь, №1-2, 2003, с. 68–73.
2. Бертсекас Д., Галлагер Р., Сети передачи данных: Пер.с англ. - М.:Мир 1989. - 544с.
3. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. - СПб: Питер, 2003. - 783с.
4. Schoonderwoerd R., Holland O., & Bruten J. Ant-like agents for load balancing in telecommunications networks. In Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents: ACM Press. - 1997. - pp. 209-216.

УДК 621.391

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ SDH

Ковшик А.Г.
Национальный технический университет "КПИ"
E-mail: elmortiss@yandex.ru

The use of wireless sensor networks for monitoring and control of transport networks based on SDH technology

The article discusses the possibility of using wireless sensor network technology to monitor and control the transport network based on technology SDH. Analyzes thecomponents of the sensor networks, their architecture and routing protocols. Describes the technology of wireless sensor networks based on standard 802.15.4/ZigBee.

В последнее время возрастает роль инновационных технологий для решения задач мониторинга и контроля состояния транспортных сетей. Одним из последних достижений в этой области являются беспроводные сенсорные сети (БСС). В данной работе рассмотрены ключевые аспекты разработки беспроводных сенсорных сетей и предложена технология сети для оценки состояния критически важного объекта.

Беспроводная сенсорная сеть состоит из миниатюрных вычислительных устройств – мотов, размеры которых обычно не превышают одного кубического дюйма. На моте размещаются процессор, память – флэш и оперативная, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи, радиочастотный приемопередатчик, небольшой источник питания и датчики. Датчики могут быть самыми разнообразными: от наиболее распространенных, измеряющих температуру, давление, уровень освещенности, до специализированных, позволяющих измерять, например, уровень радиационного фона и содержание CO_2.

Моты применяются для сбора и первичной обработки показаний датчиков. Одним из преимуществ технологии БСС является самоорганизация и способность к самовосстановлению, что особенно важно при мониторинге стратегических объектов. Передача данных по сети происходит поэтапно от одного устройства другому. Маршруты передачи формируются автоматически таким образом, чтобы за конечное число пересылок по сети данные с каждого мота были переданы на шлюз, имеющий соединение с корпоративной сетью. В случае выхода из строя одного или нескольких узлов, структура сети изменяется таким образом, чтобы информация со всех работающих мотов могла быть получена шлюзом.

Возможность развертывания сети в сложных условиях, отсутствие физических коммуникаций и минимальные размеры сенсорных устройств делают технологию БСС чрезвычайно гибкой. Однако существует ряд специфических требований к функциональности БСС, которые необходимо учитывать. Одним из основных требований является реализация механизмов изменения структуры сети, ориентированных на внешние условия, например, на качество связи между узлами, что, в свою очередь, порождает задачу оценки качества связи или, в более общем смысле, «стоимости соединения».

Самой энергозатратной операцией для мотов является передача данных в беспроводное окружение. Потому энергосберегающие формы передачи являются ключевым фактором для продления срока службы мотов, так как он практически целиком зависит от срока службы батарей. В сетях с многозвенной пересылкой сообщений узлы выполняют функции как отправителя, так и маршрутизатора. Поэтому выход из строя некоторых узлов из-за отсутствия питания может вызвать значительные изменения в топологии с дальнейшим перенаправлением пакетов и реорганизацией всей сети, что, в свою очередь, вызовет ещё

большие энергозатраты. Таким образом, эффективное управление энергетическими ресурсами мотов является важным аспектом функционирования беспроводных сенсорных сетей. Однако слишком строгая экономия энергии имеет и негативные стороны, снижая качество и скорость передачи данных, что недопустимо в некоторых приложениях.

Таким образом, протоколы обмена данными должны удовлетворять сразу нескольким требования. Поставленная задача решается на различных уровнях сети: физическом, MAC-уровне, уровне маршрутизации. На физическом уровне основной целью является уменьшение расходов энергии, связанных с пересылкой пакетов данных. На MAC-уровне основная идея заключается в том, чтобы «заставить» моты как можно дольше находиться в спящем режиме, который характеризуется отключением от питания большинства устройств, входящих в состав мота. И наконец, основной заботой уровня маршрутизации является создание эффективных маршрутов многозвенной передачи сообщений от мота-отправителя к приемнику (обычно шлюзу).

Сбор данных беспроводной сенсорной сетью может производиться различными способами в зависимости от целевого назначения конкретной сети. Принимая во внимание различные способы использования сетевых ресурсов, беспроводные сенсорные сети можно разделить на классы в зависимости от вида их функционирования и типа целевого приложения:

- Проактивные сети. Узлы такой сети периодически включают свои сенсоры и передатчики, снимают показания и передают их на базовую станцию. Таким образом, они делают "моментальную фотографию" своего окружения с некоторой периодичностью и используются обычно для приложений, требующих регулярного мониторинга некоторых значений.
- Реактивные сети. Узлы реактивных сетей с некоторой периодичностью снимают показания, однако не передают их, если полученные данные попадают в определенную область нормальных показаний. В то же время сведения о неожиданных и резких изменениях в показаниях датчиков или их выходе за диапазон нормальных значений незамедлительно передаются на базовую станцию. Этот вид сети предназначен для работы с приложениями реального времени.
- Гибридные сети. Это комбинация двух вышеперечисленных типов, где сенсорные узлы не только периодически отправляют снятые данные, но и реагируют на резкие изменения в значениях.

Разработка простых и энергосберегающих алгоритмов для работы беспроводных сенсорных сетей привела к появлению различных архитектурных решений. Выделяют два типа архитектуры беспроводных сенсорных сетей: однородные и иерархические (кластерные). Однородность сети подразумевает, что все узлы выполняют одинаковые функции при сборе, обработке и передаче информации. Этот подход позволяет добиться оптимальной маршрутизации. Пересылка данных происходит по самым удобным маршрутам, что позволяет добиться экономии таких важных ресурсов, как энергия (передача идёт по маршруту с самым высоким запасом энергии) и время (передача происходит по самому короткому маршруту). Для критически важных данных может быть организована передача по наиболее надёжному пути. Агрегирование данных, если необходимо, происходит по мере следования сообщений к базовой станции. Однако при такой организации сети формирование связей между узлами происходит спонтанно, что ведёт к столкновениям пакетов и возникновению задержек, связанным с выходом из спящего режима узлов, находящихся на выбранном пути передачи.

Альтернативным подходом является иерархическая маршрутизация. Она основана на делении сети на области, называемые кластерами. Внутри каждого кластера имеется маршрутизатор – узел, который отвечает за сбор информации со всего кластера, её обработку и дальнейшую передачу. Остальные моты кластера осуществляют только сбор данных и передачу их маршрутизатору. Таким образом, узлы в иерархической сети не равноправны. Во-первых, агрегирование данных происходит на маршрутизаторах, и, во-вторых, пересылка

агрегированных данных далее может производиться только маршрутизаторами. Таким образом минимизируются задержки передачи, поскольку маршрутизаторы доступны всегда. Столкновения пакетов исключены благодаря централизованному методу создания ссылок. Однако такая маршрутизация не предоставляет оптимальных путей передачи данных. К тому же мот, выполняющий функции маршрутизатора, тратит значительно больше энергии, что приводит к быстрому истощению его батарей. Существуют архитектуры, предполагающие использование в качестве маршрутизаторов физически выделенных мотов, обладающих большими запасами энергии и вычислительными мощностями, однако этот подход применим только для узкого ряда приложений.

Сегодня технология беспроводных сенсорных сетей на основе стандарта 802.15.4/ZigBee является единственной беспроводной технологией, с помощью которой можно решить задачи мониторинга и контроля, которые критичны к времени автономной работы датчиков. Объединенные в беспроводную сенсорную сеть, датчики образуют распределенную, самоорганизующуюся систему сбора, обработки и передачи информации. Основной областью применения является контроль и мониторинг измеряемых параметров различных физических полей, сред и объектов.

Использование недорогих беспроводных устройств контроля параметров открывает новые области для применения систем телеметрии и контроля, такие как:

- замена кабелей в системах;
- своевременное выявление возможных отказов исполнительных механизмов по контролю таких параметров, как вибрация, температура, давление и т.д.;
- контроль доступа к системам объекта;
- контроль периметра объекта;
- контроль за перемещением персонала по территории предприятия;
- автоматизация контроля проведения инспекций и технического обслуживания;
- контроль экологических параметров окружающей среды.

Использование беспроводных устройств позволяет создать диспетчерскую систему, обеспечивающую оператору непрерывный доступ к информации о состоянии обслуживаемых объектов.

Литература

1. Mainwaring A., Culler D., Polastre J., et al. // Proc. of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications. Atlanta. ACM, 2002. P. 88.
2. Cordeiro C.M. Ad hoc & sensor networks Theory and Applications / C.M. Cordeiro, D.P. Agrawal. – Singapore: World Scientific Publishing Co., 2006.
3. Бурдонов И.Б. Операционные системы реального времени / И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.Н. Пономаренко. – М.: CITForum, 2006. – 347 с.
4. TinyOS [Электронный ресурс] : сайт проекта TinyOS / Беркли – Университет Калифорнии. – Беркли: University of California, Berkeley, 2006. – Режим доступа: http://www.tinyos.net.

УДК 621.391

АНАЛИЗ СВЯЗАННОСТИ СЕНСОРНОЙ СЕТИ С КОЛЛЕКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Лемеш С.Б.
Национальный технический университет "КПИ"
E-mail: changelife90@gmail.com

Analysis of sensor network connectivity with the collective transfer of information

A new method based on coherent combining of neighboring wireless node emitted fields is proposed for information transmission in wireless sensor networks. Coherent combining allows extending transmission range and can be used to increase the coverage zone and to solve the problem of network low connectivity in case of nonhomogeneous distribution of wireless nodes.

В данной работе предлагается метод коллективной передачи информации, направленный на решение проблемы низкой связанности в сенсорных сетях. Идея данного метода заключается в том, что близко расположенные друг к другу узлы объединяются для синхронной передачи данных на другой узел или точку сбора информации. Предполагается, что в приемном устройстве сигналы от передающих узлов когерентно складываются, таким образом, возникает возможность значительного увеличения дальности передачи информации внутри сети, что может быть использовано для установления или восстановления связи с изолированными группами узлов и должно способствовать повышению связанности и увеличению зоны покрытия сети в целом. Для осуществления когерентного сложения мощностей прежде всего необходимо обеспечить синхронизацию излучения беспроводных узлов. Решение задачи синхронизации генераторов в беспроводных узлах может быть достигнуто на основе стандартного подхода, предполагающего использование систем фазовой автоподстройки. Однако реализация подобных схем синхронизации значительно усложняет устройство беспроводных узлов и существенно повышает их стоимость. Возможно другое решение – это использование в радиопередающих устройствах узлов пассивных рассеивателей, которые переизлучают общее для всех электромагнитное поле (поле подсветки), создаваемое некоторым сторонним источником. Таким образом, обеспечивается когерентность полей излучения беспроводных узлов, при этом внутреннее устройство самих узлов может быть крайне простым. Применение пассивных рассеивателей для передачи информации является новым направлением в развитии беспроводной связи, на данный момент пассивные рассеиватели уже применяются в устройствах считывания данных с беспроводных меток (системы RFID). Важно отметить, что использование общего поля подсветки позволяет существенно снизить энергетические затраты на передачу информации беспроводными узлами. В качестве пассивных рассеивателей могут быть использованы рассеиватели, переотражающие сигнал с преобразованием спектра (т.н. нелинейные рассеиватели), сигнал от которых может быть легко выделен на фоне сильного поля подсветки. Для анализа эффективности предлагаемого метода коллективной передачи информации в работе проводится сравнение связанности сети с использованием коллективной передачи и без нее. Рассмотрен простой адаптивный алгоритм, предполагающий случайный подбор фазовых сдвигов в излучателях, для управления зоной покрытия передающего кластера.

Рассмотрим модель сенсорной сети, имеющей стационарную топологию (рис.1). Пусть все узлы сети одинаковы и случайно распределены по некоторой плоской территории, то есть лежат в одной плоскости.

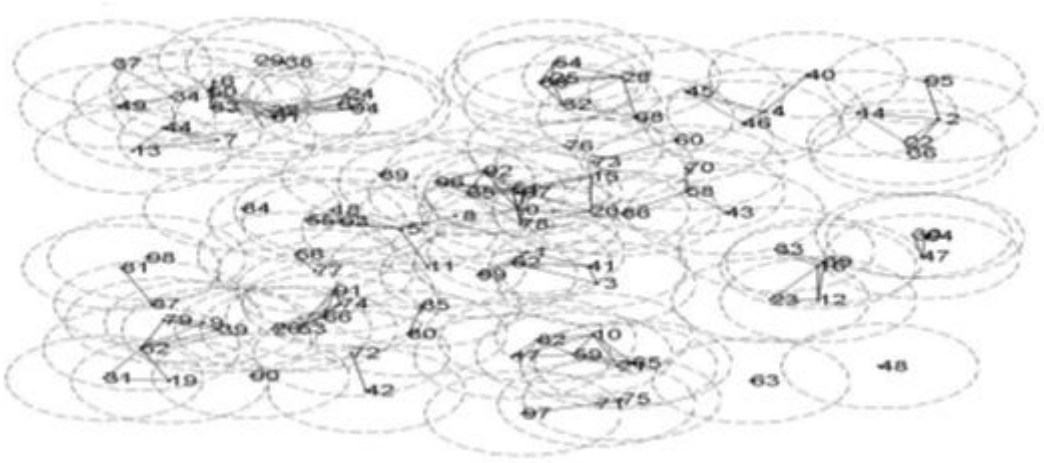


Рис.1. Иллюстрация сенсорной сети с разбиением узлов на кластеры

Предположим, что системы связи узлов устроены таким образом, что каждый узел имеет один и тот же фиксированный радиус действия *R* (рис.1), то есть будем считать, что любые два узла, находящиеся на расстоянии меньше *R*, могут организовать канал связи между собой, в противном случае связь невозможна (при коллективной передачи информации дальность радиосвязи может быть увеличена). Для реализации идеи когерентного сложения мощностей сеть разбивается на кластеры – группы узлов, излучение передатчиков которых может быть синхронизировано по частоте и стабилизировано по фазе. Фактически, подобные кластеры представляют собой виртуальные антенные решетки, формирующие общее поле излучения. Для образования кластеров используется энергетически эффективный алгоритм самоорганизации узлов, основанный на идентификационном номере, который изначально присвоен каждому узлу. Данный алгоритм предъявляет следующие требования, которые обеспечиваются в большинстве протоколов канального уровня в беспроводных сетях:

1. Каждый узел имеет уникальный идентификационный номер и знает идентификационные номера ближайших соседей, т.е. узлов, находящихся внутри радиуса действия данного узла.
2. Сообщение, переданное узлом, принимается корректно всеми ближайшими соседями данного узла за конечное время.

