



НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“Київський політехнічний інститут”

ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

НДІ Телекомунікацій

Сьома міжнародна науково-технічна конференція

"ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ"

присвячена 115-й річниці НТУУ «КПІ»,

20-й річниці кафедри телекомунікацій,

10-й річниці Інститут телекомунікаційних систем

Матеріали конференції

16–19 квітня 2013 року

м. Київ

Науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій": Матеріали конференції.
К.:НТУУ "КПІ", 2013.

Даний збірник містить доповіді пленарних і секційних матеріалів студентів, аспірантів, спеціалістів і наукових співробітників, представлених на Сьомій міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми телекомунікацій" (ПТ-13), які проводяться 16–19 квітня 2013 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 та перспективних телекомунікаціях

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

Секретар оргкомітету конференції
Бубнов М.С.
р.т. (044)454-98-04, тел/факс. (044)454-98-21
E-mail: ivanova@its.kpi.ua

Співголови конференції:

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

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

Організатори конференції:

Державна служба спеціального зв'язку і захисту інформації України

Національний технічний університет України «КПІ», ІТС, НДІТ;

Міжнародний науково-технічний журнал «TELECOMMUNICATION SCIENCES».

Спонсори конференції:

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

Програмний комітет:

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

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

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

Каток В.Б. – заст. голови, к.т.н., проф., Укртелеком, м.Київ;

Шестак І.В. – заст. голови, начальник першого управління стратегії розвитку телекомунікацій в Україні, м.Київ.

Члени комітету:

1. **Бунін С.Г.** – д.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
2. **Кравчук С.О.** – д.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
3. **Поповський В.В.** – д.т.н., проф. ХНУРЕ, м. Харків.
4. **Якорнов Є.А.** – к.т.н., проф., заст. директора ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
5. **Романов О.І.** – д.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ..
6. **Дробик О.В.** – к.т.н., доц., 1^{ий} проректор. ДУІКТ, м. Київ.
7. **Глоба Л.С.** – д.т.н., проф., зав. каф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
8. **Беркман Л.Н.** – д.т.н., проф., зав. каф. ДУІКТ, м. Київ.
9. **Алексеев М.О.** – к.т.н., доц. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
10. **Трубін О.О.** – д.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
11. **Шелковніков Б.М.** – к.т.н., доц. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
12. **Михайлов С.А.** – д.т.н., проф., м. Одеса.
13. **Лисенко О.І.** – д.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
14. **Жук С.Я.** – д.т.н., проф. РТФ НТУУ "КПІ", м. Київ.
15. **Попов В.І.** – д.ф-м.н., проф. РДУ м. Рига.
16. **Ліпатов А.О.** – к.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
17. **Наритник Т.М.** – к.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
18. **Коломицев М.О.** – к.т.н., доц. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
19. **Уривський Л.О.** – д.т.н., проф. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
20. **Максимов В.В.** – к.т.н., доц. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.
21. **Гаттуров В.К.** – к.т.н., доц. ІТС НТУУ "КПІ", м. Київ.

Технічний комітет ПТ-13:

1. Слюсар В.С. – транспорт, поселення, р.т. 454-98-04.
2. Дуля Ю.А. – головний бухгалтер НДІ ТК, р.т. 406-84-49.
3. Піддубна І.М. – реєстрація, інформаційне забезпечення.
4. Калайда Г.С. – технічне обслуговування електронної техніки, р.т. 454-98-11.
5. Штогріна О.С. – оформлення конференції на сайті ІТС, р.т. 454-98-91.

6. Послуги перекладача:

Кот Тетяна – (067)549-71-85;

Баскенова Катерина – (050)195-55-40.

7. Секретар оргкомітету:

Бубнов Микола, e-mail: ivanova@its.kpi.ua.

ЗМІСТ

Пленарні доповіді

Ільченко М.Ю., Уривський Л.О. Роль наукового спадку академіка В.М. Глушкова у реалізації сучасних телекомунікаційних стратегій.....	14
Бунін С.Г. Надширокосмугові імпульсні сигнали в радіозв'язку.....	19
Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Войтенко А.Г., Казимиренко В.Я. Бездротова мультисервісна система абонентського доступу до інформаційних ресурсів.....	22
Климаш М.М., Бешлей М.І. Моделювання та дослідження системи управління ресурсами фемтосоти в мережах-IMS.....	25
Уривський Л.О. Подолання невизначеності теорем Шеннона про кодування для дискретного каналу з завадами.....	29
Хахлюк О.А. Розвиток технології WiFi в операторських мережах.....	33
Кравчук С.О. Дослідження фізичного рівня підземних бездротових сенсорних мереж.....	34
Лисенко О.І., Чумаченко С.М., Кірчу П.І., Валуйський С.В. Сенсорна телекомунікаційна система оперативного моніторингу в зоні надзвичайних ситуацій техногенного характеру.....	37
Кравчук С.О. Наномережі: телекомунікаційні системи нанорівня	40
Ільченко М.Ю., Єрмолов П.П. Пристатійна бібліографія як важливий наукометричний елемент.....	43
Безгін А.А., Савочкін А.А., Слободенюк А.А. Доступ до мережі Інтернет на залізничному пасажирському транспорті з використанням мереж 3G.....	48
Безгін А.А., Савочкін А.А., Раїфов Л.Е. Доступ до мережі Інтернет у тролейбусах Севастополя з використанням мобільних мереж 3G.....	51
Маньковський В.Б., Романов О.І. Аналітична модель мережі MPLS.....	54
Трубін О.О. Розсіювання оптичних імпульсів режекторними фільтрами на основі діелектричних мікрорезонаторів.....	57

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.

Сьомін С.В., Безгін А.А., Новоселов Є.А., Раїфов Л.Е., Слободенюк А.А., Савочкін А.А. Перерозподіл частотного ресурсу з метою впровадження мереж LTE.....	60
Слободенюк А.А., Безгін А.А., Новосьолов Є.А., Раїфов Л.Е., Сьомін С.В., Савочкін А.А. Дослідження характеристик абонентського обладнання при виборі частотного діапазону для впровадження мереж LTE.....	63
Троїцький А.В., Шевченко С.А., Панасюк І.В. Розробка концепції приймача для системи радіонагляду стандарту ADS-B.....	66
Дубінін Г.В. Поліпшення характеристик роботи мереж мобільного доступу TD-LTE за рахунок застосування повнодуплексного режиму передачі даних.....	69
Кононенко Л.А., Кравчук С.О. Розподіл радіоресурсу прямого каналу системи з OFDMA для двох стільників при забезпеченні необхідного QoS.....	72
Мазуренко О.В., Якорнов Є.А. Методи тривимірного просторового розділення сигналів в безпроводових телекомунікаціях.....	75
Сундучков К.С., Волков С.Е., Ящук О.С. Вибір смуги робочих частот приймача-декодера мобільного терміналу інтерактивної гетерогенної телекомунікаційної мережі мобільного зв'язку.....	78
Золотухін Р.В., Стрелковська І.В., Лисюк Є.В. Дослідження методів відновлення безперервних сигналів.....	82
Кайденко М.М. Імітаційне моделювання фізичного рівня системи широкосмугового доступу на основі IEEE 802.16-2009.....	85
Охріменко Я.Ю., Авдєєнко Г.Л. Аналіз доцільності використання антенної системи MISO у стандарті телебачення DVB-T2.....	88
Познякова А.О., Кравчук С.О. Алгоритм попередньої фази сканування процедури передачі обслуговування для дворівневої системи широкосмугового радіодоступу.....	91
Широков І.Б., Лялюк Д.В. Застосування каскадного однопортового резонансного транзисторного підсилювача при побудові транспондерів системи RFID.....	94

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

Співголови:

проф. Якорнов Є.А., д.т.н., проф. Романов О.І., к.т.н., доц. Дробик А.В.

Каток В.Б., Руденко І.Е. Основні напрями стандартизації оптичних волокон та кабелів.....	97
Романов А.І., Куриленко Д.М., Маньківський В.Б., Хазрон І.О. Імітаційна модель GNS3 оцінки параметрів якості обслуговування в мережі IP/MPLS.....	100
Пасько С.П., Пасько В.П., Латуха А.В. Визначення доцільності заміни маршрутизаторів в IP-мережі на обладнання MPLS в залежності від мережної затримки.....	102
Тарасенко І.В., Каток В.Б., Попович З.О., Єршов Ю.В., Пасько С.П., Дудко О.В. Розробка підходів до виявлення та оцінки проблемних зон інфраструктури операторів зв'язку.....	106
Ляховецький Л.М., Заблоцький С.А. Високочастотні параметри передачі проводів домашньої електропроводки, яка застосовується в технології BPL.....	108
Друзь В.В., Правило В.В. Застосування технології MPLS/VPN для побудови віртуальних приватних мереж	111
Красько О.В., Корецький О.В. Дослідження часових параметрів якості у фотонних транспортних мережах.....	113
Рябцов А.В. Спеціальні типи п'єзоелектричних актуаторів для оптичних комутаційних пристроїв.....	116
Маньківський В.Б., Рудько Н.Д. Оценка пропускной способности сети Ethernet и способы повышения ее эффективности.....	118
Grynkov Yuri Analysis of assembly algorithms in optical network.....	121

Секція 3. Інформаційні ресурси і мережі

Співголови:

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

Andriy Luntovskyy, Dietbert Guetter CANDY: academic research project in the frame of knowledge transfer to SME's.....	124
Смірнова А.С. Можливий підхід до побудови моделі користувача інформаційних мереж.....	127

Донченко О.Ю., Глоба Л.С. Методи підвищення ефективності функціонування розподілених ЦОД.....	130
Приходько О.О. Роле-орієнтований підхід в розробці програмного забезпечення.....	133
Терновой М.Ю., Штогріна О.С. Використання онтологій для побудови системи інтеграції OSS / BSS систем.....	135
Скулиш М.А. Проблеми впровадження системи екстреної допомоги населенню за єдиним номером 112.....	138
Gaieviy V., Kyrylkov V. Mathematical representation of computing resources dynamic allocation in the Cloud.....	141
Бондаренко В. Ю., Алексєєв М.О. Алгоритм адаптації СУБД MYSQL з метою запобігання граничного завантаження.....	144
Івлєв Ю.В., Кононенко В.М. Застосування сигнатурного методу для ідентифікації інтелектуальних агентів в мережі Інтернет.....	146
Борис Т.В., Алексєєв М.О. Порівняльний аналіз технології паралельного обчислення великих масивів даних MAPREDUCE.....	149
Анцибор Д.В., Терновой М.Ю. Онтологія системи білінгу.....	153
Жданенко А.В. Алгоритм MAPREDUCE, і його застосування в білінгових системах для паралелізації обчислень.....	155
Привар О.А., Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л. Створення українського порталу антарктичних даних.....	159
Баскєнова К.С., Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л. Подання знань на порталі національного антарктичного центру даних.....	162
Олексєнко А.О., Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л. Розробка процедури публікації метаданих в українському антарктичному центрі.....	165
Бубнов М.С., Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л. Технологія організації ефективного пошуку інформації на порталі національного антарктичного центру даних....	168
Наконєчний В.М., Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л. Аналіз принципів побудови Web порталів на платформі Sharepoint.....	171
Щасливий С.П., Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л. Реалізація розподіленого Workflow на прикладі робочого процесу «обробка даних НАНЦ».....	173
Савченко А.С., Холявкіна Т.В. Метод забезпечення стійкості системи керування корпоративною мережею.....	176

Секція 4. Засоби телекомунікаційних систем

Співголови:

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

Корпач В.Н., Пінчук Л.С., Захаров А.В. Мікрополоскові фільтри на підкладках з високою діелектричною проникністю для системи GPS.....	180
Глушеченко Е.М. Мікрополоскові пристрої з кільцевим резонатором біжучої хвилі – новий клас у техніці НВЧ.....	183
Авдеєнко Г.Л., Ліпчевская І.Л., Якорнов Є.А Фазові радіосистеми визначення координат джерела випромінювання гармонічного сигналу для роботи в проміжній хвильовій зоні.....	187
Трубін О.О. Односпрямоване розсіювання електромагнітних хвиль решітками діелектричних резонаторів.....	191
Абрамашвілі М.І., Сердюк І.В., Широков І.Б. Формування опорного сигналу з малим частотним зрушенням для непрямого синтезу частоти.....	194
Гімпілевич Ю.Б., Зебек С.Є. Синтез цифрових резонаторів для задачі вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття і моделювання перехідного процесу в них.....	197
Нудьга А.А. Площинна двохдіапазонна антена.....	200
Щекатурін А.А., Полуденов Д.Д., Гнатко Д.В. Антена із змінним положенням діаграми спрямованості.....	204
Підгурська Т. В., Трубін О.О., Шелковніков Б.М. Вищі типи коливань діелектричного резонатору в застосунках міліметрового діапазону	207
Начаров Д.В., Михайлюк Ю.П. Адаптивна гістограмна еквалізація зі змінним розміром околу.....	211
Коломієць А.М., Коновальчук Ю.С. Субгармонічний змішувач міліметрового діапазону для мультигігабітних систем.....	214
Лесик М.В., Курдеча В.В. Створення лабораторно-демонстраційного макету на базі програмованої апаратної обчислювальної платформи в навчальних цілях.....	217

Секція 5. Сенсорні телекомунікаційні мережі

Співголови:

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

Шацький І.О., Романюк А.В. Побудова широкосекторних антен на основі низькопрофільних випромінювачів.....	221
Лисенко О.І., Афанасьєва Л.О. Дослідження алгоритмів адаптивної фільтрації для підвищення ефективності обробки сигналів в каналах зв'язку.....	224
Лисенко О.І., Новіков В.І. Актуальні наукові задачі розвитку безпроводових сенсорних мереж.....	227
Лисенко О.І., Прищепа Т.О. Методи редукції та згортання експертних показників якості телекомунікаційних систем.....	230
S.A. Stankevich, V.A. Yatsenko, A.V. Vasko, M.I. Gerda, A.V. Romanjuk Pushbroom sensor real-time adaptive anomaly detection.....	233
Земляченко А.Н., Лукін В.В., Попов М.А., Станкевич С.А., Петрова В.Н. Стиснення спектрограм з втратами на основі ДКП.....	236
Попов М.О., Станкевич С.А., Марков С.Ю., Ковальчук С.П., Топольницький М.В., Кудашев Е.Б., Петрова В.М. Інтегрований віртуальний центр даних для вирішення тематичних задач дистанційного зондування Землі.....	239
Огороднійчук М.Д., Станкевич С.А., Пономаренко С.О., Целіщев І.Ю., Петрова В.М. Частотно-адаптивні радіолінії та алгоритми їх функціонування.....	242
Наземнов В.В., Валуйський С.В. Оцінка реальних значень параметрів безпроводових сенсорних мереж ZIGBEE.....	245
Хижняк В.В., Гурник А.В., Шабала В.І., Валуйський С.В. Проблеми застосування сенсорних телекомунікаційних мереж у надзвичайних ситуаціях та шляхи їх вирішення.....	248
Борисенко Д.В. Особливості застосування методу динамічної ретрансляції в сенсорних і LTE-Advanced мережах.....	250
Василенко Є.Ю. Сенсорні нейронні мережі маршрутизації в телекомунікаціях.....	253
Ковшик А.Г. Концепція організації бездротових сенсорних мереж та їх застосування.....	255
Козленко М.М. Аналіз особливостей організації каналів з пакетною передачею даних в телекомунікаційних сенсорних системах.....	258
Лемеш С.Б. Аналіз алгоритму оцінки структурної надійності телекомунікаційної сенсорної мережі.....	260