В данной работе используется алгоритм кластеризации, в результате действия которого главным (центральным) узлом кластера становился узел, обладающий наибольшим количеством соседей (узлов на расстоянии меньшем *R*), например узлы № 2, 4, 28 – главные узлы в своих кластерах (рис.1). Логику работы алгоритма можно представить следующим образом:

1. Обмен идентификационными номерами между ближайшими соседями.
2. Рассылка каждым узлом информации о количестве ближайших соседей.
3. Узел, имеющий максимальное количество соседей и минимальный номер в случае, если несколько узлов имеют одинаковое количество соседей, передает сообщение о том, что он является центральным узлом. Приняв данное сообщение от одного или нескольких узлов, остальные узлы присоединяются к кластеру, в котором центральный узел имеет максимальное количество соседей (минимальный номер в случае одинакового количества соседей у нескольких узлов).
4. Посылка узлами, не являющимися центральными, сообщения со своим номером и номером центрального узла своего кластера, таким образом, главные узлы знают все узлы, входящие в кластер.

В результате действия алгоритма каждый кластер имеет топологию «звезда», то есть связь между узлами кластера происходит через центральный узел. Прямая связь между центральными узлами отсутствует.

Данный алгоритм позволяет получать кластеры компактной формы, что важно для организации на их основе виртуальных антенных решёток. Узел, принадлежащий кластеру, для передачи информации предварительно распределяет свои данные между узлами кластера через центральный узел, а затем эта информация по команде центрального узла синхронно передается всем кластером на любой из узлов другого кластера.

При расчете суммарного поля от системы излучающих узлов сети комплексная амплитуда поля на расстоянии r от каждого узла вычисляется по эмпирической формуле, полученной для приземных каналов связи:

$$E(r) = E_s(\frac{r}{R})^{-d} \exp(-ikr) \quad , \qquad (1)$$

где Es – фиксированный порог чувствительности по полю для приёмных устройств,

k - волновое число в свободном пространстве, d – степень затухания поля, которая варьируется от d = 1 (для модели свободного пространства) до d = 2 (для модели распространения радиоволн над проводящей поверхностью). Радиус действия R является фиксированным и не зависит от выбранной степени затухания d (предполагается, что для разных степеней затухания мощность излучателей разная, обеспечивающая постоянство параметра R). Площадь покрытия увеличивается по сравнению с общей площадью покрытия одиночных узлов, однако граница этой зоны сильно изрезана. Важно отметить, что изрезанность зоны покрытия приводит к тому, что связь между двумя кластерами, использующими метод коллективной передачи информации, может быть как двунаправленной, так и однонаправленной. Таким образом, возможна реализация алгоритмов передачи данных, которые предполагают посылку служебных сообщений, подтверждающих правильность передачи данных.

Литература

1. N. Li and J. C. Hou, “Flss: a fault-tolerant topology control algorithm for wireless networks,” in ACM MobiCom, 2004.

2. J. L. Bredin, E. D. Demaine, M. Hajiaghayi, and D. Rus, “Deploying sensor networks with guaranteed capacity and fault tolerance,” in ACM MobiHoc, 2005.

3. J. Cheriyan, S. Vempala, and A. Vetta, “Approximation algorithms for minimum-cost k-vertex connected subgraphs,” in 34th Annual ACM Symposium on the Theory of Computing, 2002.

4. A. Kashyap, S. Khuller, and M. Shayman, “Relay Placement for Higher Order Connectivity in Wireless Sensor Networks,” in IEEE INFOCOM, 2006.

УДК 627.372

АНАЛИЗ СИСТЕМ ОХРАНЫ ПЕРИМЕТРОВ С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ СЕНСОРАМИ

Борисенко Д.В., Лысенко А.И.
Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»
E-mail: dv.borisenko@gmail.com

Perimeter security systems with fiber-optic sensors

Different methods of movement registration with help of fiber-optic sensors are described.

Волоконно-оптические кабели, используемые обычно для передачи информации, можно использовать также и в качестве датчиков для периметральных охранных систем. Деформация оптического волокна изменяет его оптические параметры и, как следствие, характеристики проходящего через волокно излучения. В силу специфики используемых физических принципов оптоволоконные системы отличаются очень малой восприимчивостью к электромагнитным помехам, что позволяет использовать их в неблагоприятной электрофизической обстановке. В качестве источника излучения обычно используются миниатюрные полупроводниковые лазеры или светодиоды. На выходе кабеля излучение регистрируется фотоприемником, который преобразует оптический сигнал в электрический. При деформациях волокна изменяются условия внутреннего отражения, в результате чего претерпевают изменения фазовые и пространственные характеристики луча на выходе кабеля. Эти изменения регистрируются фотоприемником и обрабатываются анализатором сигналов. В волоконно-оптических охранных системах используются различные методы регистрации сигналов вторжения:

Метод регистрации межмодовой интерференции

Если многомодовый оптоволоконный кабель подвергается механическим воздействиям, то на его выходе регистрируемый приемником спектр излучения меняется, что позволяет детектировать деформации кабеля.

Метод регистрации спекл-структуры

На выходе многомодового оптоволокна наблюдается так называемая "спекл-структура", представляющая собой нерегулярную систему светлых и темных пятен. При деформациях или вибрациях волокна спекл-структура излучения претерпевает изменения. Для детектирования деформаций кабеля здесь применяют пространственно-чувствительные фотоприемники.

Интерференционный метод

В этом методе используется принцип двухлучевой интерферометрии. Луч лазера расщепляется на два и направляется в два идентичных одномодовых оптических волокна, одно из которых является детектирующим, а другое - опорным. На приемном конце оба луча образуют интерференционную картину. Механические воздействия на чувствительный кабель приводят к изменениям интерференционной картины, которые и регистрируются фотоприемником.

Технология, получившая название M/V, позволяет обнаруживать движение и вибрации кабеля (Movement & Vibration - M/V). Сенсорный кабель (*рис. 1*) подключается к начальному и оконечному модулям. M/V-анализатор связан с начальным модулем через пассивный оптический кабель. Излучение от полупроводникового лазера подается в чувствительный элемент и система регистрирует отраженный от концевого модуля сигнал.

Рис. 1. Структурная схема технологии M/V для обнаружения движения и вибраций волоконно-оптического кабеля

При перемещениях или вибрациях многомодового оптического волокна изменяется распределение энергии между отдельными модами. Эти изменения регистрируются оптическим фотоприемником и обрабатываются анализатором. В системе M/V используется многомодовые оптические волокна с диаметром сердечника 62,5 мкм. Источником света служит полупроводниковый лазер мощностью 1…2 мВт, работающий на длине волны 1,31 мкм. Технология M/V позволяет регистрировать вибрации в диапазоне частот от нескольких герц до 300…600 герц. Система на базе многомодового волокна позволяет организовывать зоны охраны протяженностью до 6 км и используется главным образом на эластичных (деформируемых) оградах.

Для защиты жестких металлических используются системы , где волоконный датчик встроен в верхний горизонтальный канал панели ограды, через которую проходят вертикальные стойки ограды. Датчик полностью скрыт крышкой; он реагирует на деформации горизонтального канала ограды, возникающие при попытке ее преодоления. Многомодовый волоконный кабель имеет сердечник со структурой 100/140 мкм, удельное поглощение - 7 дБ/км. В системе использован полупроводниковый лазер с длиной волны 850 нм и эффективной полосой частот не менее 200 МГц. Электронный блок приемника/передатчика анализирует сигналы кабеля и выдает сигнал тревоги при превышении определенного порога механического воздействия на ограду. Такие системы отличаются низким уровнем ложных тревог и практически не нуждается в техническом обслуживании. Однако недостатком является их относительно низкая чувствительность. Для срабатывания системы требуется приложить к ограде усилие более 40 кг или деформировать прутья ограды, создав между ними зазор не менее 220 мм

Нижеописана схема, предназначенная для защиты подходов к объектам или для запретных зон. Оптический кабель располагается вдоль границы охраняемого периметра и маскируется защитным покрытием. Кабель помещают между двумя эластичными матами и укладывают в виде параллельных петель с шагом 20 см под поверхностью земли на глубине 5 см. Сенсор обнаруживает изменения давления, вызываемые идущим или ползущим человеком. Кабель имеет сердечник диаметром 100/140 мкм; внешний диаметр кабеля - 2,4 мм. Электронный блок устанавливают под землей в специальном колодце, закрытом металлической крышкой. Подземный сигнальный кабель соединяет анализатор с контрольной панелью. При правильной подготовке периметральной траншеи подземная охранная система эффективно работает в пустынях, на травяных и гравийных грунтах, а также под асфальтовыми дорогами.

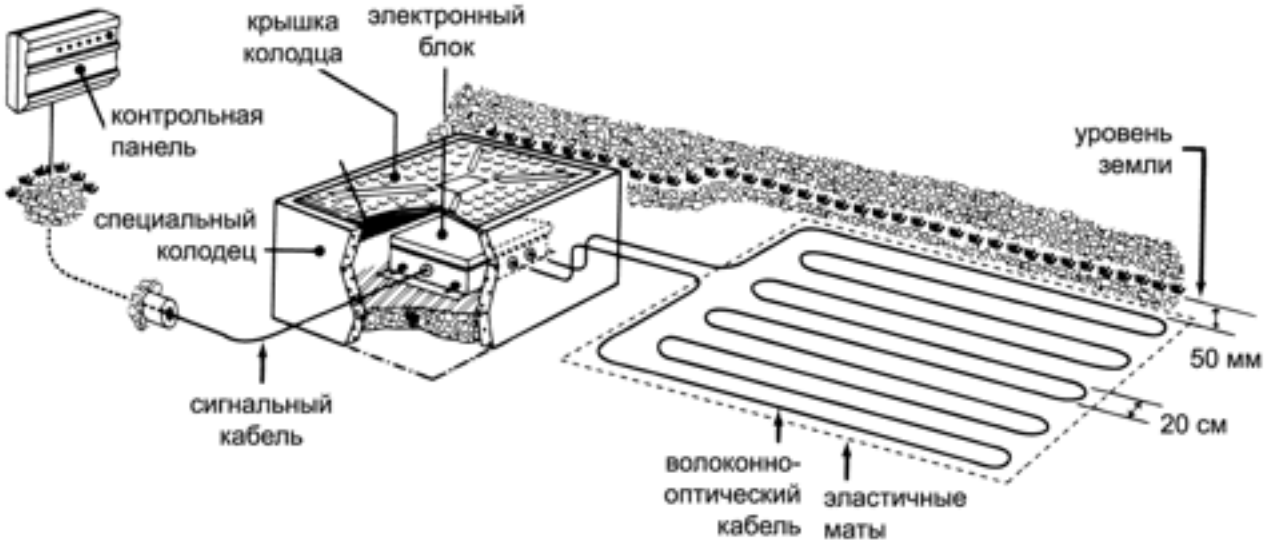


Рис. 2. Структурная схема подземной волоконно-оптической системы

Волоконно-оптические распределенные сенсоры находят широкое применение для охраны периметров и могут использоваться для организации сигнальных рубежей различных типов.Достоинства: невосприимчивость к электромагнитным излучениям и электробезопасность.Максимальная длина одной зоны охраны может достигать десятков километров. Привлекательной особенностью систем является отсутствие на периметре активного электронного оборудования; это позволяет снизить расходы на монтаж и обслуживание охранной системы.К ограничениям применения оптоволоконных систем можно отнести сложность процедуры сращивания и ремонта кабелей в полевых условиях, для которых требуется применение микроскопа и дорогостоящего устройства для сварки волокон.

Литература

1. Введенскии Б.С. Волоконно-оптические сенсоры в системах охраны периметра // Мир и безопасность. – 2006.– No4-5.
2. *А.* Куликов, А. Игнатьев Алгоритм безопасности №4 Санкт-Петербург. 2010.

СТУДЕНТСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ „СК-12”

Секція 6. Сенсорні телекомунікаційні мережі

РАССМОТРЕНИЕ ПОДСИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ И ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ МОБИЛЬНОГО УЗЛА СВЯЗИ

Шутов А.Ю., Липатов А.А.
НТУУ «КПИ», Институттелекоммуникационныхсистем
E-mail:shutovau@gmail.com

Justification of the choiceof subsystemsof satellite communications andbroadband wireless accessto perform the tasksof mobilecommunication hub

Thisreport considerstwo subsystemsof mobilecommunications hub, enablingto organizewirelessdata channelsfor the tasks.

Узел связи (в широком смысле) — совокупность технических средств связи, обеспечивающих оказание услуг связи и подключения к сети общего пользования. Мобильный узел связи (МУС) – совокупность технических средств связи, располагающихся на шасси транспортного средства и обеспечивающих оказание услуг связи и доступа к сети общего пользования в местах, где отсутствует необходимая для этого инфраструктуры.

В докладе представлены две подсистемы МУС:спутниковой передачи данных и широкополосного беспроводного доступа (ШБД).

Эти подсистемы обеспечивают организацию:беспроводной связи на местности;спутникового канала передачи данных в ситуационный центр (СЦ) для принятия решения и выдачи ответа в удаленную точку;связи между подобными мобильными узлами в движении;корректного взаимодействия подсистем в составе мобильного узла связи.

Пользовательские интерфейсы указанных подсистем – Ethernet порты (10/100/1000 BaseT). Подсистемы взаимодействуют между собой через коммутатор, входящий в состав МУС. Управление всеми подсистемами осуществляется с помощью одной общей программы мониторинга и диагностики, в которую будут устанавливаться уникальные MIB-файлы каждого устройства узла.

Общая структура МУС представлена на рисунке 1.

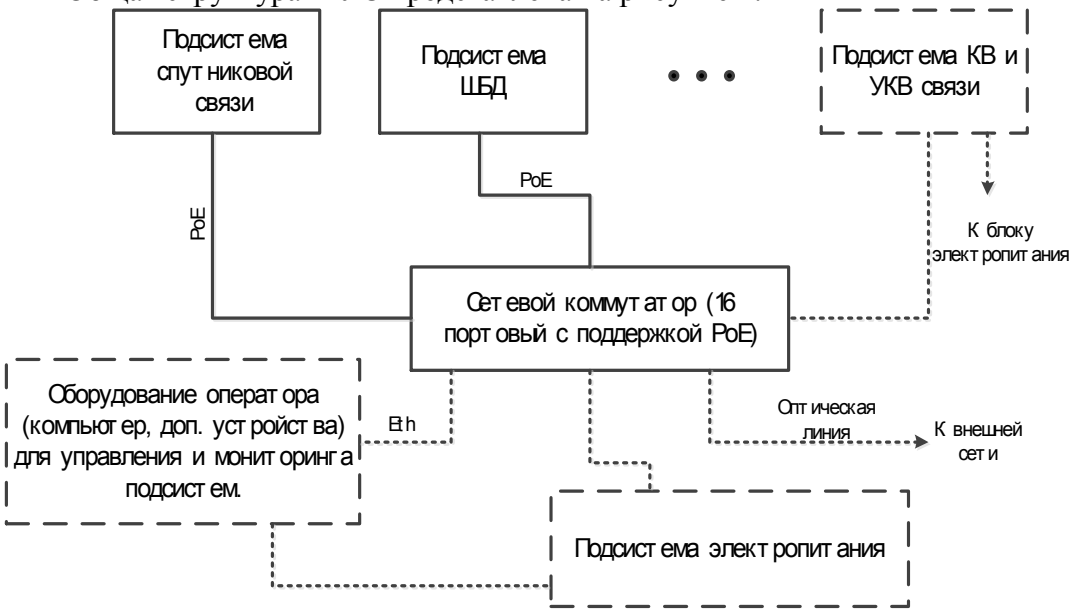


Рис. 1. Общая структура МУС

Рассмотрим более подробно оборудование подсистем.

Спутниковая подсистема передачи данных предназначена для организации магистрального канала связи для передачи информации из удаленной точки в ситуационный центр (СЦ).

Для организации спутникового канала передачи данных предлагается использовать оборудование Tooway от компании Eutelsat. Характеристики абонентской станции спутниковой связи: диаметр антенны 80 – 90 см; круговая поляризация;скорость передачи до 4 Мбит/с;скорость приема до 10 Мбит/с;Ethernet интерфейс (1 Гбит/с).Для организации канала связи используется спутник KA-SAT.

Характеристики спутника:рабочий диапазон: Ка (UL: 27,5 - 30,0 ГГц; DL: 17,7 - 20,2 ГГц);количество лучей: 80 (на Украину 3 луча);общая пропускная способность: 70 Гбит/с (порядка 900 Мбит/сна один луч);координата позиции на GEO: 9^0E.

Использование Ка-диапазона, за счёт удвоения частотного спектра, позволяет предотвращать интерференцию между антеннами с малым диаметром. Достоинством является многократноепереиспользование частот (MULTISPOT).Дополнительная возможность, помимо широкополосного Интернета, прием спутникового телевидения на эту же антенну, при условии юстировкидополнительного конвертера на соседний спутник 13^0 E, который вещает до 1000 ТВ программ.[5]

Подсистема ШБД предназначена для организации локальной сети передачи данных, а также для предоставления канала связи между близко расположенными обьектами (до 10 км), используя топологии «точка-точка» и «точка-многоточка». Подсистема осуществляет обмен даннымив стационарном положении, на стоянке и при движении МУС.

Для организации локальной сети передачи данных в удаленной точке при отсутствии необходимой инфраструктуры предлагается использовать оборудование ШБД (как вариант, оборудование Инфинет). Радиоканал организован по стандарту типа 802.11n, проприетарный (собственный) протокол. Достоинством данной системы являются: эргономичность, компактность, функциональность.

Основные характеристики оборудования ШБД: скорость передачи от 35 Мбит/с до 240 Мбит/с; частотный диапазон (2300-2700; 3400-3700; 4850-6450 МГц); ширина полосы частот (5, 10, 20, 40 МГц); модуляция (BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 64 OFDM, 64/128 OFDMMIMO); метод доступаTdm+polling; мощность передатчика до 500 мВт; рабочий температурный диапазон от -55^0 до $+ 60^0$ C;QoS (16 приоритетов, поддержка IEEE802.1p, поддержка IPTOS / DiffServ, многофункциональная поддержка VoIP, ограничение и перенаправление трафика, автоматическая приоритезация голосового трафика).

Таким образом, мобильный узел связи (МУС) с помощью рассмотренных подсистем позволяет решать задачи организации связи в условиях отсутствия необходимой инфраструктуры. Подсистема спутниковой связи позволит передавать и принимать информацию из внешних сетей на скоростях достаточных для голосового и видео трафика, а такжедля передачи данных. Подсистема ШБД позволит организовывать локальную сеть передачи данных для организации связи на удаленной местности, охватывая территорию порядка 25 $км^2$.

Литература

1. Техническое руководство «MINT» по оборудованию Инфинет
2. http://www.infinet.ru
3. Техническое руководство SkyMAN
4. http://casesupport.infinet.ru/acl_users/credentials_cookie_auth/require_login?came_from=http%3A//casesupport.infinet.ru/index.html/index.html/folder_tabular_view
5. Журнал wirelessukraine, #6 декабрь 2010.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦИРКУЛЯР ПО ЧАСТОТАМ ИФИК БР (КОСМИЧЕСКИЕ СЛУЖБЫ)

Подгородецкий А.А. и Лемеш С.Б.
Институт Телекоммуникационных Систем НТУУ «КПИ»
E-mail: sasho4eg.ne@gmail.com

International Frequencies Information Circular (BR IFIC)

International Frequencies Information Circular the BR IFIC is a list of applications for frequency resource, created by the ITU to facilitate the coordination and planning the distribution of frequencies. Due to the large amount of information that the BR IFIC is published in two parts, namely, terrestrial and space services.

На сегодняшний день получение частотного ресурса является серьезной проблемой, связанной с удовлетворением большого количеством требований МСЭ к телекоммуникационным системам и постоянной необходимостью использования персонального частотного ресурса без помех для других пользователей, а также его международной правовой защиты. Именно для этого МСЭ был создан международный циркуляр по частотам ИФИК БР (BR IFIC).

Международный циркуляр по частотам ИФИК БР (BR IFIC) представляет собой список заявок на получение частотного ресурса, созданный МСЭ для облегчения координационного и планового распределения частотного и орбитального ресурсов. Из-за большого объема информации, ИФИК БР публикуется в двух частях, а именно, по наземным и космическим службам. ИФИК БР выходит раз в две недели на DVD, и включает в себя информационную часть, базы данных частотных присвоений и прикладное программное обеспечение, предназначенное для координации при создании новой заявки. В докладе ИФИК БР и его особенности будут рассмотрены на примере циркуляра для космических служб.

Информационная часть ИФИК БР разделена на предисловие, в котором описываются основные положения ИФИК БР, и три основные части, пронумерованные как I-S, II-S и III-S. Дополнительно она может иметь, при необходимости, добавления, ряд приложений и специальных секций.

Публикация Части I-S является подтверждением получения опубликованной информации; она содержит сведения о полученных Бюро Радиосвязи частотных присвоениях для станций космических служб радиосвязи с целью внесения их в Справочный регистр.

Часть II-S публикации касается частотных присвоений, которые будут внесены в Справочный регистр после публикации в Части I-S и завершения подробного технического и регламентарного рассмотрения. В основном это частотные присвоения, в отношении которых были получены благоприятные заключения, а также присвоения, которые должны быть зарегистрированы в или только для информации.

Часть III-S публикации касается частотных присвоений, которые были возвращены ответственной администрации после публикации Части I-S и после завершения подробного технического и регламентарного рассмотрения. В основном это частотные присвоения, в отношении которых были получены неблагоприятные заключения, а также присвоения, которые, как было обнаружено, не соответствуют различным положениям Регламента Радиосвязи.

Каждый ИФИК БР обозначается с помощью уникального порядкового номера и даты издания.

Специальные секции определяются с помощью условного обозначения, характеризующего цель публикации, как указано в п. 2 предисловия, и комбинированного порядкового номера, содержащего последовательную нумерацию и номер ИФИК БР, к которому они относятся.

Программное обеспечение для проверки данных ИФИК БР SpaceVal, предоставляемое на этом компьютерном компакт-диске, используется в настоящее время Бюро Радиосвязи при оценке полноты форм заявок, заявок о координации и заявлений на спутниковые сети или спутниковые системы, включая земные станции. Администрациям предлагается самостоятельно осуществлять прогон программного обеспечения для проверки данных с целью преодоления любых трудностей в этих заявках до того, как они будут представлены в Бюро Радиосвязи. Пользователям рекомендуется периодически проверять наличие последней версии программного обеспечения для проверки данных на Web-сайте программного обеспечения БР МСЭ по адресу: http://www.itu.int/ITU-R/go/space-software/en или по настоящему компьютерному компакт-диску ИФИК БР (космические/наземные службы) перед его использованием.

Предусмотрено использование следующего программного обеспечения:

• SAM – это пакет программного обеспечения для ПК, служащий для запуска приложений программного обеспечения космических сетей МСЭ-БР;

• SpaceCap – позволяет заполнять и представлять в электронной форме заявки согласно Приложению 4;

• SpaceCom – управление замечаниями по Специальным секциям CR/C, API/A, AP30-30A/F/C и Части A AP30/E, AP30A/E и AP30-30A/E;

• SpacePub – интерактивный инструмент для распечатки сведений о спутниковых сетях и земных станциях;

• SpaceQry – поиск баз данных, а также извлечение и просмотр буквенно-цифровых данных;

• SpaceVal – проверка заявок в электронной форме, представленных в базе данных в формате СКС, версия 6;

• SRSConvert – преобразование данных, содержащихся в имеющейся базе данных в формате СКР, из базы данных версии 5 (ВКР-2003) в базу данных версии 5 (ВКР-07);

• SRSFixdb – удаление обработанных данных и корректировка заданных по умолчанию сведений в базах данных заявлений, направляемых в электронной форме в адрес БР;

• GIMS – позволяет вводить и исправлять в службах космической радиосвязи графические данные, относящиеся к представлению в электронной форме заявок на спутниковые сети, и может использоваться для просмотра данных, содержащихся в графической справочной базе;

• IDWM – Карта мира МСЭ в цифровой форме, содержащая файлы данных (географические и технические данные) и библиотеку, которая используется другими приложениями;

• SPS – позволяет определить требования в отношении координации для космических сетей в соответствии с Планом, представленным в Приложениях 30 и 30A Регламента радиосвязи;

• SpaceRefdb – это установка, которая обновит эталонные таблицы, используемые программным обеспечением БР.

IWRocket – вспомогательная программа, которая дает вам возможность загрузить результаты онлайнового запроса СКС на ваш компьютер в форматах Microsoft Access или Excel.

Данный материал является очень важным с точки зрения обучения студентов технических ВУЗов направления «Телекоммуникации», так как информации по этой теме практически нет, а она является очень актуальной. Во многих национальных и международных компаниях, связанных со спутниковой связью необходимы специалисты, которые способны самостоятельно подготавливать и отправлять заявки на выделение и присвоение частотного и орбитального ресурса, что и делается, используя возможности ИФИК БР.

Процедура получения координационных ресурсов

ЗВЩА- заявляющая администрация; ЭМО – электромагнитная обстановка
ЗТРА- затронутая администрация; БР- бюро радиосвязи.

Литература

1.Международный информационный циркуляр по частотам BR IFIC (Космические Службы BR IFIC 2692 / 19.04.2011)

УДК 627.372

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ TABU ТА GENET ПРИ ПРИЗНАЧЕННІ ЧАСТОТ В РАДІОРЕЛЕЙНИХ МЕРЕЖАХ

Коломицев М.О., Тарарай А.М.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПИ»
E-mail: anya_tararay@ukr.net

Comparison of TABU and GENET methods of frequency assignment in Radio-relay networks

Comparison of two methods of frequency assignment Tabu and CeneralNetwork algorithm is presented with CALMA CELAR data set.

Вступ.

За прогнозами провідних телекомунікаційних компаній, до 2014 року понад 3 млрд. абонентів будуть користуватися послугами широкосмугового зв'язку, з них 80% - послугами мобільного широкосмугового зв'язку. Високі швидкості передачі даних дуже важливі для задоволення зростаючого попиту на послуги мобільних мереж у зв'язку з швидким зростанням трафіку мереж.

Оператори мобільного зв'язку розглядають радіорелейні мережі з високою пропускною здатністю в якості швидкісного і рентабельного каналу магістрального зв'язку для забезпечення можливості ефективної та надійної роботи широкосмугових мереж.

При організації роботи радіомережі одною із основних задач є призначення робочих частот радіо засобам. При цьому оптимальним є таке призначення частот (і, як наслідок, алгоритм, що його породжує), яке забезпечує задоволення максимально можливого числа частотних заявок. При цьому не існує єдиного алгоритму оптимізації, оскільки в кожному конкретному випадку необхідно враховувати кількість і ступінь взаємовпливу, діапазон виділених частот та обмеження, які накладаються на його використання. Процедура частотного планування ускладнюється тим, що дана задача відноситься до класу NR-складних задач, спроби вирішення яких при великій розмірності зв’язані з експоненціальним збільшенням часу, що витрачається на пошук рішення.

На даний момент широко використовують наступні методи вирішення задач оптимізації: методи комбінаторної оптимізації, ігрові методи та генетичні алгоритми.

Спосіб порівняння методів.

Для порівняння було використано, набори даних CELAR проекту, розробленого французьким "Centre d'Electronique de l'Armement" (CELAR).

У CELAR проекті[7], для роботи радіоліній виділяється набір можливих частот . Кожній з радіорелейних ліній повинна призначатись одна з частот, при цьому має задовольнятись обмеження наступного типу:

- для будь-яких двох «сусідніх» лінків і та j, якщо f_i (відповідно: f_j) частота, яка присвоюється лінку і (відповідно: j), то абсолютна різниця $| f_i - f_j |$ не повинна належати деякій S області заборонених значень (звичайно, інші, більш складні обмеження часто доводиться брати до уваги). Поняття "сусідніх" лінків, тут, залежить не тільки від того, що лінк лежить географічно близько один до одного, а й від електромагнітної сумісності (на певних частотах) лінків.

Так як число пар n сусідніх лінків може бути досить великим (100 000 пар на 1000 лінків в мережі типове явище), то існує ряд обмежень, які приймають до уваги отримання можливого ефективного присвоєння частот. Таку проблему, як видається, надзвичайно важко вирішити, не лише з теоретичної точки зору. Справді, практичні складності таких проблем по суті, пов'язані із загальною кількістю числа потенційних призначень (серед яких повинно бути вибрано можливе або близьке до можливого призначення): навіть для помірних

розмірів, наприклад, скажімо, 50 частот і 500 лінків (Celar набір даних), це число буде досягати 50^{500}.

Серед CELAR набору даних, який має 11 обмежень (scen01 - scen11)[7] необхідно задовольнити шість з них (senc01-sec05, senc11), що дозволить отримати допустиме рішення. Отже, необхідно сконцентруватись на задоволенні обмежень проблеми CELAR набору даних.

Кожній змінній (лінку) може бути призначена частота з допустимої області частот, $f_i \in D$, де (i = 1 ,..., 7), для вирішення проблеми доступно сім областей частот .

Для зазначених проблем потрібно знайти рішення, що задовольняють всім обмеженням; існує більше одного серед допустимих рішень. Крім того: потрібно звести до мінімуму кількість різних частот, що використовуються в присвоєнні (для scen01 - scen04), і потрібно мінімізувати найбільше значення частоти, що використовується для scen05.

Суть методу TABU.

Метод табу-пошуку, як принципово нова схема локального пошуку, був запропонований Ф. Головером. Табу є мета-евристичним алгоритмом, який веде місцевий пошук, щоб вберегти його від попадання на передчасні місцеві оптимуми, забороняючи ті переходи, які повертають пошук до попередніх значень та приводять до циклічної роботи.

Основним механізмом, що дозволяє алгоритму уникати локального оптимуму, є табу список, який оновлюється в кінці кожної ітерації. Вибір кращого рішення в околиці відбувається таким чином, що він не приймає жодного з заборонених атрибутів.