Катеринчук І.С., Басараб О.К., Семенченко А.І., Алексеева І.В. Залежність окремих показників ефективності прикордонного контролю від функціонування телекомунікаційної мережі ДПСУ.....	262
Катеринчук І.С., Мул Д.А., Шпорт М.М., Алексеева І.В. Вибір раціонального маршруту руху у геоінформаційній системі як задача прийняття рішення.....	265
Катеринчук І.С., Рачок Р.В., Басараб О.К., Семенченко А.І., Алексеева І.В. Система показників оцінки ефективності функціонування телекомунікаційної системи Держприкордонслужби України.....	268
Писарчук А.А., Афанасьєва Л.А. Структурно-параметрический синтез распределенной сенсорной информационно-управляющей системы реагирования на конфликтные ситуации.....	271
Хоптинський Р.П., Новіков В.І. Аналіз підходів щодо пріоритезації трафіку в сенсорних телекомунікаційних мережах.....	275
Стрельбіцький М.А., Прищеп Т.О. Декомпозиція технології захисту сенсорної інформації в корпоративних системах.....	278
Jozef Kostolny Calculation of direct partial logic derivatives by multi-valued decision diagram.....	281
Kvassay M. Vectors of multi-state systems.....	285
Пашинський Д.М. Протоколи маршрутизації бездротових сенсорних мереж.....	289
Собакар Я.С. Розвиток алгоритму оптимальної передачі голосової інформації в IP мережах.....	291
Чернишенко Н.А. Дослідження пропускної здатності телекомунікаційних сенсорних систем.....	293
Великий О.О. Контроль випромінюючих технічних засобів телекомунікаційних систем сенсорними мережами.....	296
Воловик В.А. Методика проектування ліній зв'язку для сенсорних мереж з обладнанням спектрального ущільнення DWDM.....	298
Дідух Я.С. Виявлення джерел шуму при низькому рівні фонових шумів з використанням бездротових багато ячеюкових систем моніторингу.....	301
Кафідова О.В., Ханіна Т.О. Спосіб підвищення ефективності безпроводових сенсорних мереж.....	303
Лень В.Є. Алгоритми маршрутизації в сенсорних мережах на основі технології ZIGBEE.....	305
Пономаренко А.В. Адаптація існуючих механізмів управління мережними ресурсами до задач підвищення ефективності сенсорних систем.....	307

Тичковський В.О. Підвищення швидкодії моніторингових сенсорних систем зі складною обробкою даних.....	309

Секція 6. Супутникові та радіорелейні лінії

Співголови:

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

к.т.н., проф. Наритник Т.М.

Ліпатов А.О., Могильченко М.А. Перспективні методи захисту систем супутникового зв'язку (ССЗ) від перешкод.....	311
Кашуба С.В. Оцінка можливості використання різних методів об'єднання каналів на ділянках радіолінії супутникового зв'язку.....	314
Авдеєнко Г.Л., Лавриненко О.Ю., Якорнов Є.А. Дослідження ретрансляції радіосигналу супутникового цифрового телевізійного мовлення стандарту DVB-S по радіолінії надвисокочастотного діапазону в лабораторних умовах.....	317
Авдеєнко Г.Л., Коломицев М.О., Адамович О.М., Волошин А.В., Костючок Ю.С. Принцип організації локальної комп'ютерної мережі із забезпеченням доступу в мережу Інтернет з використанням радіорелейної лінії.....	321
Наритник Т.М., Казимиренко В.Я., Адамович О.М., Волошин А.В., Коломицев М.О., Костючок Ю.С. Дослідження перспектив використання терагерцового діапазону для створення телекомунікаційної системи.....	324
Ільченко М.Ю., Кузьмін С.Є., Наритник Т.М., Радзиховський В.М. Прийомо-передавач для цифрової радіорелейної системи терагерцового діапазону.....	327
Волков С.Е., Згурський А.С. Система моніторингу корисного навантаження космічного апарату «Либідь».....	331
Козлов О.С., Пизюк Д.Л. Проблеми спільного використання декількох супутниками однієї орбітальної позиції на геостаціонарній орбіті.....	332
Ільченко М.Ю., Наритник Т.Н., Войтенко А.Г., Казимиренко В.Я., Волков В.В. Приймально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку з підвищеною спектральною ефективністю і пропускну здатністю....	333

**Секція 7. Реалізація концепції NGN в сучасних та перспективних
телекомунікаціях**

Співголови:

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

Воробчук І.М., Буркан Л.О., Максимов В.В. Моделі забезпечення якості обслуговування в мережах наступного покоління.....338

Кравченко Д.О., Чмихун С.О., Панасюк М.С., Шилов В.А., Максимов В.В. Налаштування голосової пошти і запису розмови на базі IP-ATC ASTERISK для організації циклу лабораторних робіт на кафедрі телекомунікаційних систем.....341

Гаттуров В.К., Федоренко К.І. Підвищення надійності мережі провайдера телекомунікаційних послуг шляхом використання протоколів маршрутизації BGP й OSPF та протоколу VRRP.....344

Уривський Л.О., Прокопенко К.А. Відображення частотно-енергетичних характеристик сигнально-кодових конструкцій в координатах узагальненої інформаційної ефективності.....347

Уривський Л.О., Пешкін А.М. Оцінка граничних корегуючих можливостей неперервних кодів через еквівалентні параметри блокових кодів.....350

Наталенко О.І., Уривський Л.О. Реалізація векторно-фазового методу оцінювання завадостійкості сигналів із багатопозиційною маніпуляцією високої кратності засобами імітаційного моделювання.....354

Уривський Л.О., Осипчук С.А. Вплив параметрів перевірконої матриці на коригувальні характеристики LDPC кодів.....357

Максимов В.В., Полісніченко В.В. Алгоритм вибору двоскачкових MPR вузлів у протоколі маршрутизації OLSR для мереж типу AD-HOC.....360

Максимов В.В., Потьомкіна Л.І. Розрахунок площі, непокритої MPR вузлами на другому та третьому скачках в протоколі OLSR.....364

Максимов В.В., Самойлюк А.О. Аналітичні вирази кількості службової інформації протоколу OSPF.....367

Пилипенко А.Ю., Уривський Л.О., Трач Б.В. Асимптотичні властивості моделей опису самоподібного трафіку на основі використання мартингалів з неперервним та дискретним часом.....371

**РОЛЬ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ АКАДЕМИКА В.М. ГЛУШКОВА В РЕАЛИЗАЦИИ
СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ**

Ильченко М.Е., Урывский Л.А.

Невозможно переоценить то наследие, которое оставил в отечественной и мировой науке и практике академик В.М. Глушков [1–3]. По справедливому замечанию академика И.В. Сергиенко [4-5], ныне, реализуя выполнение программы информатизации Украины, мы ясно видим, что В.М. Глушков намного раньше большинства своих коллег сумел оценить важность и перспективность использования компьютеризированных систем управления в разнообразных сферах народного хозяйства. Именно выдающийся вклад в теорию и практику создания автоматизированных систем управления государственного масштаба делает актуальными и важными достижения ученого и организатора науки.

В 1963 г. В.М. Глушков утвержден председателем Межведомственного научного совета по внедрению вычислительной техники и экономико-математических методов в народное хозяйство СССР при Государственном комитете Совета Министров СССР по науке и технике.

Под его руководством в 1966 г. была разработана первая персональная ЭВМ «МИР-1» в качестве специализированной вычислительной машины для инженерных расчетов [3].

В 1973 г. В.М. Глушков поддержал идею создания сети ЭВМ с пакетной коммутацией каналов на основе радиоканалов, позволяющей объединять на равноправной основе большие ЭВМ и удаленные терминалы на площади в десятки квадратных километров.

Инициатором проекта сети стал старший научный сотрудник отдела «Средств передачи информации» Института кибернетики АН УССР С.Г. Бунин, ныне профессор Института телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ». Первая профессиональная очередь радиосети была сдана межведомственной комиссии в 1981 г. Это свидетельство большого внимания академика к вопросам транспортировки информации, а также результативности начинаний, которыми руководил В.М. Глушков.

Прямым продолжением сформулированных намерений стали идеи В.М. Глушкова по созданию систем «безбумажной информатики» [1], позволяющие преодолеть объективные и субъективные управленческие барьеры.

«Первым информационным барьером называется порог сложности управления экономической системой, превышающей возможности одного человека».

По утверждению академика, способы информационного обмена «создали прочную основу для перестройки социально-экономическими процессами на основе безбумажной технологии в масштабах целой отрасли, крупного региона и даже целой страны.

Необходимость такой перестройки обусловливается тем, что в эпоху научно-технической революции (НТР) резко усложняются задачи социально-экономического управления. Темпы роста сложности управления, особенно в эпоху НТР, значительно превосходят темпы роста любых других показателей экономического развития. В результате в развитии каждой страны неизбежно наступает момент, когда резервы традиционных приемов совершенствования управления экономикой – организация и социально-экономические механизмы – оказываются исчерпанными (второй информационный барьер).

Причина подобного явления заключается в том, что все традиционные организационные и социально-экономические механизмы реализуются непосредственно через людей, точнее – через их мыслительный аппарат – мозг. Пропускная же способность мозга как преобразователя информации хотя и велика, но, тем не менее, ограничена. То же

самое имеет место и для совокупности всех людей в любой социально-экономической системе. Момент, когда сложность задач управления системой превосходит этот порог, и есть второй информационный барьер.

С этого момента дальнейшее увеличение мощности управленческого аппарата возможно только лишь на основе непрерывного повышения производительности труда всех занятых в управлении людей... Необходима комплексная автоматизация управленческого труда, при которой все большая и большая часть информационных потоков замыкается вне человека.

В этом и состоит сущность безбумажной технологии» [1, с. 11, 12].

Академику В.М. Глушкову принадлежит поистине пророческое высказывание (1982 г.):

«Безбумажная информатика развивается исключительно быстрыми темпами <...>. Сращивание средств телекоммуникаций с машинной информатикой (реализующейся в сетях ЭВМ и ВЦ с удаленными терминалами) уже привело к появлению нового термина телематика. Наиболее рьяные апологеты телематики предсказывают, что уже недалёк тот день, когда исчезнут обычные книги, газеты и журналы. Взамен каждый человек будет носить с собой «электронный» блокнот, представляющий собой комбинацию плоского дисплея с миниатюрным радиопередатчиком. Набирая на клавиатуре этого «блокнота» нужный код, можно (находясь в любом месте на нашей планете), вызвать из гигантских компьютерных баз данных, связанных в сети, любые тексты, изображения (в том числе и динамические), которые и заменят не только современные книги, журналы и газеты, но и современные телевизоры. Прогресс электронной технологии, машинной информатики и телематики происходит столь бурными темпами, что фантастика в этой области становится реальностью буквально на наших глазах» [1, с. 537].

В современной практике термин «телематика» (телекоммуникации + информатика) чаще употребляется в конструкции «инфокоммуникации» (информатика + телекоммуникации).

Прямым продолжением дела, начатого академиком В.М. Глушковым, является реализация современных инфокоммуникационных стратегий, связанных с реализацией в Украине глобальной концепции развития информационного общества [5-6].

В стратегии развития цивилизованных стран доминирующей становится концепция информационного общества, в котором материальной основой становятся информационно-телекоммуникационные технологии (ИТТ). В них тесно переплетаются задачи создания, хранения, свободного обмена в неограниченном пространственном ресурсе значительных объемов информации, которые движутся от источников к многочисленным потребителям [1-3].

В современном мире пространство телекоммуникаций переживает эпоху бурной эволюции, потенциал которой накапливался на протяжении последних двух десятилетий. Такая эволюция проявляется в нескольких важных направлениях.

Главным из этих направлений следует считать тенденцию к слиянию ранее независимых друг от друга технологий: информационных и телекоммуникационных.

Следствием реализации базового направления эволюции является технологическая конвергенция, т.е. формирование единой интегрированной информационной платформы на основе слияния телекоммуникационной, компьютерной, аудиовизуальной техники. Эта тенденция порождает конвергенцию (то есть слияние) информационных услуг.

В результате за последние двадцать лет мировые технологии передачи информации удалились от фазы преобладания стационарной телефонной сети как основной формы средств коммуникаций и перешли к фазе преобладания мобильных средств связи, росту объема Интернет-коммуникаций, успехам в распространении широкополосных беспроводных систем [7].

Украина, следуя глобальным тенденциям, развивает инфокоммуникационные технологии с учетом новейших мировых достижений. В Украине деятельность в сфере информатизации приобретает все большее значение – ее доля в ВВП страны на протяжении 2006–2010 гг. возросла в 2 раза с 0,4 до 0,8 % от ВВП.

Каждый человек должен иметь возможность доступа к информационным и коммуникационным сетям.

Ключевой составляющей данной стратегии должно стать непрерывное движение в направлении всеобщего доступа для всех. Поэтому самой динамично развивающейся ветвью современных коммуникаций стал Интернет как вершина «безбумажной информатики».

В 2011 г. Украина вошла в десятку стран с наивысшей скоростью доступа в Интернет и впервые вошла в рейтинг абонентов отраслевой организации Европейский Совет FTTN, занимая при этом 16 место в мире по развитию сетей FTTN (Fiber-to-the-Home) – широкополосного доступа домашних пользователей по оптическому волокну.

Важной стратегической тенденцией развития современных средств доставки информации является реализация концепции построения информационных сетей нового поколения (Next Generation Networks – NGN) [8].

Сегодня стандартизация NGN признана одним из приоритетных направлений Международного союза электросвязи.

Одним из активных участников процесса развития современных телекоммуникационных стратегий является Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (НТУУ «КПИ») имеет значительные достижения, перспективные разработки, признанные научные школы по важнейшим направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований в области ИИТ:

1. Современные методы обработки информации, принципы построения высокопроизводительных вычислительных систем и сетей, перспективные информационные технологии обработки информации, диагностики и управления в сложных организационно-технических системах [9-10].

2. Аппаратное, математическое и программное обеспечение цифровых систем в современных информационных технологиях, методология и методы построения интеллектуализованных информационных и сетевых технологий, баз данных и знаний.

3. Микроволновые устройства и системы специального и широкого назначения.

4. Программно-аппаратные комплексы распознавания изображений аудио- и видеосигналов.

5. Перспективные телекоммуникационные системы и технологии на основе современной микроволновой и цифровой электронной техники и другие.

Общенациональным проектом является создание Научного парка НТУУ «КПИ», уникальность которого заключается в том, что он реализуется без каких-либо льгот и при соответствующей государственной политической поддержке должен осуществить прорыв в инновационной среде на уровне лучших зарубежных аналогов.

Нельзя не согласиться с тезисом о том [4], что принятый Украиной путь гармонизации международных информационных стандартов удешевляет и ускоряет разработку качественных отечественных стандартов. Однако негативную тенденцию отставания в области информатизации можно преодолеть не только на основе роста количества проектов по стандартизации, но и путем повышения квалификации специалистов отрасли и подготовки их прежде всего в высшей школе.

Ученые НАН Украины активно и плодотворно работают в сфере создания высокоскоростных технологий передачи мультимедийного трафика совместно с сотрудниками Научно-исследовательского института телекоммуникаций Киевской политехники, который согласно постановлению Президиума НАН Украины с 2001 г.

проводит исследования под научно-методическим руководством Отделения информатики НАН Украины.

Среди разработок этого коллектива следует отметить следующие:

- разработан и освоен (на НПП «Сатурн») выпуск цифровых радиорелейных систем, что позволило построить на их базе телекоммуникационные системы различного назначения на территориях Украины, России, Китая, Ирана и других стран;

- разработаны и внедрены (на ГП «Оризон-навигация») более 30 моделей приборов глобальной навигационной спутниковой системы, которые используются десятками предприятий Украины, России, Беларуси и других стран;

- разработаны принципы построения телекоммуникационных систем на основе высотных аэроплатформ, а также проект для Украины «Небесная сота», который является отечественным аналогом имеющихся проектов для Японии, Великобритании, США и других стран и имеет ряд преимуществ перед спутниковыми и наземными системами;

- предложено и защищено десятью патентами семейство микроволновых телерадиоинформационных систем типа «Митрис», которые внедрены для использования во многих городах Украины (Киев, Луганск, Одесса, Запорожье, Черновцы, Кременчуг и др.) и проявили высокое качество многоканального телерадиовещания и его надежность

Тесная связь научной деятельности и образовательного процесса помогают сотрудникам Института телекоммуникаций НТУУ «КПИ» успешно решать задачи подготовки квалифицированных специалистов инфотелекоммуникационной отрасли.

Таким образом, ядром научного наследия академика В.М. Глушкова являются важные народнохозяйственные объекты:

- созданные впервые высокопроизводительные вычислительные средства;

- сдача в эксплуатацию сетей передачи информации по радио как прообраза современных беспроводных телекоммуникаций;

- реализованные в государственном масштабе автоматизированные системы управления экономикой;

- теоретические основы организации безбумажной информатики.

Прямым продолжением дела, начатого академиком В.М. Глушковым, является реализация современных инфотелекоммуникационных стратегий, связанных с реализацией в Украине:

- глобальной концепции развития информационного общества;

- тесной взаимосвязи информатики и экономики, подразумевающей, в том числе, синхронное развитие экономики и телекоммуникаций;

- развития кибернетики как науки, включая аспекты прикладной теории информации;

- концепции построения сетей последующих поколений (Next Generation Networks – NGN) в соответствии с международными стандартами.

НТУУ «КПИ» вместе с другими научными и учебными организациями принимает активное участие в развитии современных телекоммуникационных стратегий:

- через участие в государственных программах информации;

- теоретическое и практическое развитие средств передачи информации посредством телекоммуникаций;

- реализация концепции NGN в учебном процессе при формировании профессионального облика современного выпускника вуза.

В этом проявляется преемственность поколений, залог реализации замечательных идей, завещанных нам академиком В.М. Глушковым.

Литература

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. – М.: Наука, Гл. ред, физ.-мат. лит.-ры, 1982. – 552 с.

2. Глушков В.М. Кибернетика, вычислительная техника, информатика. – К.: Наук. думка, 1990. – Т. 1. – 264 с.; Т. 2. – 268 с.; Т. 3. – 224 с.
3. [Биография В.М. Глушкова](http://computer-museum.ru/galglory/27.htm) // Сайт Виртуального компьютерного музея. – <http://computer-museum.ru/galglory/27.htm>.
4. Сергієнко І.В. Наукові ідеї академіка В.М. Глушкова та розвиток сучасної інформатики // Вісн. НАН України. – 2008. – № 11. – С. 35–60, № 12. – С. 9–29.
5. Сергієнко І.В. Информационное общество в Украине: проблемы развития и функционирования // Зеркало недели. – 2011. – № 26, 15 июля.
6. Окинавская Хартия глобального информационного общества (Okinawa Charter on Global Information Society) / Пер. официальный. – Оpubл.: 22 июля 2000. – Источник: Официальный сайт МИД Японии.
7. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: Наук. думка, 2008. – 328 с.
8. Каргаполов Ю.В. NGN: возможности регулирования: Презентация доклада. – К.: НКРЗ, 2009. – 22 с.
9. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Системний аналіз: проблеми, методологія застосування. – К.: Наук. думка, 2005. – 744 с.
10. Ільченко М.Е., Урывский Л.А.. Аспекты системного анализа в прикладной теории информации для телекоммуникаций // Кибернетика и системный анализ. – 2010. – № 5. – С. 60–67.

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ СИГНАЛЫ В РАДИОСВЯЗИ**С.Г.Бунин**

Сверхширокополосные импульсные радиосигналы (IR-UWB) имеют значительную перспективу применения в системах радиосвязи и радиолокации благодаря целому ряду преимуществ перед традиционными сигналами на основе синусоидальных несущих [1, 2]. Среди них следует выделить те из преимуществ, которые коренным образом меняют в положительную сторону характеристики радиосетей. Несмотря на существенно более высокую эффективность преобразования ультракоротких импульсов тока в излучаемые электромагнитные импульсы, снижающую потребление энергии от источников питания передатчиков, существует ряд проблем приема таких сигналов.

Ультракороткий импульс с ограниченной пиковой мощностью P несет малую энергию, которая пропорциональна длительности импульса τ , которая обычно не превышает $1 \cdot 10^{-9}$ с : $E = P\tau$. Малая энергия сигнала требует применения оптимального метода приема, например, когерентного корреляционного приема, т.е. сравнение форм принятого и опорного сигнала. Однако когерентный прием возможен при синхронизации передаваемого и принимаемого сигналов. При столь короткой длительности импульсов требования к синхронизации становятся чрезвычайно высокими. Кроме того, требуется учет изменения формы импульсов при их распространении через среду с не плоской частотной и фазовой характеристиками.

Некогерентный прием, подразумевает прием символа по величине накопленной энергии, а не сравнение форм сигналов. Однако принятие решения о приеме символа также затруднено из-за малой величины энергии импульсов. Поэтому при классических методах приема приходится использовать множество импульсов для передачи информационных символов. Это, с одной стороны, снижает скорость передачи информации каждым из абонентов сети, но, с другой, позволяет осуществлять адресацию передач конкретным получателям путем расположения импульсов на оси времени в виде взаимортогональных кодовых последовательностей и, таким образом, организовывать радиосети с адресацией на физическом уровне.

Ортогональность или квазиортогональность кодовых последовательностей позволяет решить важную проблему управления доступом к радиоканалу в условиях взаимной радиовидимости множества абонентов и при наличии «скрытых» абонентов сети. В отличие от систем с непрерывными радиосигналами, где перекрытие сигналов во времени может приводить к ошибкам передачи, в сетях с импульсными сигналами возможен неуправляемый множественный доступ к среде передачи (протокол множественного доступа типа ALOHA). Эта возможность является определяющей при создании высокопроизводительных безинфраструктурных радиосетей с децентрализованным управлением (ad hoc и MANET).

Интересно отметить, что не полная (квазиортогональность) сигналов может не только не ухудшать качество приема при совпадении во времени импульсов сигналов различных абонентов, а и улучшать достоверность приема благодаря взаимной «подпитки» энергией совпадающих импульсов. Естественно, что такие совпадения не должны снижать возможности разделения сигналов по мажоритарному принципу приема импульсов, соответствующих коду конкретного принимаемого сигнала.

Проблемы приема сигналов на основе ультракоротких импульсов заставили нас искать «не энергетический» метод приема, при котором сигнал детектировался бы по иным параметрам.

Такой метод приема был найден [3]. В качестве основы было предложено оценивать не энергию импульсов, а лишь их на оси времени. В приемнике осуществляется обнаружение импульсов, амплитуда которых превышает среднеквадратическое значение шумов и помех в

месте приема. Такие ультракороткие импульсы запускают внутренний одновибратор приемника, генерирующий так называемые «стандартные» импульсы. «Стандартные» импульсы – это импульсы существенно большей заданной длительности и определенной (например, TTL) амплитуды, обработка которых намного проще, чем принимаемых ультракоротких импульсов.

Обработка «стандартных» импульсов обычно осуществляется согласованным с кодом сигнала фильтром, представляющим собой цифровой эквивалент пассивного коррелятора (линии задержки с отводами).

В работе [4] приведена оценка помехоустойчивости такой схемы приема. Помехоустойчивость зависит от усредненной величины шумов и помех в месте приема, которая определяет минимальную величину амплитуды принимаемых импульсов, и длины кода (базы) сигнала. Важно заметить, что увеличение амплитуды принимаемых импульсов сверх значения, обеспечивающего надежное срабатывание одновибратора, не дает повышения помехоустойчивости, т.е. прием имеет выраженный пороговый характер. Это позволяет осуществлять управление импульсной мощностью передатчика по каналу обратной связи, поддерживая минимальную амплитуду импульса в месте приема, обеспечивающую срабатывание компаратора.

В настоящее время применение импульсных сверхширокополосных сигналов ограничено по частоте и амплитуде документами Федеративной Комиссии Связи США и поддержано европейскими регулирующими органами связи. Использовать эти сигналы разрешается в полосе частот 3,1 – 10,6 ГГц при спектральной плотности не более -41,3 дБм/МГц. Ограничения должны обеспечивать совместимость с другими службами, использующими тот же диапазон частот. Такие ограничения позволяют осуществлять передачу данных со скоростями до 100 кБит/с на расстояниях до 10 – 20 метров.

Однако, учитывая положительные свойства импульсных сверхширокополосных сигналов, следует предусматривать возможность их применения не только в персональных беспроводных сетях, но и в системах радиосвязи больших масштабов при условиях совместимости с широко применяемыми узкополосными сигналами. Очевидно речь идет о выборе диапазона радиочастот, в котором можно разместить максимум энергии сверхширокополосных сигналов, минимизируя взаимное влияние их на узкополосные и наоборот. В условиях наземной связи следует выбрать достаточно широкое «окно прозрачности» земной атмосферы, т.е. диапазон частот, в котором поглощение электромагнитных колебаний газами и гидрометеорами минимально. Кроме того, желательно, чтобы этот диапазон был мало загружен существующими радиосистемами. Таким диапазоном может быть диапазон 70 – 170 ГГц, в котором поглощение не превышает 20 – 25 дБ/км [5]. Если разместить максимум спектральной плотности сигнала на частоте 80 ГГц, длительность импульса должна быть $12,5 \cdot 10^{-9}$ с (12,5 пикосекунд). Достаточно широкая полоса пропускания «окна» будет несущественно увеличивать длительность генерируемых радиоимпульсов, что эквивалентно сохранению высоких скоростей передачи информации как в отдельных каналах, так и в сетях, использующих данную полосу частот.

Использования указанной, относительно мало загруженной полосы частот для систем связи с импульсными сигналами позволяет решить задачу минимизации взаимных помех между узкополосными и сверхширокополосными сигналами. Так, использование фильтров верхних частот с частотой среза 60 ГГц на выходе передатчика и входе приемника сверхширокополосной радиостанции позволит «развязать» более низкочастотные диапазоны массового использования узкополосных сигналов и будущих сверхширокополосных.

Литература

1. *Viller L.E. Why UWB? A Review of Ultrawideband Technology* //Report to NETEX Project Office, DARPA. Wireless Communications Technologies Group National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, Varyland. – 2003. – No 4 – 590 p.

2. Бунин С.Г., Войтер А.П., Ильченко М.Е., Романюк В.А. Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами. – К.:НПП «Издательство «Наукова думка» НАН Украины». – 444 с.: ил.
3. Бунин С.Г., Долженко Д.А. Способ приема ультракоротких импульсных радиосигналов и устройства, реализующие его. - Патент Украины № 97705, приоритет: Май 2009 г.
4. Бунин С.Г. «Неэнергетический» прием ультракоротких импульсных сигналов. Telecommunication Sciences #1, 2010. p. 3 -7.
5. ITU-R Recommendation P.676-9 “Attenuation by Atmospheric Gases”.

БЕСПРОВОДНАЯ МУЛЬТИСЕРВИСНАЯ СИСТЕМА АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ

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

НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ», icbr@i.ua

CREATION OF OFF-WIRE MULTISERVICE SYSTEM OF SUBSCRIBER ACCESS TO INFORMATIVE RESOURCES OF NETWORK ON BASE OF THIS SYSTEM

The problem of the provision of multi-service radio access to information resources on the territory of Ukraine, including rural areas. A description of the designed on the basis of radio technologies MITRIS microwave телерадиоинформационной system multiservice radio access with the use of the frequency range of 11.7-12.5 per GHz direct channels and with the use of reverse channel in the frequency range of 5,70-5,86 GHz. Offered methods and technologies of connection of subscriber terminals to the network, to ensure the minimization of the cost of subscriber equipment at an acceptable quality of service.

Исследуется проблема предоставления мультисервисного радиодоступа к информационным ресурсам на территории Украины, включая сельскую местность. Приведено описание спроектированной на базе радиотехнологии МИТРИС микроволновой телерадиоинформационной системы мультисервисного радиодоступа с использованием в диапазоне частот 11,7-12,5 ГГц прямого канала и с использованием обратного канала в диапазоне частот 5,70-5,86 ГГц. Предложены способы и технологии подключения абонентских терминалов к сети, обеспечивающие минимизацию стоимости абонентского оборудования при приемлемом качестве услуг.

Эволюция современных телекоммуникационных сетей происходит по пути развития широкополосного (высокоскоростного) беспроводного доступа в микроволновом диапазоне [1-2]. Таким образом, широкополосный радиодоступ – это мировая тенденция телекоммуникаций и она актуальна для Украины.

Если территории больших городов в общем покрыты средствами обеспечения доступа (каналы ВОЛС и т. д.), то в сельских районах (в отдаленных районах и часто в близлежащих) проблема практически не решена.

Микроволновый диапазон выбран потому, что именно он обеспечивает в условиях острого дефицита радиочастотного ресурса как требуемую пропускную способность, экологическую безопасность, так и меньшие энергозатраты.

В докладе, на основе анализа предложенной структурно-алгоритмической модели зоны обслуживания проанализирован ряд технологий подключения терминалов пользователей к сети доступа, а также описана телекоммуникационная система беспроводного доступа, которая позволяет охватить разными услугами значительную территорию по каналам разных моделей (Гауссов, Райса, Релея)

Услуги предоставления доступа к информационным ресурсам должны предоставляться абонентам, включая расположенных в сельской местности, и в первую очередь к учебным заведениям, дислоцированным в сельской местности, и в целом должны включать у себя: доступ к услугам сети Интернет, доступ к учебной информации (доступ к информационному серверу), доступ к информации в телевизионном формате.

Предложенная структурно-алгоритмическая модель зоны обслуживания (ЗО) [3] включает в себя центральную территорию, обычно это районный центр с городской и пригородной застройкой – ЗО1, и населенные пункты с сельской застройкой -ЗО2.