Алгоритм табу пошуку є досить перспективним, однак введення штрафів на порушення всіх видів обмежень у цільову функцію не дає гарантій знаходження допустимих рішень.

Метою є не лише задоволення всіх обмежень (крім scen11); необхідно звести до мінімуму кількість різних частот призначення.

Результати методу Табу наведені в таблиці з результатами CENET.

Суть методу GENET.

GENET можна розглядати як мережу вузлів зі зв'язками, які змінюються в процесі оптимізації. Кожна змінна представлена у вигляді кластера з таких вузлів, один вузол для кожного значення в області змінної. Один вузол в кластері може бути активний в будь-який час, він відповідає одному з можливих призначень. Якщо вузол активний, він визначається як 1, якщо він не активний – 0. Наприклад, якщо допустимою для призначення була область (10, 20, 30, 40, 50) і поточним значенням вузла було 40, тоді п'ять відповідні вузлів будуть мати значення (0, 0, 0, 1, 0).

Після активації випадково обраних вузлів в кожному кластері, вхідні значення для них обчислюється шляхом підсумовування вихідних значень всіх підключених вузлів:

$$input_x = \sum_y weightxy * outputx,$$

У кожному кластері, один з вузлів з останнім від'ємним вхідним значенням активний, всі інші неактивні. Нещодавно активовані вузли являють собою нове призначення. Цей процес повторюється, поки мережа перебуває в нормальному стані і ніяких змін не відбувається.

Якщо дана мережа підходить для задоволення умов мінімальності (без порушення обмежень) або її ресурси вичерпані (наприклад, ліміт часу перевищено), GENET зупиняється. В іншому випадку спрацьовує наступне правило для того щоб позбутись локального мінімуму:

$$weight_{xy}' = weight_{xy} - output_x - output_y,$$

Якщо обмеження було порушене, тобто якщо обидва вузла зв'язку були активними і мали вхідне значення 1, то зв'язок між вузлами змінюється шляхом додавання «-1». Потім алгоритм починає з початку перераховувати вхідні значення.

Вихідний метод, що використовує GENET систематично, деформує поверхню вартості, додаючи локалізовану вартість у вузлах, які викликали порушення обмеження. Якщо взяти до уваги їх пришвидшення, то це дозволить алгоритму втекти від локальних мінімумів та більше звернути увагу на обмеження.

Ваговий коефіцієнт в кожному лінку може бути або постійною величиною «-1», або монотонно зростаючим додатковим пришвидшенням. Сума по всіх входах вузлів дорівнює від'ємному числу обмежень. Вибираючи вузол з останнім від'ємним значенням, GENET реалізує змінений метод подолання локальних мінімальних конфліктів («жадний» алгоритм).

Порівняння отриманих результатів.

Поточна оптимізація для GENET включає повну крос-індексацію змінних, обмежень і вузлів та мінімальної околиці розповсюдження змін (метод Табу не був оптимізований). Нижче наведена таблиця порівняння результатів, отриманих при використанні CALMA CELAR наборів даних. Якщо всі обмеження можуть бути задоволені (сценарії 01-05,11) то число різних частот, що використовуються (з 48 доступних) (сценарії 01-04) або найбільша серед призначених частот (сценарій 05) має бути зведена до мінімуму. Сценарій 11 вимагає тільки знаходження підходящого призначення (без порушень).

Табл.1. Результати порівняння методів TABU та CENET.

CELAR	Відомі оптимальні значення	Найкращі з отриманих результати		Отримана оптимізація		Середній час	
		TABU	CENET	TABU	CENET	TABU	CENET
Scen01	16	18	16	n.a.	5%	3 год	32 с
Scen02	14	14	14	70%	50%	4 хв	13 с
Scen03	14	14	14	20%	10%	34 хв	28 с
Scen04	46	n.a.	46	n.a.	100%	n.a.	12 с
Scen05	792	n.a.	792	n.a.	30%	7 хв	460 с
Scen11	0	0	0	60%	60%	54 хв	25 с

Висновок.

Вирішення задачі призначення частот зводиться до пошуку таких методів, які дають можливість мінімізувати інтерференції в мережі та звузити діапазон частот.

Обидва розглянуті методи ефективні та є відносно не складним способом для вирішення проблеми частотних присвоєнь. GENET здається набагато швидшим, ніж метод TABU. Однак, оскільки лише реалізація GENET була оптимізована, важко безпосередньо порівняти час обробки.

Проте на сьогодні існує чимало методів пошуку оптимального призначення частот: Монте-Карло, метод послідовних призначень, генетичний та ін., які дають непогані результати та здатні конкурувати з вище розглянутими методами.

Література

1. ftp://ftp.rta.nato.int/PubFullText/RTO/MP/RTO-MP-013/$MP-013-$K.pdf
2. D.J.Castelino, N.M.Stephens, and S.Hurley. A Tabu search algorithm for frequency assignment. Annals of operations Reasearch, 41:343-358? 1993.
3. W. Hajema, M.Minoux, and C.West. Request for proposal on the CALMA project. Technical ap pendix: Statement of the radio link Frequency assignment problem, 1993.
4. F.Glover. Tabu search part I. ORSA J. Comput., 1:190-206, 1989.
5. F.Glover. Tabu search part II. ORSA J. Comput., 2:4-32, 1990.
6. A . Bouju, J.F. Boyce, C.H.D. Dimitropoulos, G. vom Scheidt, and J.G.Taylor. Tabu search for the radio links frequency assignment problem. In Applied Technologies, London [ADT'95]. UNICOM Conf., 1995.
7. http://fap.zib.de/problems/CALMA/

УДК 627.372

ДОСЛІЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЗ ШИРОКОСМУГОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РЕЗ UMTS

Мовчан О.Б., Коломицев М.О.
Институт телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: olga.movchan@meta.ua

Study of a wideband interference source effect on a UMTS receiver

An analysis of the effect of a single source of UWB interference on UMTS receivers was covered. It is carried out assuming a single-cell UMTS environment.

UMTS засновано на технології розширення спектра, використовуючи широкосмуговий множинний доступ з кодовим розділенням (WCDMA) з шириною смуги радіоканалу від 5 МГц. Всі користувачі розділяють одну центральну частоту та ширину смуги, в результаті чого загальна кількість внутрішньосистемних завад (рівень шуму) змінна і є функцією числа активних користувачів. З точки зору бюджету радіолінії, різний рівень перешкод передбачає змінну продуктивність каналу, що в свою чергу, припускає зміну покриття. Таким чином, розмір стільника UMTS не фіксований. UMTS пропонує різні послуги передачі голосу і даних, кожна з яких навантажує мережу по-різному, вимагає певного бюджету лінії, впливаючи таким чином на розміри стільників та їх розподіл. Таким чином, дослідимо вплив інтерференцій від широкосмугового джерела на покриття стільника UMTS.

Повна потужність шуму на станції приймача бази UMTS залежить від коефіцієнта шуму приймача та внесків шуму каналами активних користувачів в цьому стільнику. Вона також залежить від внеску шуму каналами «downlink» та «uplink» користувачів, що знаходяться в інших стільниках. Коефіцієнт завантаження (load factor - η_{UL}, η_{DL}) кількісно визначає інтерференції в залежності від кількості користувачів та інших характеристик системи[1] Зростання шуму визначається як відношення загальної отриманої широкосмугової потужності I_T до потужності шуму P_N: $N_{rise} = \frac{I_T}{P_N}$ та пов'язане з коефіцієнтом завантаження: $N_{rise} = \frac{1}{1-\eta_{UL}}$**.** Коефіцієнт завантаження пов'язує покриття та пропускну здатність в UMTS. Перешкоди зовнішніх широкосмугових джерел до мережі UMTS будуть сприйматися як зростання шуму і безпосередньо впливати на коефіцієнт завантаження. Чим більше зростання шуму, тим вище коефіцієнт завантаження, маючи на увазі, що інтерференція від широкосмугових джерел на стільник UMTS буде безпосередньо впливати на його покриття і трафік. Таким чином, завади від широкосмугових джерел можуть бути визначені в бюджеті радіоканалу «uplink» UMTS в якості граничної перешкоди, враховуючи оцінку першого порядку впливу на покриття і пропускну здатність.
Розглянуто модель з одним джерелом та стільником. Даний сценарій навряд може бути реальним, однак модель з одним джерелом має велике значення, тому що вона використовується в якості складової для аналізу інтерференції на системному рівні. У цьому дослідженні ефекти радіоканалу ігноруються, тобто не враховують втрати на трасі та багатопроменевість, що робить інтерференцію від широкосмугового джерела набагато сильнішою, ніж є насправді, таким чином обмежуючи значення отриманих результатів. Також приймається припущення, що посилення постійне, це дозволяє використовувати моделювання втрат, що засноване на формулі Фрііса. В сценаріях, розглянутих в даному дослідженні, інтерферуюча широкосмугова мережа може бути в безпосередній близькості від приймача 3G, на відстанях розміром більше 1 м або менше. Представлені далі результати засновані на аналізі бюджету лінії, в якому зростання шуму, використовується в якості відправної точки для дослідження інтерференції від широкосмугових джерел. Розглянуто три види послуг - мова, дані в реальному часі і не в реальному часі, змодельовані у різних середовищах. У всіх випадках припускається пряма видимість між широкосмуговим джерелом інтерференції та приймачем UMTS.

Втрати на трасі між широкосмуговим пристроєм і приймачем UMTS були розраховані з використанням моделі вільного поширення просторі. Параметри, використані для моделювання [1], [2] наведено в табл.1, табл.2, табл. 3.

Табл.1 Втрати, що передбачалися в аналізі бюджету каналі UMTS

Розміщення приймача UMTS	Розміщення широкосмугового обладнання, що створює перешкоди	Втрати при проникненні (UMTS)
Вулиця	Вулиця	0
Транспорт	Транспорт	8
Приміщення	Приміщення	15

Табл. 2 параметри базової станції UMTS

Параметр	Макро	Мікро
Максимальна потужність	30дБм	20дБм
Втрати у фідері	2дБ	2дБ
Підсилення антени	17дБі напр.	11дБі ненапр.
Шуми системи	5дБ	5дБ

Табл. 3 UMTS параметри мобільного терміналу

Параметр	Передача голосу	Передача даних
Максимальна потужніть	21дБм	24дБм
Підсилення антени	0дБі ненапр.	0дБі ненапр.
Шум	9дБ	9дБ
Екранування	3дБ	0дБ

Широкосмугове джерело інтерференції змодельоване так, що воно створює АБГШ-подібні перешкоди. В моделюванні каналу «downlink» була використана смуга UARFCN 10638, що відповідає центральній частоті 2127,6 МГц, а у каналі uplink - UARFCN 9688, що відповідає центральній частоті 1937,6 МГц. Розраховуються еквівалентні рівні потужності широкосмугового сигналу в смузі приймача UMTS, втрати розраховуються із використанням рівняння Фрііс. Визначається рівень широкосмугового сигналу на вході приймача UMTS. На вході UMTS-приймача інтерференція від широкосмугового джерела додається по потужності шуму, що сприймається демодулятором на стадії ПЧ. Таким чином, внесок шуму від широкосмугового джерела був включений у обчислення чутливості приймача UMTS.
Зниження чутливості приймача UMTS по причині перешкод від широкосмугового джерела буде очевидне на рівні стільника. У каналі «downlink», широкосмугове джерело перешкоди в безпосередній близькості від мобільного терміналу може призвести до збільшення зростання шуму, що впливає на здатність приймача детектувати сигнал. Чим більші перешкоди, тим нижче чутливість приймача UMTS, який передбачає зменшення розміру стільника. Обчислюються максимальні втрати на трасі між базовою станцією UMTS та мобільним терміналом. Максимальний розмір стільника можна обчислити за допомогою емпіричної моделі розповсюдження Хата[3]: $L = 129.4 + 35.2log(R)$, де L-втрати на шляху в дБ, R-відстань між БС та МС UMTS (км).

На рис. 1 зображено залежність максимального розміру стільника UMTS від відстані між широкосмуговим джерелом перешкод і приймачем UMTS для різних класів обслуговування. Обидві діаграми показують, що розмір стільника може бути істотно порушений перешкодами при влаштуванні широкосмугового джерела перешкод біля приймача UMTS, зокрема, коли відстань менше 5 м. Найкритичніший сценарій, як і очікувалося, є таким, що широкосмуговий передавач розміщується разом з мобільним терміналом UMTS, при цьому розмір стільника є найменшим для всіх класів обслуговування. Крім того, графіки показують, що при розносі, що перевищує 5 м, розмір стільника стає незалежним від відстані між широкосмуговим пристроєм і UMTS- приймачем.

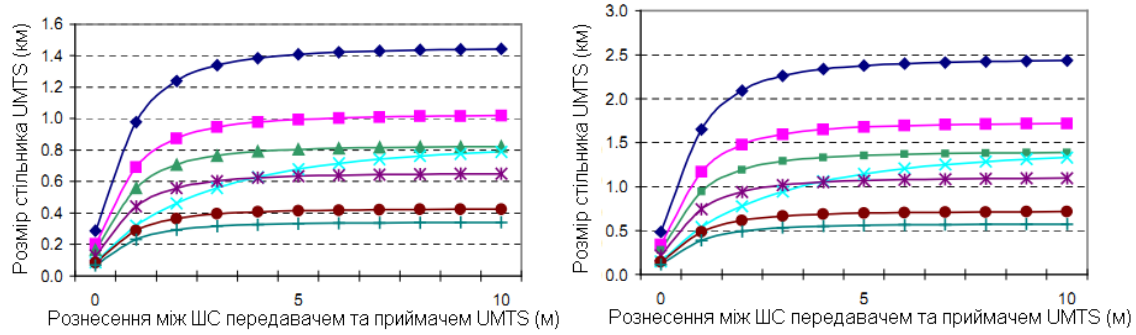


Рис. 1. Максимальний розмір стільника UMTS у міському (а) та приміському (б) середовищах в залежності від відстані між широкосмуговим джерелом перешкод і приймачем UMTS.

Інтерференція від широкосмугового обладнання у каналі «uplink» може бути змодельована на основі тих принципів, що запропоновані для каналу «downlink». У цьому випадку інтерференція діє на приймач базової станції UMTS. Антени базових станцій UMTS, як правило, розташовані на більших висотах, ніж широкосмугові пристрої, оскільки вони встановлюються на вежах. У свою чергу, широкосмугові пристрої портативні, швидше за все вони будуть на висоті, аналогічній мобільним телефонам. Через цю різницю у висоті, модель інтерференції каналу «uplink» повинна враховувати мінімальне припустиме відокремлення (MCL) - це мінімальні втрати на шляху між широкосмуговим джерелом і приймальною антеною базової станції UMTS, через їх різні висоти антен. Приймальна антена UMTS зазвичай має вузький промінь, в силу діаграми направленості випромінювання. Коефіцієнт підсилення антени та кут під яким знаходиться джерело перешкоди повинні бути розглянуті в інтерференційній моделі. Геометрію для моделювання інтерференції в каналі «uplink» зображено на рис. 2.