В зоне ЗО1 данные передаются по каналам моделей Гаусса, Райса и возможные каналы Релея. Размер (радиус) этой зоны достигает до 15км. В этой зоне, как правило, дислоцирован

провайдерский узел Интернет. Здесь же желательно размещать центральную станцию системы абонентского доступа.

В зоне ЗО2 данные передаются по каналу Гаусса и в ней размещено подавляющее большинство абонентов.

Для успешного предоставления услуг в зоне обслуживания система беспроводного абонентского доступа должна использовать в ЗО1 многочастотную модуляцию. В ЗО2 может использоваться одночастотная модуляция. Учитывая потребность в значительном размере зоны обслуживания, в расширении этой зоны при экономии частотного ресурса в качестве одночастотной модуляции следует использовать QPSK и каскадное помехоустойчивое кодирование.

Доступ в Интернет, обмен данными и некоторые службы ТВ предусматривают наличие в системе обратного канала [4-10].

Согласно патенту [11] такая гетерогенная система состоит из подсистемы 802.16 и подсистемы DVB - S, которые подключены к общему серверу.

Для уменьшения стоимости услуг системой может оказываться как услуги доступа к услугам Интернет, так и телевидение и другое.

Дополнительно к указанному техническому решению разработано техническое решение, позволяющее: снизить стоимость абонентского оборудования, повысить качество обслуживания, обеспечить минимизацию «мертвых» зон.

Эти мероприятия основываются на использовании технологии семейства Wi-Fi[12].

Так, снижение стоимости абонентского оборудования заключается в подключении к абонентской станции (АС) множества абонентов, между которыми делится стоимость АС. Если в предложенном ранее решении пользователи подключаются посредством проводной локальной сети, то сейчас предлагается использовать создание беспроводной локальной сети посредством технологии 802.11.

Такое техническое решение существенно упрощает создание локальной сети, например, в сельской местности, где создание проводной сети часто оказывается невозможным.

Для решения этой задачи предлагается вариант решения путем введения узла доступа Wi-Fi в состав АС, которая входит в состав сети оператора. В этом случае беспроводная мультисервисная сеть выполняет функции опорной сети.

Качество обслуживания предполагает повышение плотности дислокации обслуживаемых пользователей и увеличении предоставляемой абонентам скорости. Это достигается увеличением числа предоставляемых каналов передачи и, соответственно, скорости передачи по каждому каналу.

Минимизация «мертвых» зон реализуется также использованием системы доступа посредством применения технологии 802.11, что позволяет предоставить доступ абонентам в условиях сложного рельефа, сложной застройки и так далее.

Использование технологии, базирующейся на стандарте 802.11n, позволило создать каналы доступа к центральной станции, используя каналы этого формата.

При этом доступ пользовательских терминалов в сеть может обеспечиваться как методами, использующими проводные технологии (Ethernet, PLC), так и беспроводные (801.11a/g, 802.11n) [13].

На базе радиотехнологии МИТРИС спроектирована гетерогенная микроволновая телерадиоинформационная система мультисервисного радиодоступа с использованием в диапазоне частот 11,7-12,5 ГГц прямого канала как в формате DVB-S для предоставления услуг телевизионного вещания, так и в формате Wi-Fi – для передачи информации из сети Интернет, и с использованием в диапазоне частот 5,70-5,86 ГГц обратного канала для запроса абонентами услуг доступа к сети Интернет.. Система обеспечивает покрытием территории телевизионным вещанием в радиусе до 50 км и информационными услугами территорию в радиусе до 25 км при пропускной способности 150 Мбит/с одного сектора.

Максимальная пропускная способность прямых каналов системы составляет до 1920 Мбит/с при обеспечении биологической безопасности и минимального энергопотребления.

Такое техническое решение позволяет в каждом обсуждаемом секторе подключить до 64 АС с предоставлением каждой станции скорости 150 Мбит/с. Система может строиться в различных конфигурациях, что позволяет обеспечить достаточно плотное покрытие территории.

Предложенные технические решения позволяют покрыть территорию Украины основными услугами передачи данных и цифрового телевидения. Система может выполняться в разных конфигурациях в зависимости от востребованных услуг в конкретном регионе.

В дальнейшем, достигнутые и представленные в работе результаты, могут быть использованы при создании высокоразвитой информационно-телекоммуникационной инфраструктуры как одного из элементов системы Государственного управления.

Литература

1. М.Ю. Ильченко, С.О. Кравчук. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу.-К.:НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2009.-312с.

2. М.Е.Ильченко, Т.Н.Нарытник. Микроволновые телекоммуникационные технологии и биологическая безопасность. Наука и культура, №35, 2010.-с.17-29.

3. Спосіб розширення зони обслуговування безпроводової системи доступу до інформаційних ресурсів з одночастотною модуляцією. Патент України на корисну модель №59212, дата публікації 10.05.2011, Бюл.№9.

4. Микроволновая интегрированная телерадиоинформационная система МІТРС-К. Патент Украины на изобретение №50877 от 15.11.2002р. с приоритетом от 30.11.2000р.,

5. "Микроволновая интегрирована телерадиоинформационная система МІТРС-ІНТ". Декларационный патент Украины №51495А с приоритетом от 12.04.2002р.

6. Нарытник Т.Н., Сайко В.А., Булгач В.Л., Казимиренко В.Я. Интерактивная система беспроводного доступа к информационным ресурсам //З'вязок.-№2.(94).-2011.-С.32-36.

7. Казимиренко В.Я., Нарытник Т.Н. Система беспроводного доступа к информационным ресурсам// 4-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2011. Сборник научных трудов.- Том II. Международная информация «Телекоммуникационные системы и технологии».-Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ.-2011.-с.229-232.

8. Ильченко М.Ю, Нарытник Т.М.. Етапи еволюційного розвитку системи МІТРС та концепція побудови мікрохвильової інтегрованої телерадіоінформаційної системи мультисервісного радіо доступу UMDS. //Науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» збірник тез.К.:НТУУ «КПІ», 2012.-с.40-43.

9. Ильченко М.Е.,Нарытник Т.Н. Направления создания телекоммуникационных систем мультисервисного доступа с использованием радиотехнологии МІТРС // Материалы 22-ой Международной Крымской конференции КрыМиКо'2012.-С.289-291.

10. Ксьонзенко П.Я., Нарытник Т.М., Химич П.В. Особливості побудови міських мереж передачі даних на базі технології МІТРС/ Наукові вісті НТУУ "КПІ".-2011-№6.-С.16-29.

11. Универсальная мультимедийная дистрибутивная система UMDS - 30. Патент України на корисну модель №17376 от 15.09.2006 с приоритетом от 12.04.2006 г.

12.Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу. Патент України на корисну модель №71488, дата публікації 10.07.2012 р., Бюл.№13 з пріоритетом від 30.01.2012.

13. Телекомунікаційна система широкосмугового радіодоступу з інтеграцією засобів радіо- і проводного доступу «МІТРС-Е» Патент України на корисну модель №75581, дата публікації 10.12.2012р., Бюл.№23 з пріоритетом від 27.04.2012

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ФЕМТОСОТИ В МЕРЕЖАХ-IMS

Климаш М.М., Бешлей М.І.

Національний університет «Львівська політехніка», mklymash@polynet.ua,

beshlebm@gmail.com

Modeling and researching of femtocell resource management system in IMS networks

The method of modeling of femtocell resource management system has been designed. It provides quality of service of multiservice traffic for mobile network users.

На сьогоднішній день ринок телекомунікацій пропонує безліч послуг, таких як відеотелефонія, IPTV, інтернет дані та інші. Але найчастіше для різних сегментів ці послуги надаються різними операторами зв'язку, і клієнтові не завжди комфортно оцінювати й контролювати всю розмаїтість послуг, а також оплачувати рахунки від різних операторів. Така тенденція стала початком для просування на арену телекомунікаційних послуг проекти по створенню єдиної технологічної платформи і мережі із спільною базою, що змогла б забезпечити ряд мультимедійних сервісів. Саме концепція IMS дозволяє об'єднати сервіси на єдиній платформі і надати їх через єдину точку доступу.

У роботі [1] в ролі такої точки запропоновано використати модифіковану структуру фемтосоти як основного конвергентного пристрою на рівні доступу для мереж 2-3,5G, об'єднавши в одному терміналі радіомодуль 2G/3G/3.5G та радіоконтролер – що забезпечує вибір активного радіомодуля для підключення кінцевого пристрою (мобільного телефону, смартфона) до фемтосоти. Проте в процесі конвергенції фемтосота має підтримувати функцію розпізнавання моменту необхідності перемикавання в різні режими. Цією ж функцією повинен бути оснащений і абонентський пристрій.

Для забезпечення якісного надання послуг абонентам різних технологій мобільного зв'язку важливою умовою є те, щоб для кожного із користувача виділялись необхідні йому ресурси пропускної здатності та буферної пам'яті фемтосоти, які є обмеженими. Відповідно для вирішення даного завдання запропоновано методику моделювання системи управління ресурсами фемтосоти для прогнозування кількості виділених ресурсів, необхідних для якісного надання мультисервісних послуг кінцевим користувачам різних технологій мобільного зв'язку.

Моделювання та прогнозування завантаженості буфера та максимальної кількості користувачів фемтосоти

В роботі запропоновано використати метод імітаційного статистичного моделювання для генерації трафіку, характерного для мультисервісних мереж з використанням методу автозупинки [1].

Вхідні умови: кількість генерованих пакетів трафіку, створюваного 1 абонентом 50000, генерація тривалості пакетів визначалася з рекомендованих їх фіксованих розмірів для певної послуги (від 64 до 1500 байтів) із врахуванням ймовірності використання цієї послуги, яка визначена в методиці пріоритезації трафіку. Інтервали між пакетами згенеровано випадковим чином з використанням фрактального броунівського руху з параметром Херста $H=0,7$. Пропускна здатність каналу визначена, як сума всіх пропускних здатностей, необхідних для кожної з послуг і становить $C=25$ Мбіт/с. Управління модельним часом

відбувається з використанням методу постійного кроку з періодом 1мс. За кожний період визначається інтенсивність надходження пакетів $\lambda = K_{\text{пак}}/1 \cdot 10^{-3}$.

Оскільки, розмір оперативної пам'яті фемтосоти є фіксований і становить 6,4 МБ, то за рахунок заповнення її службовою інформацією та програмами керування, на буфер виділяється близько 50% розміру оперативної пам'яті, тобто загальний об'єм буфера $B=3,2$ МБ.

Таблиця 1

Результати моделювання

Група	$L_{\text{ср}}$	λ	μ	N	K_V^I	H	B	b
	Байт	пак/с	пак/с	пакети	%	-	МБ	КБ
Д	230	11900	13000	92	36,5	0.62	3.2	21,16

де: $L_{\text{ср}}$ – середня довжина пакету, λ – середня інтенсивність надходження пакетів, μ – інтенсивність обслуговування пакетів, N – кількість пакетів в буфері, K_V^I – похибка буфера, H – параметр Херста, B – розмір буфера, b – об'єм буфера, що виділяється на 1 абонента.

Кількість пакетів в буфері визначається за формулою:

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

Об'єм пам'яті буфера, що виділяється для одного абонента визначається за формулою:

$$b = L_{\text{ср}} \cdot N \quad (2)$$

Кількість абонентів, що обслуговуватимуться фемтосотою:

$$K_{\text{аб}} = \frac{B}{b} \quad (3)$$

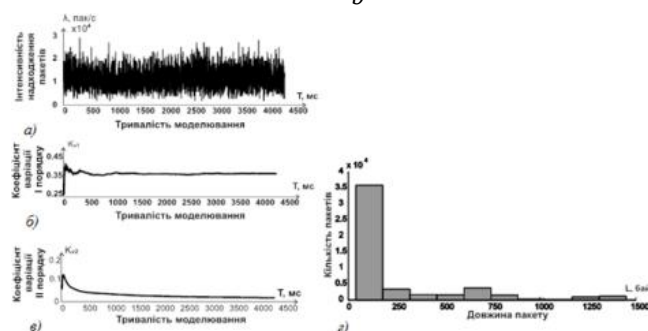


Рис. 1. Залежність кількості переданих пакетів від часу моделювання (а), коефіцієнт варіації І-ого порядку (б), коефіцієнт варіації ІІ-ого порядку (в) та гістограма розподілу довжин пакетів (г)

Встановлено, що максимальна кількість абонентів, які можуть обслужитись фемтосотою за ресурсами буферної пам'яті із гарантованою якістю обслуговування становить 152 абоненти.

Модель системи управління ресурсами пропускної здатності фемтосоти

Оскільки кожна з технологій має свої особливості та параметри функціонування, в роботі запропоновано алгоритм моделі управління ресурсами пропускної здатності [2].

Вхідні дані імітаційної моделі: пропускна здатність фемтосоти $C=100\text{Мбіт/с}$ [3]; кількість технологій, які підтримуються фемтосотою $i=6$ (GSM -1800, GPRS, EDGE, CDMA 2000, WCDMA, HSDPA); необхідна швидкість передавання для певної технології $c_{\text{GSM}}=9.6\text{Кбіт/с}$, $c_{\text{GPRS}}=30\text{Кбіт/с}$, $c_{\text{EDGE}}=120\text{Кбіт/с}$, $c_{\text{CDMA}}=384\text{Кбіт/с}$, $c_{\text{WCDMA}}=2\text{Мбіт/с}$, $c_{\text{HSDPA}}=7.2\text{Мбіт/с}$; ймовірність доступу абонентів i -ї категорії до ресурсів фемтосоти p_i ; тривалість виклику $T_{\text{трив.}}$ від i -го абонента, згенерованих за пуасонівським законом розподілу із середнім значенням $\lambda=300\text{с}$; моменти початків викликів $T_{\text{поч.}}$, згенерованих випадковим чином з рівномірним законом розподілу; моменти кінців викликів, визначених як $T_{\text{кін}}=T_{\text{поч}}+T_{\text{трив.}}$; тривалість моделювання $T_{\text{трив.}}=1\text{год}$;

Моделювання проводилося для двох випадків: найгіршого, коли абонент, що отримав доступ до ресурсів використовує їх протягом усього часу моделювання (рис.2).

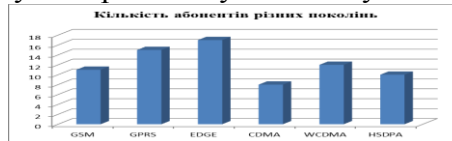


Рис.2. Гістограма кількості одночасно підключених абонентів до фемтосоти

А також з прив'язкою абонентів до часу моделювання, тобто кожен користувач отримував необхідні ресурси протягом певної тривалості зайняття каналу зв'язку рисунок 3.

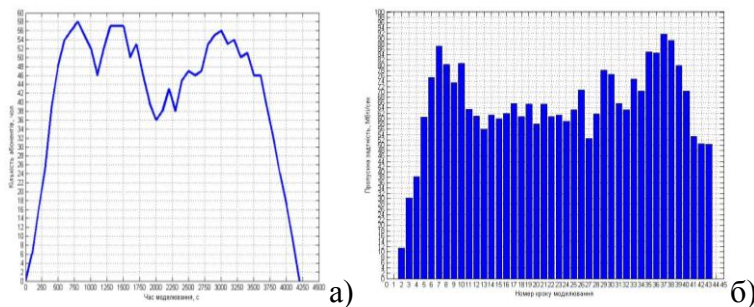


Рис.3. Графік розподілу одночасної кількості абонентів протягом часу моделювання (а), розподіл пропускних здатностей, яку використовують абоненти при спільному доступі до пристрою протягом моделювання (б)

У першому випадку фемтосота змогла обслужити в середньому 70 абонентів різних категорій (рис.2). У другому випадку максимальна кількість абонентів, що одночасно обслуговуються фемтосотою становить 300, а величина пропускної здатності, яку вони використовують становитиме 92 Мбіт/с у ГНН протягом часу моделювання.