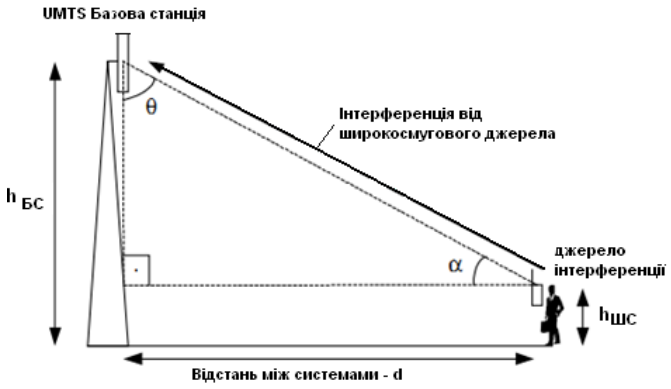


Рис. 2 Геометрія для моделювання інтерференції в каналі «uplink»

Розрахунки для каналу «uplink» виконуються по аналогії з каналом «downlink». Таким чином, при нульовому розносі, тобто при влаштуванні широкосмугового джерела під антеною базової станції UMTS, втрати на трасі рівні 51,3 дБ для мікростільника і 67,3 дБ для макростільника. Чутливість приймача UMTS варіюється в залежності від випадку, починаючи від -121,9 дБм для мікростільника – передача (вулиця), -111,5 дБм, для макростільника- передача даних не в реальному часі (транспорт).

Література

1. *Harry Holma and Anti Toskala, WCDMA* for UMTS, John Wiley & Sons, 2000.
2. *3GPP TR 25.942 V 6.3.0,* 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Radio Frequency (RF) system scenarios (Release 6), 3GPP, 2005.
3. *J. Lee, L. Miller,* CDMA Systems Engineering Handbook, Artech House, 1998.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Манюгина Д.В., Авдеенко Г.Л., Якорнов Е.А.
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»
E-mail: dasha.maniugina@gmail.com

Joint using of Rake-receiver and Smart-antenna array for space-time processing of signals in CDMA cellular systems for support of important vehicles.

This article proposes system of the joint using Smart-antenna and Rake-receivers for support of important vehicles, for more accurately determine the coordinates of vehicles. According this system we can check the distance and the angle of important vehicles, and of course we could new the coordinate of accompany car in any moment.

В наше время при достаточно высокой криминогенной обстановке в мире есть необходимость в использовании важных транспортных средств для перевоза: грузов как военной так и государственной важности. Использование систем диспетчеризации (мониторинга) транспортных средств на основе систем спутниковой радионавигации GPS и/или ГЛОНАСС и систем сотовой связи стандарта GSM/CDMA может оказаться неэффективным в виду: 1) влияния многолучёвости при передачи навигационных сигналов от этих систем к движущимся объектам обусловленной отражениями от высотных зданий в городах, что ведет к возникновению ошибки вычисления координат; 2) в условиях резко-пересеченной местности и при передвижении под мостом и в туннеле, что приводит к потере приёма навигационных сигналов и соответственно невозможности определения координат данного важного транспортного средства в диспетчерском центре; 3) при воздействии источников преднамеренных и непреднамеренных помех на навигационный канал и канал радиосвязи с целью угона. Во избежание этого предлагается ввести другой транспортный объект (на рис.1 это сопровождающее транспортное средство под номером 2).

В работе [1] представлена структура сопровождения важного транспортного средства с использованием системы спутниковой радионави-гации GPS.

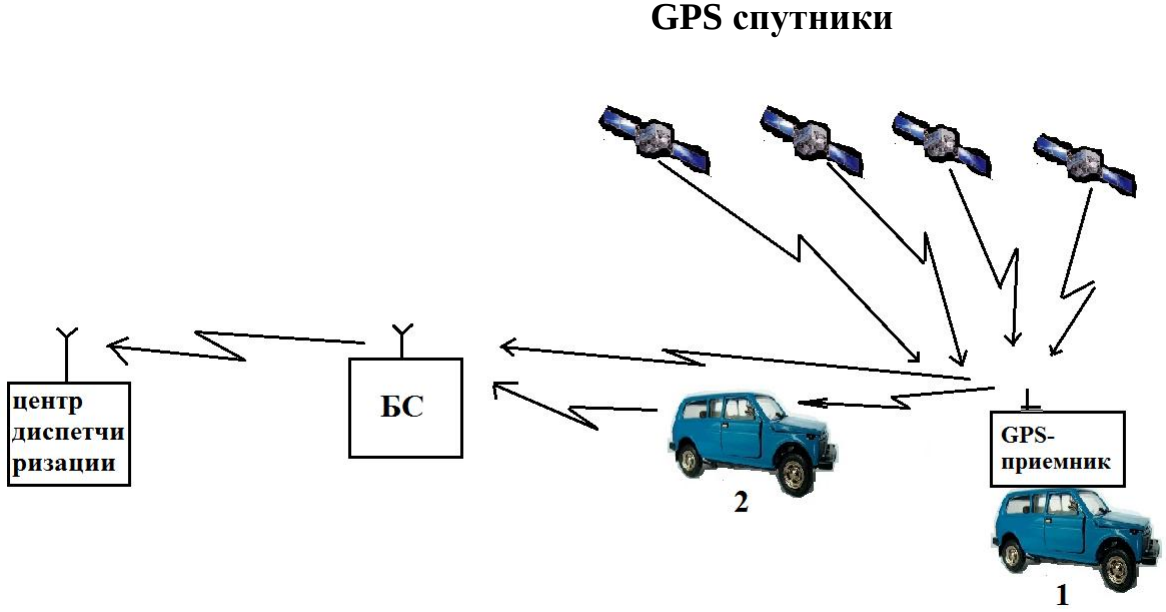


Рис 1 Структурная схема сопровождения важного транспортного средства.

Как видно из рисунка, важное транспортное средство (первое) имеет GPS-приемник, который принимает сигнал от 4-х навигационных спутников, по сигналам которых он определяет свои географические координаты (широта, долгота и высота поднятия над

уровнем моря). Ввод дополнительного сопровождающего транспортного средства (номер 2 на рис.1) обусловлен необходимостью определения относительных координат сопровождаемого средства. Для этого в работе [1] на сопровождаемом транспортном средстве установлен радиомаяк, который излучает гармонический сигнал в СВЧ диапазоне, а на сопровождающем средстве установлена линейная разреженная антенная решетка (АР), блок вычисления которой определяет дальность и пеленг по кривизне волнового фронта до сопровождаемого объекта (в случае использования плоскостной АР появляется также возможность определения угла места [2]).

Далее как сопровождающий так и сопровождаемый объекты передают свои данные по радиоканалу в центр диспетчеризации через мобильную сеть стандарта W-CDMA, сигналы поступают на базовую станцию, которая оснащена Smart-антенной и Rake-приемником [3], соединенных друг с другом определённым образом. Известно, что при временной обработке сигнала сначала в Rake-приемнике, а затем пространственной обработке в формирователе луча Smart-антенны адаптивный процессор должен знать направление прихода каждой многолучёвой компоненты полезного сигнала с целью определения её оптимального времени задержки, которую необходимо будет вносить коррелятору, что требует значительных вычислительных ресурсов. Таким образом, такая система хороша на теории, но не на практике. В докладе показано, что для устранения вышеуказанного недостатка необходимо сначала использовать пространственную обработку в блоке формирования луча Smart-антенны а потом временную в Rake-приемниках.

В докладе показано, что в результате такой обработки, в направлении наиболее интенсивных многолучевых компонент формируются лучи характеристики направленности Smart-антенны базовой станции W-CDMA, сигналы которых выравниваются во времени при корреляционной обработке в Rake-приёмниках и в дальнейшем суммируются, что приводит к увеличению отношения сигнал/шум за счёт накопления энергии многолучевых компонент. Это позволяет повысить достоверность передачи информации об абсолютных и относительных координатах сопровождаемого транспортного средства в диспетчерский центр в сложных наземных условиях распространения радиоволн.

Литература

1. Декларационный патент на полезную модель № 40138 (Украина). Система для сопровождения движущихся объектов с использованием сигналов глобальной спутниковой системы радионавигации, кл. G01S5/14 // Веселова А. П., Ильченко М. Ю., Якорнов Е. А. и другие.- Промышленная собственность, 2009, № 6.

2. Декларационный патент на полезную модель № 64696 (Україна). Фазовая радиосистема определения координат, кл. G01S3/00 // Ильченко М. Ю., Якорнов Е. А., Авдеенко Г.Л., Манюгина Д.В. и другие.- Промышленная собственность, 2011, № 21.

3. Rappaport T., Liberti J. “Smart Antennas for Wireless Communications: IS–95 and Third Generation CDMA applications”– Prentice Hall, 1999. 376p

УДК 621.391

МЕТОДИКА РАСЧЕТА АКТИВНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

Ковальчук Д.А.
Севастопольский национальный технический университет
E-mail: kovalchyk.89@gmail.com

Method of calculation of active log-periodic antenna

The log-periodic antenna represents continuous structure, a set of slot-hole and dipole radiators of the increasing sizes. The design procedure of the basic geometrical parameters of the antenna is considered. For calculation of characteristics of radiation the algorithm of calculation of electric characteristics of antenna of a running wave is used.

Логопериодическая антенна (ЛПА) представляет собой сплошную структуру, набор щелевых и вибраторных излучателей увеличивающихся размеров. При расчете логопериодической антенны задают предполагаемый частотный диапазон, по нижней частоте которого определяется максимальный поперечный размер антенны. Для уменьшения размеров антенны может быть использован вариант построения активной антенны, т.к. размеры активных антенн могут быть меньше в десятки раз по сравнению с пассивными аналогами. Использование активных устройств в передающей активной антенне позволяет компенсировать потери в трактах.

Размеры излучающих элементов логопериодических антенн пропорциональны их расстоянию от центра (от точки возбуждения). Поэтому основными, параметрами плоской логопериодической структуры являются: углы α — огибающая всех плеч вибратора и β — угловая ширина, у/2 — половинный угол раскрыва, отношение τ расстояний от центра, до одноименных краев выступов и отношение σ расстояний до внутреннего и внешнего края одного выступа:

$$\tau = \frac{R_{i+1}}{R_i} = \frac{r_{i+1}}{r_i},$$
$$\sigma = \frac{r_i}{R_i};$$

При условии $\sigma = \sqrt{\tau}$.

Величина периода решетки τ выбирается исходя из возможности конструктивного исполнения антенны. Чем больше τ, тем чаще идут вибраторы антенны. Чем меньше τ, тем меньше количество зубцов в антенне, при заданном *R1*. Однако следует помнить, что при малых τ значительно увеличивается неравномерность диаграммы направленности антенны. Величина τ может лежать в пределах от 0,5 до 0,9, при этом с уменьшением τ ширина диаграммы направленности по уровню 0,5*P* уменьшается.

Расстояния излучающих элементов до точки возбуждения определяются по формулам

$$R_{\text{n}} = \frac{l}{\text{tg}\frac{\alpha}{2}}\tau^{n-1},$$

где n — количество вибраторов, $\tau = 0{,}7$ — отношение расстояний от

$$r_{\text{n}} = \frac{l}{\text{tg}\frac{\alpha}{2}}\tau^{n-1};$$

центра, до одноименных краев выступов, $l = 7{,}5$ при $\lambda = 0{,}3$.

При расчете логопериодической антенны в первую очередь задаются предполагаемым частотным диапазоном, из нижней частоты которого и определяется максимальный габаритный размер антенны.

Каждый излучатель интенсивно возбуждается в определенной полосе частот, близкой к его резонансной частоте. Если размеры излучателя выбраны так, что в этой полосе его ДН и входное сопротивление меняются незначительно, а периодичность изменения размеров излучателей такова, что рабочие полосы примыкают друг к другу, то антенна будет сохранять свои характеристики в весьма широкой полосе частот. Так как свойства излучателей изменяются в зависимости от относительного изменения частоты, то при выполнении последнего условия электрические свойства антенны оказываются периодической функцией логарифма частоты. Отсюда и происходит название рассматриваемого класса антенн: логопериодические антенны.

Диаграммы направленности (ДН) клинообразной логопериодической антенны могут быть рассчитаны в предположении, что в каждом полотне в излучении участвует только два соседних вибратора 1 и 2, последний из которых имеет длину, примерно равную λ/4. Такое допущение основывается на экспериментальных исследованиях распределений токов по вибраторам, которые показали, что за резонирующими элементами ток резко спадает (на 30 дБ и более).

Расстояние *b* между вибраторами следует положить равным половине длины одного пространственного периода структуры.

Отношение τ расстояний от центра, до одноименных краев выступов и отношение σ расстояний до внутреннего и внешнего края одного выступа, определяются выражениями, описанными выше. Получаем, что

$$b \approx \frac{\lambda}{8\sigma}(1-\sigma)ctg\frac{\alpha}{2}.$$

Ток во втором вибраторе отстает по фазе от тока в первом на $\pi + kb$. Поле излучения в *H* -плоскости, если амплитуды токов в вибраторах одинаковы, определяется как сумма полей всех вибраторов

$$E^{(H)} \approx \left[e^{-ikr_1} - e^{-ikr_2}e^{ikb}\right] + \left[e^{ikr``_1} - e^{ikr``_1}e^{ikb}\right].$$

Далее, изменяя все расстояние через расстояние r до центра излучения, получим следующее выражение для ДН в Н-плоскости

$$\left|F(\theta,\varphi=\frac{\pi}{2})\right|^2 = cos^2(\frac{\pi}{2}sin\psi\, sin\theta\, ctg\frac{\alpha}{2})\left\{sin\left[\frac{\pi}{8\sigma}(1-\tau)ctg\frac{\alpha}{2}\left(1+cos(\theta+\frac{\psi}{2})\right)\right]+\right.$$
$$\left.+sin\left[\frac{\pi}{8\sigma}(1-\tau)ctg\frac{\alpha}{2}\left(1+cos(\theta-\frac{\psi}{2})\right)\right]\right\}^2 + sin^2(\frac{\pi}{2}sin\psi\, sin\theta\, ctg\frac{\alpha}{2})\times$$
$$\times\left\{sin\left[\frac{\pi}{8\sigma}(1-\tau)ctg\frac{\alpha}{2}\left(1+cos(\theta+\frac{\psi}{2})\right)\right]-sin\left[\frac{\pi}{8\sigma}(1-\tau)ctg\frac{\alpha}{2}\left(1+cos(\theta-\frac{\psi}{2})\right)\right]\right\}^2.$$

Выражение для ДН в *E*-плоскости в предположении, что все вибраторы создают в дальней зоне такие же поля, как и полуволновые вибраторы, имеет вид

$$F(\theta,\varphi=0) = \frac{cos\left(\frac{\pi}{2}sin\theta\right)}{cos\theta}sin\left[\frac{\pi}{8\sigma}(1-\tau)ctg\frac{\alpha}{2}(1+cos\theta\, cos\frac{\psi}{2})\right].$$

В докладе приведены данные теоретического расчета диаграммы направленности и входного сопротивления широкополосной клинообразной ЛПА в частотном диапазоне 2000…5000 МГц с шагом, равным 300 МГц. Количество элементов *n* было выбрано равным 5. Угловая ширина $\beta = 30°$, огибающая плеч антенны $\alpha = 60°$, угол раскрыва антенны $\gamma = 13°$. Обоснована возможность использования конструкции трапецеидальной логопериодической антенны как одноэлементной структуры. Рассмотрена методика расчета основных геометрических параметров антенны.

Рассмотрен метод определения амплитудно-фазового распределения токов по вибраторам антенны и расчет входного сопротивления и характеристик излучения по найденому распределению токов.

Была выбрана структурная схема активного усилителя, который представляет собой гибридный каскад. Первый каскад усилителя работает в режиме сильного рассогласования, что вызывает необходимость в последующих каскадах, которые выполняют функции дополнительного усиления сигнала и согласования с линией передачи. Большое значение для полевых транзисторов имеет выбор режима питания по постоянному току, который определяет такие характеристики, как динамический диапазон по перекрёстной и взаимной модуляции, и влияет также на усилительные и шумовые свойства усилителя. На входе усилителя применяем малошумящий каскад на полевом транзисторе, который будет играть роль буферного каскада, преобразуя высокое входное сопротивление с большой реактивной составляющей собственно антенны в активное сопротивление небольшой величины, которое обеспечит согласование со вторым усилительным элементом. Можно в качестве него применить малошумящую интегральную микросхему, которая будет усиливать сигнал до нужного уровня с минимальными шумами, либо усилительный каскад на биполярном транзисторе. В ходе работы над проектом рассматривались два этих варианта.

Литература

1. Юрцев О.А. Спиральные антенны/ О.А. Юрцев, А.В. Рунов, А.Н. Казарин.— М.:Советское радио, 1974. —224 с.

2. Лобкова Л.М., Головин В.В., Троицкий А.В. Характеристики излучения сферической антенны с управляемой диаграммой направленности // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 2006. – Т.49, №4. – С.46-53.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТРАС РАДІОРЕЛЕЙНИХ ЛІНІЙ В ЧАСТОТНОМУ ДІАПАЗОНІ 30-300 ГГЦ

Наритник Т.М., Дерев'янко Д.В.

Інститут телекомунікаційних систем , НТУУ «КПІ»

Інтерес до діапазону 30-300 ГГц останнім часом зростає. Це пов'язано з наступними ключовими факторами:

- Зайнятістю діапазону на нижчих частотах.
- Зростання попиту на високошвидкісну широкосмугову передачу даних.

Передача даних в діапазоні міліметрових хвиль дозволяє забезпечувати швидкість передачі даних порядку десятків Гбіт/с, що в свою чергу надає можливість отримання кінцевим користувачем найсучасніших телевізійних та телекомунікаційних послуг. На поточний момент за кордоном вже використовуються 3 види реалізації передачі на частотах 30-300 ГГц:

1) Можливість встановлення радіорелейних станцій в місцях пошкодження оптоволоконної лінії, або навіть часткова, чи повна їх заміна у разі необхідності. Дане застосування дуже важливе для компаній, яким необхідна постійна високошвидкісна передача даних, і розгортання радіорелейної лінії не займає багато часу.

2) Другий спосіб дуже зручний в випадку неможливості прокладки оптоволоконного кабелю, чи якщо прокладання rf,tl. буде дорогою. З самого початку цей спосіб був використаний в студентських гуртожитках Японії, тому і отримав назву мережі «Студентського містечка». В даному випадку з'єднання будинків в мережу відбувається не через оптоволокно, як в більшості випадків, а безпосередньо через радіорелейні лінії міліметрових хвиль.

3) Спосіб «збереження доступу». Даний спосіб є комбінацією використання оптоволокна та радіорелейної лінії.

Усі три способи було важко, а то й неможливо, реалізувати на більш низьких частотах. Але на частотах діапазону 30-300 ГГц вони отримали своє застосування в зв'язку з можливістю передачі гігабітних потоків по лініях радіорелейного зв'язку.

Проектування та розрахунок лінії зв'язку на частотах 30-300 ГГц має ряд переваг та недоліків. Розглянемо їх детальніше.

Найважливішим моментом є питання розповсюдження міліметрових хвиль в вільному середовищі, та загасання, що викликаються киснем та водяною парою.

Загасання в вільному просторі визначаються наступним чином:

$$L_0 = 92{,}45 + 20 \cdot \lg(d \cdot f).\,, \qquad (1)$$

де d- довжина траси лінії, км , а f - частота в ГГц.

Виходячи з формули зрозуміло, що чим менша довжина хвилі (відповідно більша частота), тим більші будуть загасання. Але даний факт не є критичним, тому що на поточний момент реалізація радіорелейних ліній зв'язку на частотах 30-300 ГГц відбувається на відносно невеликих відстанях, а саме до 7-10 км, в цьому випадку значення L_0 буде мати допустимі значення.

Загасання, що викликаються киснем та водяною парою, мають суттєвий вплив на енергетику лінії.

Важливою особливістю загасань на частотах 30-300 ГГц є виникнення резонансу хвилі в атомах води та кисню, що створює вікна непрозрачності для міліметрових хвиль, в зв'язку з чим смуги 51-60 ГГц, та 180-190 ГГц не є доцільними для використання.

Внаслідок особливостей розповсюдження міліметрових хвиль в середовищі на частотах 30-300 ГГц вони не мають властивостей «огинання» завад (дифракція), а за рахунок невеликої відстанні лінії зв'язку приломлення хвилі, що пов'язане за багатошаровістю атмосфери, є також мінімальним.

Слід звернути увагу, що з ростом частоти звужується перша зона Френеля.

Радіус першої зони Френеля, що має максимальне значення точно посередині між передавальною та приймальною антенами, визначає мінімально допустиму відстань від

любої точки прямої, між двома антенами до перешкод. Значення радіусу першої зони Френеля на заданій відстані від антен розраховують по формулі:

$$F = 17.3\sqrt{\frac{d_1(d-d_1)}{d \cdot f}}, \qquad (2)$$

де d_1-відстань від одного з кінців траси до точки розрахунку радіусу, км ,f – частота в ГГц.

При проектуванні обов'язково слід враховувати, щоб жодна завада не потрапляла ні в першу зону Френеля, тим паче в зону прямої видимості, оскільки поява таких завад може внести великі додаткові втрати.

Практичні значення радіусу першої зони Френеля, що розраховані для різних частот, наведені у таблиці.

Таблиця. Залежність радіусу першої зони Френеля від довжини прольоту.

Довжина лінії зв'язку, км	Частота, ГГц			
	2,4	30	140	300
	Мінімальний просвіт до перешкоди, м			
1,0	5,59	1,58	0,73	0,50
2,0	7,91	2,221	1,04	0,71
3,0	9,68	2,74	1,27	0,87
50	12,5	3,54	1,64	1,12
10,0	17,7	5,0	2,31	1,58

Частота 2,4 ГГц була наведена для демонстрації суттєвої різниці радіусу першої зони Френеля в діапазоні міліметрових хвиль відносно класичних частот.

Принципово відрізняється типи рознесення антен на вищезазначених частотах. На частотах до 30 ГГц прийнято застосовувати просторове рознесення антен для боротьби з завмираннями, що виникають на лінії. Практичним типом рознесення є частотно рознесений прийом(ЧРП), при цьому використовуються сигнали, що передаються на декількох частотах. Платою є розширення використовуваної смуги частот, що практично не є вигідним на частотах до 30 ГГц, через те, що даний діапазон активно та давно використовується і вільних частот майже немає. А в смузі 30-300 ГГц рознесення по частоті є доцільним, зручним, раціональним, тому що діапазон майже не використовується, а смуга частот міліметрових хвиль в 10 разів більша муги частот усього діапазону сантиметрових хвиль. Розвиток телекомунікаційного обладнання на сьогоднішній день дозволяє використовувати більш потужні передавачі та приймачі з більшою чутливістю, що є незаперечним плюсом в використанні частот діапазону 30-300 ГГц.

Робота радіорелейних ліній на таких високих частотах (особливо в терагерцовому діапазоні) дозволяє практично не враховувати інтерференцію електромагнітних хвиль, відбитих від перешкоди в зоні розповсюдження сигналу, що виникає особливо в умовах щільної міської забудови.

Обов'язково слід звернути увагу на те, що діаграма спрямованості антен міліметрового діапазону надзвичайно вузька, а саме від 0,2 до 2 градусів. Враховуючи цей фактор, важливим моментом є точність юстировки антен та забезпечення стійкості антенної конструкції під впливом вітру та дошів, снігу, граду, тощо.

Виходячи з вищезазначених особливостей та прикладів можна зробити висновок, що на відстані до 7-10 км радіорелейні лінії на частотах 30-300 ГГц нічим не поступаються по якості передачі даних на частотах до 30 ГГц, але найважливішим виграшем є можливість досягнення великих швидкостей передачі даних, що на поточний момент є надзвичайно важливим та актуальним .

Література:

1. Рекомендація ITU-R P.676-5 «Attenuation by atmospheric gases» ,2001.
2. M.Ye Ilchenko, T.N. Narytnik, A.I. Fisun, & O.I. Belous.Terahertz range telecommunication systems Telecommunications and Radio Engineering, 70(16):1477-1487 (2011)
3. Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Шелковников Б.Н., Христенко В.И. Радиотелекоммуникационные системы терагерцового диапазона //Электроника и связь.-2011.-№3.-с.205-210.

УДК 621.391

АНАЛІЗ СЛУЖБОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ OSPF

Самойлюк А. О.

НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем

E-mail: andrewsamoiliuk@gmail.com

Analysis of OSPF routing protocol proprietary information

The basic principles of the OSPF routing protocol considered. A mathematical analysis of OSPF protocol technical information performed. The relationship between the time of convergence, volume of technical information, and hello interval analyzed. An optimal value of hello interval proposed.

На сьогоднішній день, із все більшим переходом до мереж із комутацією пакетів, протоколи маршрутизації відіграють важливу роль не лише у комп’ютерних мережах а і у телекомунікаційних мережах в цілому. Враховуючи лавинне зростання трафіку в пакетних мережах, вибір та налаштування параметрів протоколу маршрутизації стає актуальною задачею. Основними критеріями, якими характеризується протокол маршрутизації є:

1. Швидкість сходимості протоколу – час, через який усі маршрутизатори автономної системи повністю оновлюють інформацію про топологію мережі. $t_{сх} \to min$
2. Масштабованість протоколу – максимальна кількість маршрутизаторів, що може працювати в автономній системі. $N_{max} \to max$
3. Кількість службової інформації, що генерується протоколом та її перепади, пов’язані із зміною топології мережі. $\lambda_{сл} \to min$

В загальному випадку, розрахунок службового трафіку, що може бути створено довільним протоколом маршрутизації, може бути проведено за допомогою наступної формули [1]:

$$\lambda_{сл} = \sum_{j=1}^{N}(k_j \sum_{i=1}^{H} \frac{M_i}{m_i} \frac{(l_{ip}+L_i+m_i l_i)}{t_i}) \text{ [біт/с]} \quad (1)$$

Де: N – кількість вузлів мережі, H – кількість типів службових повідомлень, L_i – довжина заголовку повідомлення і-го типу, l_i – кількість байт, необхідна для описання одного маршруту в повідомленні і-го типу, l_{ip} – довжина заголовку IP пакету, m_i – максимальне число маршрутів, що може бути описане в одному повідомленні і-го типу, M_i – загальне число маршрутів, яке необхідно описати, k_j– кількість копій, що розсилаються вузлом мережі, t_i – інтервал часу між передачею повідомлень і-го типу.

Час сходимості протоколу маршрутизації, в загальному випадку, можливо математично виразити наступним чином [2]:

$$t_{сх} = t_{знах} + t_{роз} + t_{марш} \text{ [с]} \quad (2)$$

Де: $t_{знах}$ – час знаходження зміни в топології мережі, $t_{роз}$ – час розповсюдження службової інформації маршрутизаторам. $t_{марш}$- час розрахунку нової таблиці маршрутизації. Максимальне число маршрутизаторів в мережі може бути обчислене із формул (1) та (2) при заданій кількості максимально допустимої службової інформації та часу сходимості протоколу. Параметри формул (1) та (2) залежать як від топології мережі, так і від протоколу маршрутизації.

В роботі проведено аналіз службової інформації протоколу OSPF при роботі в кільцевій топології із відгалуженнями, зображеної на рис. 1. Привабливість протоколу OSPF полягає у відкритості його специфікації та значній поширеності в сучасних мережах електрозв’язку. Крім того, у порівнянні із протоколом IGRP, протокол OSPF генерує менше службової інформації.[1] Одним з недоліків протоколу OSPF є нестійкість до перенавантажень, викликаних направленням інформації за найкоротшим шляхом. Проте, цей недолік усувається в порядку вирішення задачі інжинірингу трафіку. Наприклад, в мережах із MPLS боротьба з перенавантаженнями виконується за допомогою протоколів RSVP-TE або CR-

LDP. [3] Прикладом застосування кільцевої топології із відгалуженнями може бути мережа провайдера Інтернет послуг, в якій існує транспортне кільце та відгалуження до абонентів. Із розвитком мережі, як правило, відгалуження з'єднуються в додаткові кільця, проте розглянутий проміжний варіант є достатньо поширеним.

Нехай, кількість маршрутизаторів у мережі рівна N. Тоді, кількість маршрутизаторів у кільці рівна $N/2$. Кількість маршрутизаторів найдовшого шляху між точками A і B обчислюється як $N_{ланц} = [N/4] + 3$. Де [x] – ціла частина x. До відгалужених маршрутизаторів під'єднані локальні мережі із абонентами. Таким чином, кожний маршрутизатор має три зв'язки. Мережа працює за принципом точка-точка, всі маршрутизатори належать до однієї зони OSPF.

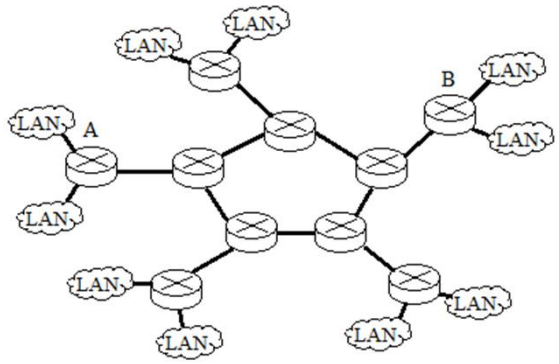


Рис. 1. Мережа «Кільце із відгалуженнями»

Робота протоколу OSPF складається із трьох основних етапів. На першому етапі встановлюються сусідські відносини між маршрутизаторами за допомогою Hello пакетів. На другому етапі, за допомогою пакетів DD та LSA формується топологічна інформація, на третьому – маршрутизатор за допомогою алгоритму Дейкстри обчислює дерево найкоротших шляхів до усіх інших маршрутизаторів мережі та будує таблицю маршрутизації.