Висновок

Розроблено методику моделювання системи управління ресурсами фемтосоти для прогнозування кількості виділених ресурсів, необхідних для якісного надання мультисервісних послуг кінцевим користувачам різних технологій мобільного зв'язку. З отриманих результатів бачимо, що по пропускній здатності фемтосота обслуговує у 2 рази більше абонентів, в порівнянні із максимальною кількістю обслужених абонентів по ресурсах буферної пам'яті. Отже, можемо зробити висновок, що при обслуговуванні фемтосотою більше 152 користувачів, відбуватимуться втрати пакетів за рахунок перевантаженості буфера, тим самим погіршуючи якість надання послуг чутливих до втрат пакетів. А за рахунок недостатньої пропускної здатності фемтосоти при підключенні більше 300 абонентів, відбуватимуться значні затримки послуг реального часу, тим самим створюючи для кінцевих користувачів незадовільну якість сприйняття. Використання фемтосоти дасть змогу зменшити навантаження на основні базової станції оператора мобільного зв'язку, що вирішить одну із проблем – перевантаження BTS у годину найбільшого навантаження на мережу, тим самим зменшивши кількість втрачених викликів від абонентів.

Література

1. Климаш М.М., Корецький О.В., Бешлей М.І., Янишин В.Б. Дослідження побудови технологічних ресурсів у конвергентній мережі на базі мобільного оператора для надання послуги Triple Play. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Радіоелектроніка та телекомунікації. – 2011. № 705. С. 176-183
2. Mykhailo Klymash, Mykola Beshley, Koval V. The researching and modeling of structures of mobile networks for providing of multiservice radio access. 11th International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science Dedicated to the 60th Anniversary of Radio Department at Lviv Polytechnic National University TCSET'2012. February 21-24, 2012 Lviv-Slavske, Ukraine. Publishing House of Lviv Polytechnic. P. 281-282.
3. Н. Елисеев. Фемтосоты в мобильной связи – преимущества и решения. Режим доступа: <http://daily.sec.ru/publication.cfm?rid=10&pid=22894>.

ПРЕОДОЛЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ТЕОРЕМ ШЕННОНА О КОДИРОВАНИИ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО КАНАЛА С ПОМЕХАМИ

Урывский Л.А.

Современный этап развития мирового сообщества характеризуется всеобъемлющим использованием информации и информационных ресурсов во всех сферах человеческой деятельности.

Выдающимся вкладом в мировую науку французского математика К.Шеннона явилась предложенная им *количественная мера информации* для непрерывных и дискретных источников информации [1].

Развитие новейших информационных технологий неразрывно связано с использованием предложенной меры в инженерных приложениях, реализовать которые без количественного обоснования невозможно.

Одной из фундаментальных категорий, предложенных и обоснованных К.Шенноном, является категория «*пропускная способность*» как мера максимального количества информации, которое может быть передано по каналу коммуникаций с заданным источником информации и известными энергетическими характеристиками канала.

Для дискретного бинарного канала с помехами пропускная способность C_d определена выражением [1,2]:

$$C_d = V \cdot \{1 + P_{ош} \cdot \log P_{ош} + (1 - P_{ош}) \cdot \log(1 - P_{ош})\} = V \cdot E_1, \quad (1)$$

где C_d – максимальное количество информации (бит/с), которое может быть передано в единицу времени (секунду) по дискретному каналу телекоммуникаций с дискретным двоичным источником информации, в котором энергия сигнала и действие помехи обуславливают вероятность ошибочного приема одиночного символа $p_{ош}$ в канале без кодирования;

V – скорость передачи символов в канале (бит/с);

E_1 – показатель, численно равный количеству информации в одном принятом символе источника, называемый также взаимной энтропией канала или удельной пропускной способностью.

В свою очередь, взаимная энтропия E_1 зависит от значения $P_{ош}$ и, значит, напрямую зависит от энергетического параметра дискретного канала, в котором действует помеха со спектральной плотностью N_0 , а мощность сигнала в точке приема равна P_s :

$$h^2 = \frac{P_s}{N_0 \cdot V}. \quad (2)$$

Центральным звеном теории информации, предложенной К.Шенноном, является утверждение о возможности передачи символов по каналу коммуникаций с помехами со сколь угодно высокой достоверностью на основании преобразования исходных символов источника – кодирования.

Для дискретного канала с помехами была доказана следующая теорема [1-3]:

– Для дискретного канала связи с помехами *существует* такой способ кодирования и декодирования, при котором все символы дискретного источника могут быть переданы со сколь угодно высокой достоверностью при условии, что скорость передачи символов источника не превысит *пропускной способности* канала; если скорость передачи символов источника превысит пропускную способность канала, то такого способа кодирования не существует.

Таким образом, при передаче информации существует точная граница скорости, до которой еще возможно принятие мер повышения достоверности. Однако формулировка «*существует ... способ кодирования*» заведомо не является конструктивной, поскольку никоим образом не указывает на характер этого «способа кодирования».

Кроме того, соотношения (1) и (2) дают ясное представление о том, что всякое изменение характеристик системы передачи (скорости передачи символов, способа модуляции, способа обработки символов, характер помех и т.д.) приводит к изменению значения пропускной способности C_d . Следовательно, данная категория не является неподвижной границей скорости источника, а динамично изменяется в меняющихся условиях передачи информации.

Однако сам факт принципиального существования способа кодирования, а именно: избыточного, корректирующего кодирования – породил в среде специалистов самостоятельное научное направление, связанное с синтезом помехоустойчивых кодов [4].

Параллельно, после обнародования предложенной В.А. Котельниковым теории потенциальной помехоустойчивости [5], самостоятельно развивается направление синтеза систем оптимальной обработки сигналов.

Достижения в областях помехоустойчивого кодирования и оптимальной обработки сигналов составляют основу современных и перспективных систем телекоммуникаций. Сама же теория информации потеряла свою конструктивную роль в процессе создания средств передачи информации.

Прикладная теория информации для телекоммуникаций [6], как синтетическая наука, соединившая в себе знания из всех приведенных выше и разрозненных направлений, позволила преодолеть неопределенность теорем К.Шеннона и придать конструктивность совокупности сведений о возможностях достоверной передачи символов в каналах с помехами.

Применительно к дискретному бинарному каналу с помехами со строго определенной полосой частот (и, значит, фиксированной скоростью V) последовательность действий по определению конструктивных параметров избыточного кода, обеспечивающего передачу символов источника с заданной вероятностью ошибки $p_{\text{ошкод}}$ при условии, что в том же канале без мер кодирования вероятность ошибки составляет $P_{\text{ош}} > p_{\text{ошкод}} = P_b$, сводится к следующему алгоритму [7].

Заданными считаются параметры системы передачи информации:

- длина блока кода n ;
- требуемая достоверность приема символов источника P_b ;
- энергетические условия в канале связи h^2 ;
- способ формирования и обработки символов в канале.

Необходимо выбрать из известных помехоустойчивых кодов с заданной длиной блока n код, который бы позволил передавать сообщения источника по каналу с известными энергетическими и помеховыми условиями (через h^2) со скоростью кодирования r_k , максимально приближающейся к границе Шеннона, и с заданной достоверностью декодированных символов источника P_b .

Следует заметить, что показатель E_1 из соотношения (1) численно совпадает с допустимой долей символов источника в общем потоке символов в канале. Реальную долю символов источника в общем потоке символов в канале указывает показатель r_k . Отсюда следует очевидное утверждение о том, что

$$k/n = r_k \leq E_1 = \frac{C}{V} = 1 + P_{\text{er}} \cdot \log P_{\text{er}} + (1 - P_{\text{er}}) \cdot \log(1 - P_{\text{er}}), \quad (3)$$

где P_{er} – вероятность ошибочного приема символа на входе декодера ($P_{\text{er}} = P_{\text{ош}}$).

Тогда вероятность P_b правильного приема одиночного символа на выходе декодера, который надежно исправляет t ошибок в блоке из n символов, равна:

$$\begin{aligned} P_b &= 1 - P_t(m \leq t, n, h^2) = \\ &= 1 - \sum_{m=0}^t \frac{n!}{m!(n-m)!} \cdot (P_{\text{er}}(h^2))^m \cdot (1 - P_{\text{er}}(h^2))^{n-m} \end{aligned} \quad (4)$$

Следовательно, искомый код должен одновременно обладать двумя свойствами:

- исправлять t ошибок;
- иметь скорость кодирования r_k , максимально приближенную к значению E_1 .

Необходимым условием для существования кодов с заданными корректирующими свойствами выступает граница Плоткина, которая определяет предел мощности двоичного кода длины n и минимального кодового расстояния d . Достаточным условием существования кода является удовлетворение условиям границы Варшавова-Гильберта [1, 3].

В случае равенства показателей $E_1 = r_k$ в (3) – пропускная способность C_d во столько раз меньше скорости передачи символов в канале V , во сколько раз число информационных символов k отличается от длины блока n избыточного кода.

Функционал оптимизации в этом случае имеет вид:

$$\min_{\{d/2n, k/n\}} \{E_1 - r_k\} \mid n, h^2, P_b \quad (5)$$

Из (3) - (5) следует, что, задача поиска оптимального помехоустойчивого кода решается на стыке теории потенциальной помехоустойчивости (ТППУ) и теории помехоустойчивого кодирования (ТПК) по критериям теории информации (ТИ).

С использованием известных соотношений ТППУ и ТПК строятся зависимости:

- вероятности ошибки в канале P_{er} от параметра h^2 ;
- количества ошибок t в блоке длиной n от параметра h^2 ;
- значений параметра $d/2n$ от параметра h^2 ;
- значений взаимной энтропии E_1 от параметра h^2 ;
- границ Плоткина и Варшавова-Гильберта на плоскости $\{r_k; d/2n\}$;
- проекций границ Плоткина и Варшавова-Гильберта на плоскости $\{r_k; h^2\}$;
- параметров известных кодов с длиной блока n в координатах $\{r_k; d/2n\}$.

Рассматривая условие (3) в качестве определяющего, можно видеть, что оба его аргумента – r_k и E_1 – взаимодействуют через последовательность выстроенных зависимостей: $\{E_1(h^2)\}$, $\{d/2n(h^2)\}$ и $\{r_k(d/2n)\}$.

Следующим шагом является определение характеристик того кода, который способен обеспечить заданную достоверность при скорости кода r_k , приближающейся к границе Шеннона E_1 . Для этого обратимся к структуре кодов, исправляющих ошибки, на границе их корректирующих возможностей. Тогда последовательность выбора оптимального кода с длиной блока n :

1. Определение по заданному значению h^2 соответствующего значения $d/2n$.
2. Определение по проекции найденного значения $d/2n$ граничных значений r_k для корректирующего кода на плоскости $\{r_k; d/2n\}$.
3. Построение проекции границ Плоткина и Варшавова-Гильберта на плоскости $\{r_k; h^2\}$.
4. Формирование треугольника параметров на плоскости $\{r_k; d/2n\}$ с использованием проекции найденного значения $d/2n$.
5. Выбор внутри треугольника кода из существующих, удовлетворяющего поставленным требованиям достоверности передачи и имеющий кодовую скорость r_k , максимально приближенную к границе E_1 . Определение параметра k для блока длиной n : $k = n \cdot r_k$.

Это значит, что заданному значению h^2 при фиксированном P_b соответствует одно значение

$d/2n \leq 0,25$ и две проекции на ось r_k : одна в пересечении с границей Плоткина, другая – с границей Варшавова-Гильберта. Эти условия включают последовательность действий, необходимых для решения задачи отыскания кода, который бы не допускал превышение пропускной способности канала и обеспечивал заданную достоверность приема декодированных символов.

Таким образом, изложены все условия для определения помехоустойчивого кода с заданными корректирующими свойствами, максимально приближенного к границе Шеннона при известных параметрах канала.

Литература

1. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. — 830 с.
2. Галлагер Р.Дж. Теория информации и надежная связь. — М.: Сов.радио, 1974. — 720 с.
3. Основи теорії телекомунікацій: підручник / За заг. ред. М.Ю.Ільченка. — К.: ІСЗІ НТУУ «КПІ», 2010. — 788 с.
4. Кларк Дж., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. — М.: Радио и связь, 1987. — 382 с.
5. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. — М.: Госэнергонздат, 1956. — 152 с.
6. Ильченко М.Е. Аспекты системного анализа в прикладной теории информации для телекоммуникаций. [Текст]/ Ильченко М.Е., Урывский Л.А. // Кибернетика и системный анализ. —2010, № 5, с. 60...67.
7. 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. — 2011, № 1, с. 41...47.

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ WIFI В ОПЕРАТОРСКИХ СЕТЯХ

Алексей Хахлюк

ДП «Алкатель-Лусент Украина»

На современном этапе развития потребительской электроники стирается грань между устройствами, подключаемыми к мобильным и проводным сетям связи. Появление портативных модемов 3G/4G, обеспечило возможность легкого подключения к мобильной сети для ноутбуков, домашних WiFi роутеров, TV, медиаплееров и других устройств. Быстрое развитие средств беспроводной широкополосной мобильной связи с одной стороны, и распространение высокопроизводительных портативных абонентских устройств, с другой стороны, привело к лавинообразному росту трафика в мобильных сетях. Наращивание емкости мобильной сети за счет установки дополнительных базовых станций или расширения используемого частотного спектра не всегда представляется возможным. Перенос части трафика из макросети в WiFi позволит частично разгрузить перегруженную инфраструктуру мобильного оператора, обеспечит более скоростное подключение к интернет для абонентов. К тому же, поддержка WiFi инфраструктуры обходится значительно дешевле. Как показывает практика, WiFi HotSpot может обеспечить большую скорость передачи данных и обслужить большее количество подключений чем современные Femto соты.

Последние исследования показали, что планшетные компьютеры с модулями 3G большую часть времени остаются подключенными к WiFi сетям. Учитывая тот факт, что переключаясь на WiFi HotSpot, пользователь портативного компьютера перестает быть абонентом мобильного оператора, то развитие собственных сетей WiFi позволит предложить новые пакеты услуг своим абонентам, обеспечить более дешевые роуминговые тарифы на услуги передачи данных.

Учитывая массовое распространение портативных устройств, операторы фиксированной связи также заинтересованы в развитии WiFi инфраструктуры для повышения лояльности своих абонентов и расширения спектра предоставляемых услуг. Сегодня именно операторы фиксированной связи контролируют большинство WiFi HotSpot и заинтересованы оптовых продажах трафика мобильным операторам.