Існує 5 типів пакетів OSPF: Hello, Database description, LSR, LSU та LSA. Кожен з пакетів має стандартний заголовок довжиною в 24 байта. Всі пакети OSPF передаються на один інтервал (hop). Довжини пакетів протоколу OSPF можливо обчислити спираючись на структуру цих пакетів, детально описану в додатку A.3 RFC 2328 [4]. Пакет Hello передається в усі інтерфейси маршрутизатора OSPF та має довжину, з урахуванням заголовка OSPF, $l_{hello} = 44 + 4n_c$ байт. Де n_c – кількість сусідів маршрутизатора OSPF. Пакет Hello передається із інтервалом t_{hello} та містить $t_{відмови}$ – час, після отримання останнього Hello пакету, зі спливом якого сусідній маршрутизатор вважається відключеним.

Пакет DD передається після того, як маршрутизатори обмінялись пакетами Hello. Задача пакету DD – описати базу даних ведучого маршрутизатора веденому. В пакеті DD передаються лише заголовки усіх повідомлень про стан каналів. В разі, якщо заголовки баз даних маршрутизаторів відрізняються, ведений маршрутизатор запрошує додаткову інформацію про канали у ведучого маршрутизатора за допомогою пакету LSR, отримує цю інформацію за допомогою пакету LSU та підтверджує її отримання за допомогою пакету LSAck. Довжина пакету LSR визначається як: $l_{LSR} = 24 + 12n_{asked}$, де n_{asked} – кількість записів про стан каналу (LSA), що запрошуються веденим маршрутизатором.

Довжина пакету LSU обчислюється наступним чином: $l_{LSR} = 32 + l_{LSA} n_{asked}$. Тут, l_{LSA} – довжина запису про стан каналу. При роботі OSPF в одній зоні за принципом точка-точка, використовується лише один тип LSA, що генерується кожним маршрутизатором та описує усі його зв'язки. Довжина даного LSA визначається як $l_{LSA} = 28 + 12n_c$. Довжина пакету LSAck визначається $l_{LSR} = 24 + 20n_{asked}$.

Враховуючи вищесказане, можливо застосувати формулу (1) для протоколу OSPF. Оскільки пакети OSPF передаються на один інтервал, доцільно розглянути кількість службової інформації в одному однонаправленому ребрі мережі. Спираючись на це, покладемо N=1. Маршрутизатор передає по одній копії кожного пакету $k_j = 1$. Оскільки протокол OSPF в службових повідомленнях не описує маршрути, а описує топологію мережі, можливо покласти $M_i = m_i = 1$. Натомість, як було зазначено вище, довжини пакетів OSPF залежать від кількості з'єднань, які необхідно описати. Тобто, l_i , вданому випадку – змінна величина. Заголовок стандартного IP пакету, так само як і заголовки кадрів Ethernet є невід'ємною складовою в роботі пакетної системи передачі і не має відношення до

протоколу OSPF, тому, врахування заголовку IP пакету не є доцільним. Заголовок пакетів OSPF враховано в довжинах пакетів. Вважатимемо, що повідомлення LS передаються із $t_{ls} = 3t_{hello}$. [1]. Тоді, для OSPF, формулу (1) можливо спростити до наступного вигляду:

$$\lambda = \frac{l_{hello}+l_{dd}}{t_{hello}} + \frac{l_{LSR}+l_{LSU}+l_{LSAck}}{t_{ls}} \left[\frac{\text{біт}}{\text{с}}\right] \quad (3)$$

Час сходимості протоколу OSPF можна оцінити виходячи з формули (2). Покладемо $t_{роз} = (t_{hello} + t_{on}) \cdot (N_{ланц} - 1)$. Розрахунок нової таблиці маршрутизації відбувається послідовно на всіх вузлах мережі і може бути обчислено як: $t_{розр} = t_{д} \cdot (N_{ланц} - 1)$. Тоді, формула (2) набуває наступного вигляду:

$$t_{сх} = t_{відмови} + (t_{hello} + t_{on} + t_{д}) \cdot (N_{ланц} - 1) \text{ [с]} \quad (4)$$

Де $t_{відмови} = 3t_{hello}$, $t_{on} = 0{,}5$ – час, необхідний маршрутизаторам для обміну пакетами, $t_{д} = 0{,}05 \cdot (N - 1)$ – час побудови нової таблиці маршрутизації. Графічно, при $N = 10$, формули (3) та (4) зображено на рисунку 2. Даний рисунок ілюструє протиріччя при виборі параметру $\mathrm{t_{hello}}$, збільшення якого призводить до лінійного зростання часу сходимості протоколу. При зменшенні даного параметру, відбувається стрімке зростання кількості службової інформації. Таким чином, постає питання вибору оптимального значення t_{hello}. Для цього в роботі, за допомогою СКМ Mathcad побудовано залежність $\lambda(t_{сх})$. Оскільки оптимізується лише один параметр, крива $\lambda(t_{сх})$ описує всі можливі рішення задачі і одночасно є множиною Парето. Для інтервалу $t_{hello} \in [1:60]$ визначено точку утопії – точка U на рис. 3. Ідеальну точку, в якій обидва критерії мають мінімальне компромісне значення, визначено як найближчу точку на кривій $\lambda(t_{сх})$ до точки утопії – точка I на рис.3. Даній точці відповідає значення $t_{hello} \approx 8.6$.

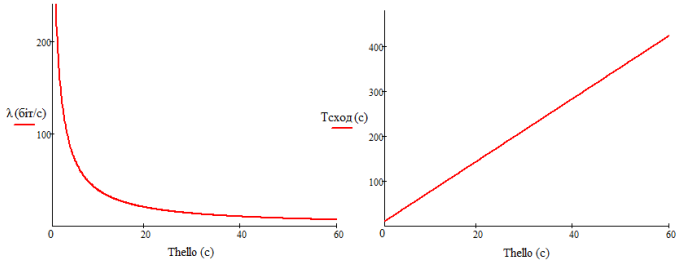


Рис. 2. Графічне зображення формул (3) та (4).

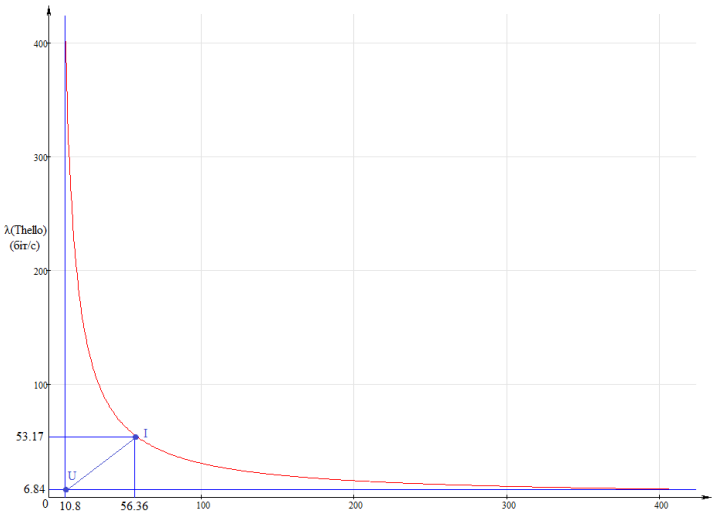


Рис. 3. Графічне пояснення до визначення оптимального значення t_{hello}.

В розглянутій топології оптимальне значення t_{hello} не суттєво відрізняється для N=10 та N=56. При збільшенні числа вузлів лише пропорційно зростає час сходимості протоколу та об'єм службової інформації.

Варто зазначити, що значення параметру t_{hello} слід обирати цілим. Враховуючи порядок службової інформації протоколу OSPF – біт/с, доцільно обрати $t_{hello} = 8$ с. на користь зменшення часу сходимості протоколу. Оскільки зі зменшенням цього часу маршрутизатори швидше оновлюють інформацію про топологію мережі, а, отже результуючий час доступності мережі зростає, а відповідно, мережа може обробити більше корисної інформації.

Література

1. С.А. Макеев, Т. И. Алиев. Оптимизация конфигурируемых параметров маршрутизатора. Научно-технический вестник СПбГИТМО (ТУ). Выпуск 10. 2003. С.91–94.

2. Галькевич А. В. Определение показателей эффективности протокола динамической маршрутизации OSPF. http://www.rusnauka.com/26_NII_2009/Informatica/51675.doc.htm

3. А. Б. Гольдштейн, Б. С. Гольдштейн. Технологии и протоколы MPLS. БХВ – Санкт-Петербург. 2005. – 304 стр.

4. RFC 2328 «OSPF Version 2», April 1998.

МОДЕЛЬ ТЕЛЕТРАФИКА НА ОСНОВЕ САМОПОДОБНОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

Т.В.Борис, О.А. Привар
Інститут телекомунікаційних систем
e-mail: poooshta@ukr.net, kceno4ka@ukr.net

Teletraffic Model Based on Self-similar stochastic process

Рассмотрены особенности формирования самоподобного трафика. Исследованы вероятностные показатели передачи и потери пакетов в зависимости от размеров буфера и производительности системы.

Измерения трафика в разных видах локальных сетей, потоках информации при передаче изображений с переменной скоростью, Интернете привели к открытию того, что трафик в них является самоподобным. На качественном уровне самоподобие в вышеуказанных случаях проявляется в том, что трафик сбивается в пачки данных, которые выглядят статистически подобно в широком диапазоне изменения масштаба по шкале времени.

Самоподобный трафик оказывает значительное влияние на характеристики систем связи. Примером такого влияния может служить факт, что при увеличении размера буфера на входе канала вероятность потерь падает значительно медленнее, чем по экспоненциальному закону, который свойственен широко используемым классическим моделям.

Если $X = (X_1, X_2, \dots)$ – полубесконечный отрезок стационарного в действительного случайного процесса дискретного аргумента времени $t \in N \triangleq \{1,2, \dots\}$; $r(k)$ – коэффициент корреляции, то процесс X называется строго самоподобным в широком смысле (ССШС) с параметром H=1– (β/2), 0<β<1, если его коэффициент корреляции [1]:

$$r(k) = \frac{1}{2}\left[(k+1)^{2-\beta} - 2k^{2-\beta} + (k-1)^{2-\beta}\right] \triangleq g(k), k \in N. \quad (1)$$

Такой процесс можно назвать самоподобным ввиду того, что процесс X с r(k)=g(k) удовлетворяет условию $r_m(k) = g(k)$, а это, в свою очередь, значит, что процесс не меняет свой коэффициент корреляции после усреднения по блокам любой длинны m. g(k) является единственным решением уравнения $b_m(0) = b(k)m^{-\beta}$.

Пакеты генерируются источниками так, что трафик представляет собой суперпозицию пакетов, генерируемых источником, которые имеют номера $s \in Z \triangleq \{\dots, -1,0,1, \dots\}$. Источник s начинает генерировать свои пакеты в момент $\omega_s (\omega_s \leq \omega_{s+1})$ и генерирует $\theta_s(i) \in Z_+$пакетов в момент $\omega_s + i - 1$ в интервале $\omega_s, \dots, \omega_s + \tau - 1, i \in \{1, \dots, \tau_s\}$. Последовательность $(\theta_s(1), \dots, \theta_s(\tau_s))$ называется активным периодом источника. Частными случаями активных периодов могут быть: константа, случайная константа, независимые и одинаково распределенные $\theta_s(i)$. Рассматриваемый трафик Y – это поток пакетов, имеющих единичную длину, при этом $Y = (\dots, Y_{-1}, Y_0, Y_1, \dots)$, т.е. является суперпозицией пакетов, генерируемых различными источниками,

$$Y_t = \sum_{s \in Z} \theta_s(t - \omega_s + 1), t \in Z. \quad (2)$$

Процесс Y будет являться ССШС, если он удовлетворяет условиям [1] :

$$\frac{\sum_{l=k+1}^{\infty}(l-k)\Pr\{\tau=l\}B^{(l)}(k)}{\sum_{l=1}^{\infty} l Pr\{\tau=l\}B^{(l)}(0)} = \frac{1}{2}\delta^2\left(k^{2-\beta}\right), k \in N;\ \sum_{l=1}^{\infty} l \Pr\{\tau = l\}\mu^{(l)} < \infty \quad (3)$$

Выделяющейся особенностью системы связи с входным потоком, обладающим свойствами самоподобия, является то, что убывание происходит по степенному, а не по экспоненциальному, закону, если увеличивать буфер памяти на входе.

Данное явление позволяет теоретически аргументировать рассмотрение системы **Y/D/C/h/d** с входным самоподобным потоком **Y**, детерминированным временем обслуживания **D**, конечным буфером **h** при числе обслуживающих приборов **C**, дисциплиной **d**, которая принимает решения относительно каждого пакета, находящегося в системе**.**

Анализируемая СМО использует класс дисциплин $D_C(h)$, удовлетворяющих следующим условиям:

- если $\mathbf{Y_t + Z_t > 0}$ то $\min\{\mathbf{Y_t + Z_t, C}\}$ пакетов идут на передачу (обслуживание) в момент *t*;
- если $\mathbf{Y_t + Z_t < h+C}$, то ни один из пакетов не теряется в момент *t*;
- если $\mathbf{Y_t + Z_t > h+C}$, то $Y_t + Z_t - h - C$ пакетов теряются в момент *t*,

где Y_t - поступившие в момент *t* пакеты, Z_t – находящиеся в системе в момент *t* пакеты)
Выбор пакетов для передачи или потерь зависит от конкретной дисциплины d Є $D_C(h)$ [2].
Представляет практический интерес задача определения вероятности переполнения буфера P_{over} и вероятности потери пакета P_{loss}.. Переполнение буфера наступает в некий момент *t* потери по крайней мере одного пакета, описываемого событием{Yt+Zt–h–C>0}. Вероятность такого события:

$$Pover \triangleq \lim_{t\to\infty} sup\ \Pr\{At = 1\}. \quad (4)$$

где A_t – индикатор перопелненияA_t – индикатор переполнения.

$$A_t = \begin{cases} 1, & t - \text{момент переполнения;} \\ 0, & t - \text{переполнения не наступило;} \end{cases}$$

Чтобы определить вероятность потерь, пронумеруем все входящие и пакеты и введем индикатор потери пакета:

$$\begin{cases} 1, n - \text{ый пакет теряется;} \\ 0, n - \text{ый пакет обслуживается ;} \end{cases}$$

$$B_n = \begin{cases} 1, n - \text{ый пакет теряется;} \\ 0, n - \text{ый пакет обслужывается ;} \end{cases}$$ Тогда вероятность потери пакета:

$$Ploss \triangleq \lim_{n\to\infty} sup\ \Pr\{Bn = 1\}. \quad (5)$$

Если рассматривать границы вероятностей переполнения буфера P_{over} и вероятности потери пакета P_{loss}, то можно учесть полученную асимптотическую верхнюю границу для трафика с τ, имеющего распределение Парето [3]:

$$P_{\text{over}} \le c_1 h^{(-\alpha+1)k},\ k = 1 + \lfloor (C/R) - \lambda E\tau \rfloor$$

$$h \to \infty,\ C > \lambda R E\tau, \quad (6)$$

где [x] – целая часть числа x, а неравенство типа $f(x) \le g(x)$ при $\square \to \infty$ понимается как $\lim_{\square\to\infty} \sup f(x)/g(x) \le 1$.
В свою очередь, нижняя граница для такой же системы

$$P_{\text{over}} \ge c_2 h^{(-\alpha+1)k},\ h \to \infty,\ C \ge \lambda R E\tau \quad (7)$$

Из полученных выражений вытекает теоретическое обоснования степенного спада вероятности переполнения P_{over} с ростом буфера и, в тоже время, показательного спада в зависимости от роста различия между *C* и λRE_t.