Массовое распространение технологий WiFi в сетях операторов сдерживалось такими факторами, как отсутствие гарантий качества услуг, малая защищенность подключений, проблемы с организацией унифицированного биллинга для услуги WiFi в пакете с традиционными услугами мобильной связи, отсутствием мобильности между WiFi и макросетью оператора, отсутствие возможности предоставлять услуги корпоративным заказчикам.

Для абонентов услуги WiFi HotSpot связаны с проблемой выбора нужного SSID, сложностью процедур аутентификации, отсутствием доверия к оператору WiFi HotSpot, часто не возможностью получить доступ к требуемому контенту.

Компания Alcatel-Lucent явилась инициатором создания нового стандарта 3GPP, нацеленного на устранение указанных выше проблем и предлагает решение LightRadio-WiFi, позволяющее:

1. Интегрировать сети WiFi в существующую инфраструктуру мобильного оператора;
2. Организовать авторизацию подключений к сети WiFi по SIM-карте, с использованием цифровых сертификатов или через web-портал;
3. Обеспечить мобильность между макросетью и сетью WiFi;
4. Предоставить дешевый роуминг для доступа в Интернет;
5. Гибко управлять предоставлением услуг с возможностью контроля по объему трафика, времени подключения, с учетом требований к полосе пропускания, специфике работы конкретных приложений и услуг;
6. Унифицированный биллинг для wifi подключений;
7. Организация доступа к корпоративным частным сетям.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ БЕЗПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Кравчук С.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ", sakravchuk@ukr.net

Researching of physical layer of underground wireless sensor networks

For WUSN (Wireless Underground Sensor Network) the great value has the physical level which features, mainly, and define functioning WUSN. Therefore a main objective of the given report is representation of the improved models of an underground communication channel, and the analysis of possibility of creation of an effective touch network through thickness of soil.

В настоящее время сенсорные сети являются одним из наиболее востребованных научно-исследовательских направлений в телекоммуникациях [1]. Область их применения постоянно расширяется, порождая новые направления приложений и соответствующие им архитектуры сенсорных сетей. Одним из таких направлений являются беспроводные подземные сенсорные сети WUSN (Wireless Underground Sensor Network).

WUSN могут использоваться для мониторинга самых разных характеристик, таких как свойств почвы для сельскохозяйственных применений и токсических субстанций для мониторинга окружающей среды. В отличие от известных методов мониторинга состояния подземной области, которые основываются на закопанных в землю сенсорах, соединенных посредством провода на поверхности, WUSN-устройства располагаются полностью под землей и не требуют никаких проводовых соединений. Каждое устройство содержит все необходимые сенсоры, память, процессор, радиочасть, антенну и источник энергии. Это делает их применение более простым, чем у имеющихся подземных сенсорных решений. Однако беспроводные коммуникации работают внутри плотной субстанции, такой как грунт или горная порода, что требует больших усилий, чем передача сигнала через воздух. Этот фактор в комбинации с необходимостью сохранения энергии вследствие трудностей раскапывания и перезарядки WUSN-устройств, требует, чтобы связные протоколы были наиболее эффективными.

Главное отличие между WUSN и наземными беспроводными сенсорными сетями состоит в среде передачи. Характеристики распространения электромагнитных (ЭМ) волн в почве значительно отличаются характеристик распространения ЭМ-волн в воздухе.

Очевидно, что для WUSN большое значение имеет физический уровень, особенности которого, главным образом, и определяют функционирование WUSN. Поэтому основной целью данного доклада является представление улучшенных моделей подземного канала связи, и анализ возможности создания эффективной сенсорной сети через толщу почвы, а также в подземных тунелях и шахтах.

В частности, подземный канал связи моделируется с учетом не только распространения ЭМ-волн в почве, но и других эффектов, таких как многолучевость, состав и сырость почвы, глубина погружения. Характеристики распространения исследуются через результаты симуляции потерь на распространение между двумя подземными сенсорами. Основываясь на предложенной модели канала, анализируется коэффициент битовой ошибки для разных сетевых и почвенных параметров. Более того, влияние вариаций в почвенной сырости исследуется посредством результатов полевых измерений. Теоретический анализ и результаты моделирования подтверждают осуществимость беспроводной связи в подземной среде и выдвигают на первый план несколько важных аспектов в этом поле. Данная работа ведет к предоставлению обобщенной базы для подземной беспроводной связи и реализации WUSN.

В работе представлено свойства электромагнитного подземного канала, влияние свойств почвы на канал и методы прогнозирования потерь на распространение в подземных коммуникациях. Кроме этого, описываются альтернативные технологии физического уровня, которые могут быть более эффективными для WUSN, чем обычные беспроводные технологии.

Традиционные технологии распространения сигнала, использующие ЭМ-волны, сталкиваются с тремя главными проблемами в пространстве почвы: значительные потери на распространение, динамическое изменение параметров канала и большие требуемые размеры антенны. ЭМ-волны демонстрируют высокий уровень затухания вследствие поглощения почвой, скальной породой и водой под землей. Потери на распространение такие высокие из-за многочисленных особенностей почвы: водосодержания, состава почвы (песок, ил или глина) и плотности. Причем эти свойства могут сильно изменяться со временем (например, увеличиться содержание воды в почве после дождя). Поэтому коэффициент битовых ошибок BER системы связи также может сильно изменяться в разное время и в разных местах. Такой ненадежный канал способствует разработке для подземных устройств и сетей новых технологий с удовлетворительной связностью и энергетической эффективностью.

Кроме этого, на практике передача сигналов осуществляется на действующих частотах в диапазоне МГц и ниже [2]. Чтобы эффективно передавать и принимать сигналы на этих частотах размер антенны должен быть достаточно большим.

Альтернативной технологией распространения сигнала под землей является магнитная индукция (МИ). Плотная среда, такая как почва и вода, вызывает небольшие вариации в скорости затухания магнитных полей по сравнению с воздухом, потому что магнитные проницаемости каждого из этих материалов схожи [2-4]. Поэтому свойства МИ-канала остаются постоянными в почвенной среде. Более того, в МИ-связи передача и прием осуществляются с использованием малоразмерного витка провода. Отсюда, проблем с размерностью антенной системы нет. Однако напряженность магнитного поля ослабевает значительно быстрее, чем у ЭМ-волн [5].

В работе представлено аналитическое выражение потерь на распространение подземного МИ-канала связи. Множество факторов рассматриваются в анализе, включая свойства грунта, размер витка катушки и ее сопротивление, действующая частота. Чтобы снизить высокие потери на распространение, предложено использовать МИ-волновод для подземной связи [6, 7]. Использование МИ-волновода имеет три достоинства: посредством тщательного проектирования параметров волновода можно значительно снизить потери на распространение; ретранслирующие кольца, составляющие такой волновод, не потребляют энергии и их стоимость очень низкая; МИ-волновод не является непрерывной структурой и поэтому его легко устанавливать в почву.

Проведено сравнение характеристик традиционных ЭМ-систем и систем на основе МИ. Показано, что МИ-волноводная система демонстрирует более низкие потери на распространение чем традиционные.

Представляется также для подземных шахт и дорожных/железнодорожных туннелей аналитическая многомодовая модель канала для ЭМ-волн. Для туннельного окружения многомодовая модель может полностью охарактеризовать естественное распространение волн как в ближней, так и в дальней областях от источника.

Литература

1. Ильченко М.Ю., Кравчук С.О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: Наукова думка, 2008. – 328 с.
2. Akyildiz I.F., Stuntebeck E.P. Wireless underground sensor networks: Research challenges // Ad Hoc Networks Journal. – 2006. – Nr 4. – P. 669–686.
3. Jack N., Shenai K. Magnetic Induction IC for Wireless Communication in RF-Impenetrable Media // IEEE Workshop on Microelectronics and Electron Devices, WMED 2007, April 2007.

4. Sojdehei J.J., Wrathall P.N., Dinn D.F. Magneto-inductive (MI) communications // MTS/IEEE Conference and Exhibition, OCEANS 2001, 2001.
5. Bansal R. Near-field magnetic communication // IEEE Antennas and Propagation Magazine. - 2004. - Vol.46, nr 2. – P. 114–115.
6. Bunszel C. Magnetic induction: A low-power wireless alternative // RF Design. – 2001. – Nr 11. – P. 78–80.
7. Akyildiz I.F., Sun Z., Vuran C. Signal propagation techniques for wireless underground communication networks // Physical communication. – 2009. – Nr 2. – P.167–183.

СЕНСОРНА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ В ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

Лисенко О.І.¹, Чумаченко С.М.², Кірчу П.І.², Валуйський С.В.^{1,2}

¹*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»*

²*НДЦ проблем авіації та авіаційного пошуку і рятування, samubf@gmail.com*

Sensor telecommunication system of operational monitoring in the area technogenic emergencies

The aspects of building sensor telecommunications system of operational monitoring in the area of man-made emergency situations are considered.

Останнім часом широкого застосування набувають дистанційні методи контролю [1] для оперативного виявлення радіаційної, хімічної й біологічної обстановки у випадках екстремально високого забруднення атмосферного повітря на території небезпечного техногенного об'єкту.

Такі методи можуть знайти своє застосування в безпроводових сенсорних мережах (БСМ), що складаються з компактних сенсорів (кінцевих пристроїв), оснащених безпроводовим інтерфейсом (наприклад, стандарту IEEE 802.15.4), що з'єднуються з центром обробки даних (ЦОД) через шлюз (координатор) безпосередньо (у зоні прямої радіо видимості) або із ретрансляцією пакетів через проміжні вузли (маршрутизатори).

Такі сенсорні комплекси можуть оснащуватися набором випромінювачів (лідарів, радіометрів тощо), що дозволяють здійснювати зондування в широкому спектральному діапазоні випромінювання, починаючи від ультрафіолетового й закінчуючи далеким інфрачервоним. Завдяки цьому, такі комплекси на основі БСМ можуть ефективно використовуватися для розв'язання різноманітних завдань у зоні до 50 км.

Одною з ключових проблем застосування таких мереж є проблема розгортання мережі, а саме розміщення вузлів на забрудненій території, оскільки безпосереднє застосування людського ресурсу не припустиме через небезпеку для здоров'я. Тому одним з можливих способів розгортання мережі може бути застосування робототехніки, наприклад, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) міні- та мікро- класу, як показано на рис.1.

Такий компактний мобільний сенсорний комплекс, розміщений за допомогою БПЛА, дозволить визначати й прогнозувати подальшу трансформацію й переміщення будь-яких речовин, у тому числі біологічної природи. Точне географічне позиціонування забезпечує приймач ГЛОНАС/GPS, що входить до складу наземної системи керування БПЛА. Програмний комплекс надає можливість у швидкій і зручній для операторів формі виконувати всі операції по налаштуванню лазерного, оптичного, електронного й електромеханічного обладнання й одержувати результати лідарного зондування не тільки у вигляді діаграм і графіків, але й за допомогою розробленої системи картографування, а також накладати результати вимірів на карту місцевості. Усе це дозволить вчасно провести заходи щодо захисту населення й територій у районах розміщення небезпечних об'єктів у випадках загрози й виникнення надзвичайних ситуацій природного, техногенного й терористичного характеру.



Рис. 1. Приклад розміщення сенсорів за допомогою БПЛА

Одною з ключових задач телекомунікаційного профілю при розгортанні таких мереж є задача пошуку раціональної топології мережі вузлів-ретрансляторів (машрутизаторів), а саме визначення їх положення на місцевості та взаємозв'язків між ними.

Актуальність і практична значимість проблеми проектування раціональної топології БСМ обумовлена наступним. Положення кінцевих пристроїв (КП) мережі не може вибиратися довільно і визначається конкретними умовами задачі моніторингу. Обмежений радіус дії радіопередавачів цих вузлів обумовлює необхідність включення в склад мережі ретрансляторів, що здійснюють передачу інформаційних повідомлень від КП до шлюзу (ЦОД). Маючи обмежену можливість вибору кількості, розміщення і технічних характеристик таких вузлів і бажаючи мінімізувати затрати на створення та обслуговування БСМ, зберігаючи при цьому її працездатність і надійність на заданому рівні, ми стикаємось з проблемою оптимізації технічного рішення – топології мережі. Раціональна топологія БСМ дозволить скоротити трафік і знизити енергоспоживання на вузлах, що у свою чергу дозволить збільшити час безвідмовної роботи мережі і знизити загальні витрати на її обслуговування.

В загальному вигляді, задача оптимізації топології представляє собою транспортну задачу, пов'язану з оптимальним розподілом потоків даних по мережі по критерію мінімуму вартості створення і технічного обслуговування при обмеженні на надійність передачі інформації [2]:

$$C(\|R_i\|, \|p_{ij}\|) \xrightarrow{\|R_i\|, \|p_{ij}\|} \min_{P \geq P^*, i, j = \overline{1, N}}, \quad (1)$$

де $(\|R_i\|, \|p_{ij}\|)$ – топологія БСМ, що складається з множини вузлів $\|R_i\|$ у кількості N та множини ймовірностей $\|p_{ij}\|$ використання комунікацій між ними для доставки інформаційних потоків;

P, P^* - надійність і обмеження надійності мережі.

Задача проектування раціональної топології БСМ з формальної точки зору аналогічна задачі формування топологічної структури будь-якої безповодової мережі, яка є однією з основних при її проектуванні та полягає у виборі оптимальної схеми з'єднання вузлів комутації та концентрації, виборі пропускної здатності ліній та оптимальних маршрутів передачі інформації.

Відомі на сьогодні підходи до рішення подібних задач засновані на застосуванні апарату комбінаторного аналізу [2]. Подібні алгоритми опираються на представлення мережі передачі даних у вигляді кінцевого графу без петель і кратних ребер, вершини якого відповідають вузлам мережі, а ребра – лініям зв'язку. Застосування теорії перерахування графів для рішення задачі топологічної оптимізації останнім часом знаходить все більш широке застосування, що зв'язано з підвищенням продуктивності ЕОМ, розробкою нових високоефективних алгоритмів генерації графів із заданими властивостями. Основною

перевагою даного підходу є можливість отримання точного рішення, тому для невеликих мереж цей підхід є ефективним. Крім того, наявність точного рішення дозволяє оцінити якість існуючих та розроблюваних підходів к оптимізації топології.

Основний недолік алгоритмів конструктивного перерахування графів полягає в неможливості їх застосування для побудови топологій мереж великої розмірності, оскільки число генеруємих графів зростає експоненційно по мірі росту кількості вузлів мережі. Це обумовлює доцільність розробки альтернативних підходів до проектування раціональної топології БСМ. В роботі [3] була започаткована методологія синтезу раціональної топології мережі телекомунікаційних аероплатформ, заснована на застосуванні бази знань правил, що дозволяє скоротити перебір можливих графів. Пропонується продовження досліджень у даному напрямку та зведення задачі оптимізації топології до ігрової. Це дозволить врахувати взаємний вплив інформаційних потоків, а також показники надійності вузлів і комунікацій між ними шляхом формалізації цих обмежень, як прояв дії гравця-Природи.

Література

1. Алексеев В. А., Батырев В. В., Габричидзе Т. Г., Янников И. М. Лазерные системы контроля загрязнения атмосферы в районах размещения химически опасных объектов // Технологии гражданской безопасности. – 2006. – № 4 (10). – С. 94–96.
2. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей, - М.: Техносфера, 2003, 512 с.
3. Lysenko O.I., Valuiskyi S.V. Capacity increasing of sensor telecommunication networks / O.I. Lysenko, S.V. Valuiskyi // Telecommunication Sciences. – 2012. – vol. 3. – № 1. – P. 5–11.

НАНОСЕТИ: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НАНОУРОВНЯ**Кравчук С.А.***Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ", sakravchuk@ukr.net***Nanonetworks: nanoscale telecommunication systems**

Two main alternatives for nanocommunication are presented: electromagnetic in terahertz band and molecular. A work main objective is representation and the analysis of a modern condition of researches in this formed interdisciplinary area, and definition of ways of the further researches in nanonetworks.

Телекоммуникации охватывают огромную область – от глобальных систем спутниковой связи до систем персонального уровня, а в последнее время в связи с бурным развитием нанотехнологий они достигли и наноуровня. Становление телекоммуникаций на этом уровне определило создание так называемых наносетей (nanonetwork), обеспечивающих взаимную связь между наномашинами, которые представляют собой интегрированные функциональные устройства, состоящие из наноразмерных компонентов пригодных для решения простых задач на наноуровне [1, 2].

Потенциальные возможности применения таких наносетей являются почти безграничны и могут быть классифицированы по четырем главным направлениям: биомедицинские приложения; промышленные и потребительские приложения; экологические приложения; военные приложения.

В наносетях может быть использован целый ряд телекоммуникационных парадигм в зависимости от технологии, используемой при создании наномашин и целевых приложений. В данной работе будут рассмотрены две главные альтернативы для наносвязи: электромагнитная в терагерцовом диапазоне и молекулярная. Основной целью доклада является представление и анализ современного состояния исследований в этой формирующейся междисциплинарной области, и наметить пути дальнейших исследований в наносетях.

Нано-связь (Nanocommunication) представляет собой обмен информацией на наноуровне и основывается на любом проводимом/беспроводном взаимодействии наномашин в наносети. Путь, по которому наномашин могут устанавливать связь сильно зависит от того способа, каким они были реализованы. Кроме того, отдельное приложение, для которого наносети будут применены, определяют для себя выбор конкретного типа нано-связи. На данный момент известно несколько альтернатив: масштабирующие вниз установившиеся средства связи, основанные на электромагнитной, оптической, акустической или механической связи; полностью новые парадигмы, стимулируемые развитием биологии и биохимии.

Инструментарий, обеспечивающий нанотехнологии, применим и для расширения области использования известных телекоммуникационных технологий к наноразмерности. Прежде всего, углеродные нанотрубки и графеновые наноленты предложены для создания электромагнитных наноантенн [3]. Графеновые наноантенны представляют собой не только микроминиатюризированные классические антенны, но и имеют ряд квантовых эффектов, которые влияют на распространение электромагнитных волн в графене. В результате этого, резонансная частота таких наноструктур может быть выше на два порядка по сравнению с их не углеродными дубликатами. Однако из-за этого явления эффективность излучения наноантенн может быть ухудшена. Также, углеродные нанотрубки предложены как основа электромеханических нано-приемопередатчиков или нано-радио [4], способных модулировать и демодулировать электромагнитную волну посредством механических резонансов. Данная техника дошла уже до экспериментальной стадии, но для ведения непрерывной передачи требует очень высокомоощных источников в наноуровне.

Возможность применения нано-антенн, основанных на графене, к наномашинам максимального размера, позволяет задействовать терагерцовый диапазон (0,1...10 ТГц). Так, например, в [3] показано, что нано-антенна на основе графена длиной 1 микрометр резонирует в вышеупомянутом диапазоне. Этот очень высокочастотный диапазон, между микроволнами и далеким инфракрасным излучением, в последнее время привлекает пристальное внимание исследователей из-за его перспективных применений в системах безопасности и формирования или обработки изображений на наноуровне. В нашем случае, терагерцовый диапазон рассматривается как очень большое частотное окно передачи, которое может поддерживать высокие скорости передачи данных. Это позволяет достигнуть скорости передачи данных до нескольких терабит за секунду на расстояния менее одного метра, или сформировать несколько окон передачи шириной более чем 10 ТГц каждое [5]. На данное время, считается не до конца изученным вопрос как наномашин с ограниченными возможностями смогут использовать свойства этого большого диапазона, но результаты некоторых исследований уже представляют большой интерес. Например, в [6] предложено использование маломощных импульсов фемто-секундной длительности в качестве простой, но надежной связи для наномашин на основе наноматериалов. Однако наличие очень большой рабочей полосы частот требует значительные доработки в процедурах классических сетевых протоколов.

В то же время клетки и множество живых организмов обмениваются информацией посредством молекулярной связи (molecular communication), то есть, процесса использования молекул для кодирования, передачи и приема информации. Среди многих, один из наиболее распространенных механизмов молекулярной связи основывается на свободной диффузии молекул в пространстве. Например, связь между соседними клетками в человеческом теле проводится посредством диффузии различных типов молекул, которые кодируют разные виды сообщений. До настоящего времени, проводились исследования распространения молекулярных сообщений посредством свободной диффузии. Среди многих, в работе [5] проанализировано поведение канала с молекулярной диффузией в терминах затухания и задержки. В той же работе были предложены математические модели физических процессов, имеющих место при молекулярном излучении, распространении и приеме. Результаты этой работы наметили два направления исследований. Первое, предусматривает численную оценку свойств обычного физического канала связи. При этом были получены величины затуханий в десятки дБ с задержкой более чем 100 мс для диапазона передачи до 50 микрометров и частотах до 400 Гц (но сотни дБ, когда частота достигает 1 кГц). При втором направлении, результаты определяют достоверные и простые модели, которые могут использоваться при проектировании систем молекулярной связи, основанные на свободной диффузии молекул. Было расширено понятие канала молекулярной диффузии (molecular diffusion channel) посредством анализа наиболее значимых источников шума, основанных на диффузии, чье происхождение по существу отлично от шумовых источников в классической электромагнитной связи [7]. Теоретические ограничения информационной пропускной способности систем молекулярной связи, основанной на диффузии, изучалась в работе [8]. Было показано, что порядок значений пропускной способности для систем молекулярной связи намного выше, чем пропускная способность классических систем связи. Данные результаты подкрепляют возрастание в последние годы интереса к молекулярной связи для наносетей.

В качестве альтернативы работе [8] в [9] предложено использование феромонов для молекулярной связи в наносетях дальнего действия, для таких у которых расстояния составляют примерно 1 м. Феромоны представляют собой молекулы химических соединений, выделенные из растений, насекомых и животных, которые запускают специфическое поведение среди рецепторных элементов одинаковых видов и чье распространение также основано на процессе молекулярной диффузии. В той же работе представлены другие способы молекулярной связи, такие как связь на основе нейронов и цепи капиллярных потоков. Достаточно интересна возможность построения систем связи

через непосредственную стимуляцию нервных волокон, которая передает управление движением мышц, внешние сенсорные стимулы и нейронные сигналы связи к и от мозга. Возможна также связь посредством капилляров, которые представляют собой наименьшие кровеносные сосуды внутри человеческого тела. Капилляры соединяют артериолы и вены, а их главная функция состоит в поддержании обмена химическими препаратами и питательными веществами между кровью и окружающих тканей. Практическая осуществимость этих систем требует еще дальнейших исследований, но они могут служить в качестве стартовой точки для будущих био-стимулированных систем наносвязи.

В работе [10] изучалась техника молекулярного транспорта, использующая два разных типа объектов переносчиков: жгутиковые бактерии (*flagellated bacteria*) и каталитические наномоторы (*Nanomotors*). С одной стороны, жгутиковая бактерия пригодна для переноса сообщений ДНК, вводимых внутрь ее цитоплазмы. Когда окружающая среда свободна, бактерия-переносчик направляется к приемнику, при контакте с которым бактерия освобождает сообщение ДНК по назначению. С другой стороны, каталитические наномоторы определяются как частицы, которые способны продвигать самих себя и малые объекты. Наномоторы могут быть загружены с молекулами ДНК, а их распространение от источника к приемнику может быть управляемо путем использования установленных заранее магнитных частей. Наномоторы могут также формировать своеобразную капсулу и перемещать сообщение ДНК через процесс, вызывающий хемотаксис. Распространение информации посредством управляемой бактерии или каталитических наномоторов относительно очень медленное (порядка нескольких мм за час), но большое количество информации, которое может быть передано в единичной цепи ДНК, позволяет достигать относительно высокой скорости передачи (до нескольких кбит/с). Все эти результаты требуют от нас пересмотр уже установившихся концепций в телекоммуникациях и сетевой теории.

Литература

1. Akyildiz I., Brunetti F., Blazquez C. Nanonetworks: A new communication paradigm // *Computer Networks Journal*. – 2008. – Vol. 52 (Elsevier), nr 12. – P. 2260–2279.
2. Akyildiz I.F., Jornet J.M. Electromagnetic wireless nanosensor networks // *Nano Communication Networks Journal*. – 2010. – Vol. 1 (Elsevier), nr 1. – P. 3–19.
3. Jornet J.M., Akyildiz I.F. Graphene-based nano-antennas for electromagnetic nanocommunications in the terahertz band // *Proc. of 4th European Conference on Antennas and Propagation*, 12 Apr–16 Apr, 2010, Barcelona, Spain. – 2010. – P. 1–5.
4. Nanotube radio / Jensen K., Weldon J., Garcia H. and Zettl A. // *Nano Letters*. – 2007. – Vol. 7, nr 11. – P. 3508–3511.
5. Jornet J.M., Akyildiz I.F. Channel modeling and capacity for electromagnetic wireless nanonetworks in the Terahertz Band // *IEEE Trans. on Wireless Communications*. – 2011. – Vol. 10, nr 10. – P. 3211–3221.
6. Jornet J.M., Akyildiz I.F. Information capacity of pulse-based wireless nanosensor networks // *Proc. of the 8th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh, and Ad Hoc Communications and Networks*, June 27–30, 2011, Salt Lake City, UT, USA. – 2011. – P. 80–88.
7. Pierobon M., Akyildiz I.F. Diffusion-based noise analysis for molecular communication in nanonetworks // *IEEE Trans. on Signal Processing*. – 2011. – Vol. 59, nr 6. – P. 2532–2547.
8. Pierobon M., Akyildiz I.F. Information capacity of diffusion-based molecular communication in nanonetworks // *Proc. of the IEEE International Conference on Computer Communication*, Apr. 2011 (miniconference), Shanghai, China. – 2011.
9. Parcerisa L., Akyildiz I.F. Molecular communication options for long range nanonetworks // *Computer Networks Journal*. – 2009. – Vol. 53 (Elsevier), nr 16. – P. 2753–2766.
10. Gregori M., Akyildiz I.F. A new Nano Network architecture using flagellated bacteria and catalytic nanomotors // *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*. – 2010. – Vol. 28, nr 4. – P. 612–619.

¹Ильченко М.Е., ²Ермолов П.П.¹-Национальный технический университет Украины «КПИ», ilch@kpi.ua²-Севастопольский национальный технический университет, 10.99057@gmail.com

References as an Important Scientometric Element

One of the reasons for understatement of the real contribution of Ukrainian science into world science is that the bibliographic lists of domestic researchers included into scientometric databases contain Cyrillic-written bibliographic references to publications, i.e. the references written in original language. Such kind of references is not indexed in scientometric databases, and it leads to understatement of the contribution of domestic scientists in world science. The present paper concerns an approach to solve this problem. The approach is suggested by O. V. Kirillova (VINITI). On the basis of these suggestions' analysis the concrete recommendations are provided for preparation of bibliographic references.

В последнее время интерес к объективным оценкам состояния отечественной науки и ее реального вклада в мировую науку приобретает особое значение из-за необходимости ученых и научных администраторов доказывать актуальность определенного научного направления при обращении к государственной или спонсорской поддержке. Важную роль при оценках развития научных направлений играют данные, содержащиеся в онлайн-научометрических базах (Web of Science, Scopus и др.). При всех издержках такого рода оценок [1] существующие наукометрические базы являются на сегодняшний день единственным объективным инструментом оценки «веса» того или иного объекта наукометрического исследования (страны, региона, университета, отдельного исследователя, журнала, конференции и проч.). Общеизвестным же является тот факт, что оценки вклада украинской науки в мировую с использованием практически всех наукометрических инструментов всегда оказываются заниженными. Университеты Украины, в том числе НТУУ «КПИ», активно работают для исправления такого положения [2].

Одной из причин этого явления является то, что в библиографических списках¹ публикаций отечественных исследователей, включенных в наукометрические базы, библиографические ссылки на публикации соотечественников приводятся на языке оригинала, т. е. на кириллице. Такие ссылки в наукометрических базах не индексируются, что и приводит к занижению вклада отечественных ученых в мировую науку.

Нельзя сказать, что решением этой проблемы никто не занимается. Так, заведующая отделением ВИНТИ РАН О. В. Кириллова, член Экспертного совета (CSAB) БД Scopus в своей статье [3], опубликованной, вероятнее всего, в 2011 г., касается, в том числе и проблемы представления библиографических ссылок на кириллице. Рекомендации О. В. Кирилловой по

¹ Двумя классическими функциями пристатейной и прикнижной библиографической ссылки являются:
— библиографическая ссылка — это составная часть справочного аппарата издания, связанная с определенными фрагментами текста и используемая авторами для документирования заимствованных им сведений или цитат, а читателями — для наведения справок и библиографического поиска использованных автором работ;

— библиографическая ссылка — это источник библиографической информации по теме публикации, который может быть использован в качестве самостоятельного библиографического пособия.

В современную эпоху, которая характеризуется бурным ростом объема научных исследований, развитием наукометрических методов и информационно-телекоммуникационных технологий,

— библиографическая ссылка — это важный наукометрический элемент, позволяющий, в частности, определить такие показатели, как индекс цитирования, индекс Хирша и др.

составлению ссылок в романском алфавите в англоязычной части статьи и пристатейной библиографии, предназначенной для зарубежных БД, сводятся к следующему.

1. Отказаться (! — *Авт.*) от использования ГОСТ 5.0.7. Библиографическая ссылка (О. В. Кириллова ошиблась, правильный номер ГОСТа: Р 7.0.5—2008).
2. Следовать правилам, позволяющим легко идентифицировать два основных элемента описаний — авторов и источник.
3. Не перегружать ссылки транслитерацией заглавий статей, либо давать их совместно с переводом.
4. Придерживаться одной из распространенных систем транслитерации фамилий авторов, заглавий статей (если их включать) и названий источников.
5. При ссылке на статьи из российских журналов, имеющих переводную версию, лучше давать ссылку на переводную версию статьи.

На ГОСТе Р 7.0.5—2008 следует остановиться более подробно. Появление этого ГОСТа было, можно сказать, долгожданным, т. к. он стал первым на территории СНГ ГОСТом, регламентирующим правила составления библиографических ссылок. Существующая до этого практика использования для этой цели сначала ГОСТов 7.1—76, 7.1—84, затем ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 приводила к тому, что, поскольку эти ГОСТы были предназначены для другой цели — создания библиографических описаний сотрудниками библиотек, то издательства, редакции журналов и оргкомитеты конференций использовали эти документы по своему усмотрению, делая правила составления ссылок зачастую трудно воспринимаемыми и избыточными.