Литература.

1. Tsybakov B. , Geordans N.D. Self-Similar Procrsses in Communications Networks. – IEEE Trans. on Information Theory, 1998, v4.4,№5, p.1713 – 1725;.
2. Цыбаков Б.С., Папантони-Казакос П. Наилучшая и наихудшая дисциплина передачи пакетов. – Проблемы передачи информации,1996,т.32 вып.4, с.72-92;
3. Tsybakov B. , Geordans N.D. Confernce “Perfomance and control of network Systems”.- Boston,USA,1999;

УДК 621.391

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКОЙ ПРОТОКОЛА TCP

Бурчинский А.С.
НТУУ «КПИ», Институт телекоммуникационных систем
E-mail: burchynskyi@gmail.com

Congestion control algorithms of TCP

In this paper we examine existing congestion control method, find their shortcomings and suggest an idea for new algorithm.

На данный момент существуют следующие методы борьбы с перегрузкой.

TCP Tahoe, Reno и NewReno. Для предотвращения перегрузки протокол TCP использует многогранную стратегию управления перегрузкой. Для каждого соединения TCP определяет окно перегрузки, ограничивающее общее число неподтвержденных пакетов, которые могут быть отправлены. Протокол TCP использует механизм, именуемый "медленным стартом", который увеличивает окно перегрузки после установления соединения, а так же после таймаута. Для каждого подтверждения о доставке пакета (ACK) окно перегрузки увеличивается на 1 MSS, то есть за период RTT, окно перегрузки увеличивается вдвое. Когда окно перегрузки достигает порогового значения sstresh, алгоритм переходит в новое состояние, называемый предотвращением перегрузки. Значение порога обновляется после каждого окончания этапа медленного старта. На этапе предотвращение перегрузки до тех пор, пока отправитель получает недублированные ACK, окно перегрузки аддитивно увеличивается на 1 MSS за каждый период RTT. Алгоритмы TCP Tahoe и TCP Reno по-разному определяют и реагируют на потерю пакета:

- TCP Tahoe: 3 дублированных ACK расцениваются и "лечатся" так же, как и при таймауте. TCP Tahoe будет выполнять алгоритм "быстрой повторной передачи", уменьшая размер окна перегрузки до 1 MSS и переходя к медленному старту;
- TCP Reno: Поле получения 3 дублированных ACK алгоритм выполняет быструю повторную передачу и входит в фазу, называемую "быстрым восстановлением". Если истекает таймаут на получение ACK, алгоритм переходит к медленному старту, так же как и в TCP Tahoe.

В TCP NewReno улучшена повторная передача во время фазы быстрого восстановления TCP Reno.

TCP Vegas. Алгоритм контролирует размер окна путем мониторинга отправителем RTT для пакетов, посланных ранее. Если обнаруживается увеличение RTT, система узнает, что сеть приближается к перегрузке и сокращает ширину окна. Если RTT уменьшается, отправитель определит, что сеть преодолела перегрузку, и увеличит размер окна. Следовательно, размер окна в идеальной ситуации будет стремиться к требуемому значению.

TCP Westwood. В этой модификации протокола используется новый алгоритм управления окном перегрузки, основанный на оценке потока данных (RE - Rate Estimation) и текущего значения полосы пропускания. На основе этих оценок производится вычисление *cwin* и *ssthresh*. Для больших произведений полосы на RTT этот алгоритм может дать лучший результат, чем NewReno.

TCP Hybla. Большие времена RTT сдерживают рост окна перегрузки и приводят к значительному снижению пропускной способности и некорректному перераспределению полосы пропускания между разными соединениями. В этом случае деградация рабочих параметров является прямым следствием свойств TCP-протокола и не может быть устранена без существенной модификации алгоритма управления перегрузкой. Эту задачу может решить алгоритм TCP Hybla. Основной идеей TCP Hybla является достижение для соединений с большим (напр. спутниковых) тех же скоростей передачи, B(t), что и для проводных TCP-каналов.

BIC TCP является реализацией TCP с оптимизацией алгоритма управления перегрузкой для сетей с большими задержками: так называемые "длинные широкополосные сети". BIC TCP реализован и используется в ядре Linux версии 2.6.8 и выше.

CUBIC TCP представляет собой реализацию протокола TCP с оптимизацией алгоритма управления перегрузкой для быстродействующих сетей с большими задержками. Версия CUBIC является менее агрессивной и более системной, чем BIC TCP, в которой значение ширины окна является кубичной функцией времени после последнего события перегрузки, с точкой перегиба, привязанной к окну, а не к событию как раньше. CUBIC TCP был реализован для ядра Linux версии 2.6.19 и выше (2006 год).

Учитывая вышеизложенное, предлагается создание новой модели протокола TCP, которая позволит за счет разработки альтернативного метода управления окном перегрузки исключать такие основные недостатки существующих разновидностей протокола TCP, как:

- Невозможность различать случайные потери и потери из-за перегрузки, что приводит к неэффективному использованию полосы пропускания и к ошибочному уменьшению окна перегрузки;
- Неэффективность некоторых методов в сетях с высокими скоростями передачи данных;
- Неэффективность некоторых методов в сетях с большими задержками (большие значения RTT);
- Запуск механизмов исключения перегрузки из-за искажений в канале, ошибочно приписываемые переполнению буфера;
- Несовместимость различных типов протоколов, установленных на разных сторонах.

Список литературы

1. Van Jacobson, Michael J. Karels. Congestion Avoidance and Control (1988). Proceedings of the Sigcomm '88 Symposium, vol.18(4): pp.314–329. Stanford, CA. August, 1988.
2. http://en.wikipedia.org/wiki/TCP_congestion_avoidance_algorithm
3. http://book.itep.ru/4/44/tcp.htm

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ З САМОПОДІБНИМ ТРАФІКОМ

Уривський Л.О., Трач Б.В.
Інститут телекомунікаційних систем
e-mail: bv.trach@gmail.com

Study of productivity indicators of queuing system with self-similar traffic

The problem of self-similarity of network traffic is considered. A model of a queuing system with arrival stream based on the Brownian motion and regular service rate is developed. New aspects of the model are decomposition of the process of service into state and observation models, and choice of parameters of reflecting boundaries for Brownian motion. Relations between model parameters and performance indicators are proposed.

Бурхливе впровадження комп'ютерних мереж та значне зростання їх продуктивності привернули увагу спеціалістів, що досліджують характеристики Інтернет-телетрафіку. Виявлено, що трафік комп'ютерних мереж має властивість статистичної самоподібності, що полягає у незалежності його статистичних властивостей від ступеня об'єднання потоків та масштабу розгляду. Ця властивість не проявляється у телефонних мережах, що раніше були об'єктом дослідження, і тому вимагає використання нових підходів до розрахунку параметрів мереж.

Чисельною мірою самоподібності виступає коефіцієнт Херста, що лежить у межах від 0 до 1. При значеннях коефіцієнта Херста від 0 до 0,5 процес проявляє антиперсистентні властивості, тобто у ньому не утворюються тренди. При значеннях коефіцієнта Херста більше 0,5 процес проявляє персистентність - у ньому формуються довгі тренди. Встановлено [1-2], що для Інтернет-трафіку коефіцієнт Херста приблизно рівний 0,8. Цей показник дозволяє точно описувати пакетну структуру самоподібного процесу.

Причиною виникнення самоподібності у локальних мережах є об'єднання потоків даних від різних сервісів на комп'ютерах користувачів, а у глобальних мережах - від окремих користувачів і мереж. Крім того, мають місце значні відмінності між класичними телефонними мережами та мережами передачі даних. Так, телефонні мережі призначені виключно для передачі голосової інформації, і них практично відсутня ієрархія протоколів. Іншими їх характеристиками є централізований контроль над усією мережею та відсутність значних змін у мережі з часом. В той час мережі передач даних можна охарактеризувати надзвичайною різноманітністю трафіку: одночасно передаються дані від різних сервісів, по каналах з широким діапазоном продуктивностей. Ще одним аспектом сучасних мереж є те, що трафік у них піддається «часовому стисненню», тобто час його передачі може бути набагато коротшим за час його надходження в систему.

Пропонується модель самоподібного мережевого трафіку із застосуванням параметрів броунівського руху. При цьому у процесі зберігається незалежність статистичних властивостей від масштабу розгляду. Броунівський рух описується рівнянням Фокера-Планка-Колмогорова [3]

$$\frac{-\partial}{\partial t_0}\pi(\lambda,t\mid\lambda_0,t_0)=\frac{\partial}{\partial\lambda_0}\left[a(\lambda,t)\pi(\lambda,t\mid\lambda_0,t_0)\right]+\frac{1}{2}\frac{\partial^2}{\partial\lambda_0^2}\left[b(\lambda,t)\pi(\lambda,t\mid\lambda_0,t_0)\right] \qquad (1)$$

де $\lambda(t)$- процес броунівського руху; $a(\lambda,t)$- коефіцієнт зносу; $b(\lambda,t)$- коефіцієнт дифузії;

$\pi(\lambda,t\mid\lambda_0,t_0)$- умовна щільність ймовірності переходу з точки λ в момент часу t в точку λ_0 в момент часу t_0.

Коефіцієнт зносу $a(\lambda,t)$ характеризує середнє значення локальної швидкості, тобто середнє значення тенденції у еволюції процесу за малий проміжок часу $t_1+\Delta t$, якщо $\lambda(t_1)=\lambda$. Коефіцієнт дифузії $b(\lambda,t)$ характеризує локальну швидкість зміни дисперсії

приросту марковського процесу. З фізичної точки зору коефіцієнт зносу визначає регулярну складову інтенсивності λ вхідного процесу, а коефіцієнт дифузії – випадкову.

Модель обслуговуючого пристрою містить наступні складові – регулярний процес обробки з інтенсивністю μ, та границь, що обмежують рух броунівського процесу. Фізичним змістом границь є відображення ємності буфера з мінімальним значенням заявок в буфері – 0, та максимальним – d .

Пропонується новий підхід до опису процесу функціонування системи обслуговування з використанням взаємодіючих моделей стану та спостереження. Модель стану містить дві відбиваючі границі, що використовуються для розв'язку рівняння Понтрягіна (таким чином вирішується класична задача досягнення відбиваючих границь). Вибір параметрів відбиваючих границь є новим та важливим аспектом моделювання.

Модель спостереження складається з двох додаткових «прозорих» границь, що служать для поділу всього ймовірнісного простору між відбиваючими границями на три частини, пов'язані з подіями: простою $p_{пр}$ ($\lambda<0$), зайнятості буфера ненульовою кількістю заявок $p_{зайн}$ ($0<\lambda<d$) та відмови $p_{відм}$ ($\lambda>d$). Ймовірності вказаних подій пов'язані між собою умовою нормування: $p_{пр} + p_{зайн} + p_{відм} = 1$.

Для знаходження імовірності знаходження в кожному стані знайдений стаціонарний розподіл щільності ймовірності $p(x)$ через розв'язок диференційного рівняння

$$\frac{\partial}{\partial t} p(\lambda,t) = -a \frac{\partial}{\partial \lambda} p(\lambda,t) + \frac{b}{2} \frac{\partial^2}{\partial \lambda^2} p(\lambda,t) \qquad (2)$$

з дельта-імпульсом в якості початкових умов та граничними умовами, що відповідає випадку відбивання на границі: $\left.\frac{\partial}{\partial t} p(\lambda,t)\right|_f = 0; \quad \left.\frac{\partial}{\partial t} p(\lambda,t)\right|_g = 0,$

де f та g - відповідно нижня та верхня відбиваючі границі моделі стану;

$p(\lambda,t)$- щільність ймовірності знаходження в буфері λ заявок у момент t .

На Рис. 1 зображена залежність кожної з цих ймовірностей від коефіцієнта дифузії b для системи з коефіцієнтом зносу $a = -0{,}5$, та границями $f = -50$, $g = 50$, $c = 0$, $d = 10$.

Проведено дослідження залежності імовірності знаходження системи у кожному з станів в залежності від дисперсії (коефіцієнту дифузії).

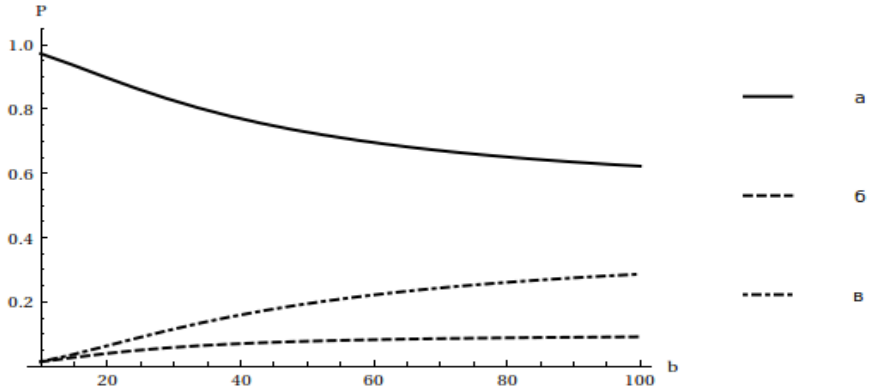


Рис 1. Залежність ймовірностей від коефіцієнта дифузії: а) ймовірність простою; б) ймовірність ненульової кількості заявок в системі (поточне наповнення буферу); в) ймовірність переповнення буферу.

Це дозволяє досліджувати властивості системи обслуговування трафіку в залежності від об’єму буфера обслуговуючого серверу та оцінювати показники її функціонування.

Описана вище модель дозволяє досліджувати властивості трафіку та оцінювати його показники функціонування, зокрема, оцінювати показники продуктивності, ймовірність простою та середню кількість заявок в системі. Мірою продуктивності виступає ефективна інтенсивність потоку заявок (інтенсивність потоку заявок, що проходять обслуговування).

Розрахунок цього показника може здійснюватися із застосуванням формули Літтла:

$$\lambda_{eff} = \lambda * p_{обсл} = \lambda\left(p_{пр} + p_{зайн}\right) = \lambda\left(1 - p_{відм}\right), \quad (3)$$

де λ - інтенсивність вхідного потоку заявок.

Оцінка показників продуктивності дає можливість визначити ступінь використання апаратного забезпечення та економічну доцільність його експлуатації.

Література

1. Will E. Leland, Murad S. Taqqu, Walter Willinger, Daniel V. Wilson: On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic. –SIGCOMM, 1993.
2. Шелухин О., Тенякшев А., Осин А. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. – М.: Радиотехника, 2003. – 480 с.
3. Тихонов В. И., Миронов М. А. Марковские процессы. – М.: Советское радио, 1977.