В 1983 г. по решению редакционной коллегии справочной литературы АН УССР был издан справочник [4]. Автор этого справочника — Ю. В. Альберт, руководитель группы стандартизации одного из крупнейших научных издательств СССР — издательства «Наукова думка», весьма успешно обобщил положительный опыт, отраженный ранее нормативных документах украинских издательств «Книга» и «Наукова думка».

Но вернемся к ГОСТу Р 7.0.5—2008. Этот нормативный документ, к сожалению, не оправдал научное сообщество, так как представил собой усеченную и наскоро сделанную компиляцию... справочника Ю. В. Альберта, изданного четверть века назад. В новых условиях эксперты рекомендуют отказаться от использования этого ГОСТа (см. выше п. 1), что можно было бы сделать, если бы рекомендации [3] охватили бы все варианты ссылок, рассмотренные в справочнике Ю. В. Альберта или, по крайней мере, госта 7.0.5. Реально же в [3] охвачены только основные виды публикаций (монографии, статьи, материалы конференций, неопубликованные документы и Интернет-ресурсы). Не рассмотренными оказались следующие виды публикаций: стандарты и другие нормативные документы, патентные документы, отчеты о НИР и ОКР, архивные материалы, газетные публикации и др.

Таким образом, в настоящее время установилось «двоевластие»: ссылки по ГОСТу и ссылки «по Кирилловой» (а еще точнее «троевластие», но об этом несколько позже).

Отдельно следует остановиться на необходимости транслитерации (см. п. 4), которая на первый взгляд может показаться занятием, требующим дополнительных временных затрат на подготовку транслитерированной записи и освоение правил транслитерации. На самом деле все это не так, поскольку существуют предназначенные для этого онлайн ресурсы, при использовании которых процесс транслитерации происходит за секунды. Разумеется, транслитерированный текст требует некоторой корректировки (в особенности это касается транслитерации фамилий и инициалов, поскольку неоднозначность при этом усложняет процесс индексации). Рекомендуемый Кирилловой ресурс <http://www.translit.ru> имеет опции транслитерации с русского, украинского, белорусского, иврита, армянского, грузинского, греческого, казахского и литовского языков, а также опции, устанавливающие варианты транслитерации (ГОСТ 16876—71, СЭВ 1362—78, ГОСТ 7.79—2000 и др.).

Процессу перехода на ссылочный аппарат, позволяющий повысить научный рейтинг страны, региона, университета, отдельного исследователя, журнала, конференции альтернативы нет.

Один из первых шагов к такому переходу предпринят Оргкомитетом международной конференции КрыМиКо. В таблицах представлены два варианта представления ссылок «по Кирилловой», по которым, начиная с текущего года, принимаются заявки на участие в конференции. Это, как отмечалось выше, ссылки на монографии, статьи, материалы конференций, неопубликованные документы и Интернет-ресурсы. Остальные ссылки на КрыМиКо оформляются пока по ГОСТу Р 7.0.5—2008.

Таблицы требуют некоторых пояснений.

В первой из них представлены образцы ссылок на материалы, которые не снабжены переводом названия и реферата на английский. В этих ссылках выполняется транслитерация фамилий и инициалов авторов, названия публикации с языка оригинала и перевод названия публикации на английский.

Во второй таблице представлены образцы англоязычных ссылок, в том числе на материалы, опубликованные не на английском языке, но которые снабжены переводом названия и реферата на английский язык. Вполне очевидно, что здесь в транслитерации нет необходимости.

Другие особенности представления ссылок «по Кирилловой».

Ни в одном из зарубежных стандартов на библиографические записи не используются разделительные знаки, применяемые в российском ГОСТе («//» и «—»). Название источника и выходные данные отделяются от авторов и заглавия статьи типом шрифта, чаще всего курсивом (*italic*), точкой или запятой.

...название источника, независимо от того, журнал это, монография, сборник статей или название конференции, выделяется курсивом. Дополнительная информация — перевод на английский язык названия источника приводится в квадратных или круглых скобках шрифтом, используемым для всех остальных составляющих описания.

Итак:

— Альтернативы процессу перехода на ссылочный аппарат, позволяющий повысить научный рейтинг страны, региона, университета, отдельного исследователя, журнала, конференции — нет.

— На переходном этапе требования к оформлению всего спектра ссылок не сформированы, поэтому целесообразно использование трех вариантов представления пристатейных библиографических списков:

1. На материалы, которые опубликованы не на английском и НЕ СНАБЖЕНЫ переводом названия и реферата на английский (см. табл. 1);
2. На материалы, опубликованные на любом языке, которые СНАБЖЕНЫ переводом названия и реферата на английский язык (см. табл. 2);
3. На материалы на языке оригинала (стандарты и другие нормативные документы, патентные документы, отчеты о НИР и ОКР, архивные материалы, газетные публикации и др.) — по ГОСТу Р 7.0.5—2008.

Литература

1. *Ильченко М. Е., Ермолов П. П.* Сетевое представление результатов научных исследований: наукометрические и методологические аспекты // Наука та наукознавство. 2011. № 4. С. 76—86.

2. *Ильченко М. Ю.* Світові виміри наукових публікацій // Київський політехнік, 10 січня 2013 р.

3. *Кириллова О. В.* Подготовка российских журналов для зарубежной аналитической базы данных Scopus : рекомендации и комментарии. Режим доступа: <http://www.elsevierscience.ru/files/add-journal-to-scopus.pdf> (29.12.2012).

4. *Альберт Ю. В.* Библиографическая ссылка: справочник. Киев : Наук. думка, 1983. 248 с.

Таблица 1.

Образцы ссылок на материалы, которые опубликованы не на английском и НЕ СНАБЖЕНЫ переводом названия и реферата на английский

Ссылка	Примечание
[1] Batura M.P., Kurayev A.A., Sinitsyn A.R. <i>Neregulyarnye elektrodinamicheskie struktury. Teoriya i metody rascheta</i> [Nonregular electrodynamic structures. The theory and calculation methods]. Minsk, Bestprint, 2011. 250 p.	Книга
[2] Lyubchenko V.Ye., Makeyeva G.S., Nefyodov Ye.I. Aktivnye ustroistva SVCh-diapazona s raspredelemnymi parametrami (obzor) [Active microwave devices with distributed parameters (review)]. <i>Radiotekhnika i elektronika</i> , 1982, vol. 27. No 9, pp. 1665-1682.	Статья
[3] Bratchikov A.N., Yermolov P.P. Kratkaya istoriya Krymskoi mikrovolnovoi konferentsii [Brief history of Crimean microwave conference]. <i>66-ya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya, posvyashchennaya Dnyu radio</i> , Saint-Petersburg, 2011, pp. 415-416.	Доклад на конференции
[4] Leontyev V.V. Metody teoreticheskoi i eksperimental'noi otsenki kharakteristik radiolokatsionnogo rasseyaniya morskikh obyektoy: diss. ... d-ra tekhn. nauk [Methods of theoretical and experimental evaluation of the characteristics of the radar scattering of marine facilities: doctoral dissertation]. Saint-Petersburg, 2000. 326 p.	Докторская диссертация
[5] Bukuyeva R.Ya. <i>Razvitie radioelektronnykh metodov issledovaniya elementov priborov magnetronnogo tipa korotkovolnovoi chasti SVCh-diapazona i realizatsiya ikh v spetsial'nom oborudovanii: dis. ... kand. tekhn. nauk</i> [Development of electronic research methods elements of devices magnetron short-wave part of the microwave band and their realization in the special equipment: candidate's dissertation]. Moscow, 1981. 175 p.	Кандидатская диссертация
[6] Vasilevsky K.V. <i>Karbidkremnievyi lavinno-proletnyi diod: avtoreferat diss. ... kand. fiz.-mat. nauk</i> [Silicon carbide IMPATT diode: candidate's dissertation abstract]. Saint-Petersburg, 2002. 20 p.	Автореферат диссертации
[7] Zagorul'ko Yu.A., Andreyeva O.A., Tsirkin B.G., Borovikova O.I., Zagorul'ko G.B., Sidorova Ye.A., Bulgakov S.V. <i>Programmnyaya obolochka dlya postroeniya portalov znaniy, osnovannykh na ontologiyakh. Sv-vo Rospatenta No 2011618756</i>	Неопубликованный документ

(9.11.2011) [Program shell to construct of knowledge portal based on ontologies. Rospatent Certificate No 2011618756 (09.11.2011)].

- [8] *Istoriya universiteta* [History of BSUIR]. Available Ссылка на
at: [http://www.bsuir.by/online/show-
page.jsp?PageID=76027&resID=100229&lang=ru&menuItemID=1014](http://www.bsuir.by/online/show-page.jsp?PageID=76027&resID=100229&lang=ru&menuItemID=1014) Интернет-ресурс
80 (accessed 31 December 2012).

Таблица 2.

Образцы ссылок на материалы, опубликованные на любом языке, которые СНАБЖЕНЫ переводом названия и реферата на английский язык

Ссылка	Примечание
[1] Bhartia P., Bahl I., Garg R., Ittipiboon A. <i>Microstrip antenna design handbook</i> . Norwood, Artech House, 2001. 878 p.	Книга
[2] Kyoung-Joon Cho, Wan-Jong Kim, Jong-Heon Kim, Shawn P. Stapleton. Linearity optimization of a high power Doherty amplifier based on post-distortion compensation. <i>Microwave and wireless components letters</i> , 2005, No 11, pp. 748-750.	Статья
[3] Yanenko O.P. <i>High-sensitivity modulation structures of radiometric EHF-frequency range equipment</i> . Manuscript. Vinnytsya, 2003. 35 p.	Автореферат диссертации
[4] Pestrikov V.M. Cathode switch - the first amplifier tube. <i>2012 22nd Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo '2012)</i> . Sevastopol, 2012, pp. 32-34.	Доклад, снабженный переводом названия и аннотации на английский
[5] Dzyuba V.P., Dorichenko A.D., Yeryomka V.D., Zykov A.F., Milinyevskiy L.P., Mytsenko I.M., Prokopenko O.I., Roenko A.N., Roskoshnyi D. V. On the potentilities of detecting small-size sea surface objects using a marine radar "BUREVISNYK-3". <i>2012 22nd Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo '2012)</i> . Sevastopol, 2012, pp. 1063-1066.	Доклад на английском

ДОСТУП К СЕТИ ИНТЕРНЕТ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ 3G

Безгин А.А., Савочкин А.А., Слободенюк А.А.

Севастопольский национальный технический университет, bezya3232@mail.ru

Access to the Internet for railway passenger transport with using a 3G network

The possibility of access to the Internet in railway coaches with use of networks of 3G is considered. The structural scheme of the solution is designed.

В отличие от большинства развитых стран в Украине в настоящее время не реализован доступ в Интернет из пригородных электропоездов и поездов дальнего следования. Попытки реализации таких систем уже были, однако они так и не были выполнены в полной мере [1].

В работе предлагается обеспечить доступ к ресурсам Интернет с помощью существующих на территории Украины мобильных сетей 3G, что позволит отказаться от дорогостоящей идеи создания новых сетей или обеспечения доступа к Интернет с помощью спутниковых систем.

Главная сложность реализации проектов подобного направления — в обеспечении бесперебойного перехода с сетей 2G на 3G во время движения.

Доступ к сети Интернет с помощью мобильных сетей 3G, в сравнении с VSAT системами, имеет значительно более низкую стоимость реализации, а также лучшие показатели скорости (до 14,7 Мбит/с) [2], что делает его использование более целесообразным.

Для увеличения скорости доступа к сети Интернет было принято решение развернуть систему 3G модемов для каждого вагона в отдельности, что также позволит не учитывать связь вагонов между собой. Таким образом, максимально возможная скорость доступа для одного абонента (исходя из условия размещения в одном вагоне 9 абонентов), составит 1,63 Мбит/с, что является неплохим показателем для современных мобильных систем.

Чтобы обеспечить конечного пользователя (абонента) удобным доступом к сети интернет, в вагоне разворачивается Wi-Fi сеть. Большинство современных пользовательских устройств (ноутбуки, нетбуки, планшеты, коммуникаторы, и т.д.) имеют встроенный Wi-Fi модуль, поэтому дополнительное оборудование абоненту не понадобится. Существуют модели Wi-Fi маршрутизаторов, которые имеют несколько USB портов, что позволяет подключать к ним дополнительные 3G модемы напрямую. Было решено использовать два модема, настроенных на подключение к различным 3G операторам. Данное решение позволит значительно улучшить качество и надёжность связи. Также в некоторых 3G модемах присутствуют разъёмы для подключения внешних антенн, поэтому подключая к каждому из двух модемов по антенне, вынесенной на крышу вагона, можно значительно увеличить уровень принимаемого сигнала. На рис. 1 изображено схематическое представление связи базовых станций и 3G модемов доступа к сети Интернет с помощью существующих на территории Украины сетей 3G.

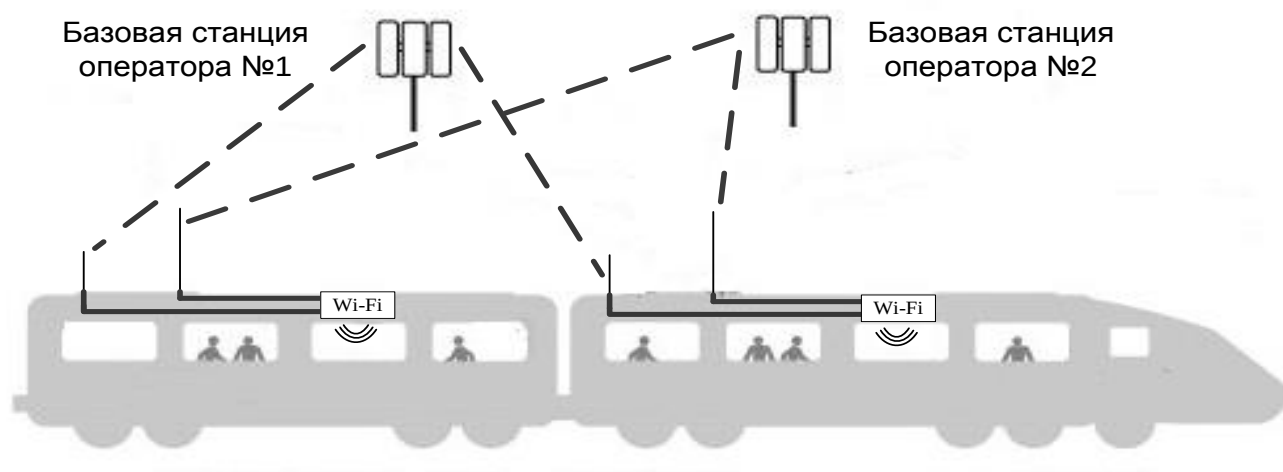


Рис. 1 — Схематическое представление связи базовых станций и 3G модемов

Таким образом, для реализации решения в каждом вагоне должно быть установлено следующее оборудование:

- Wi-Fi маршрутизатор;
- 3G модемы;
- внешние антенны для 3G модемов.

На рис. 2 изображена структурная схема системы обеспечения доступа к Интернет с помощью существующих на территории Украины сетей 3G.

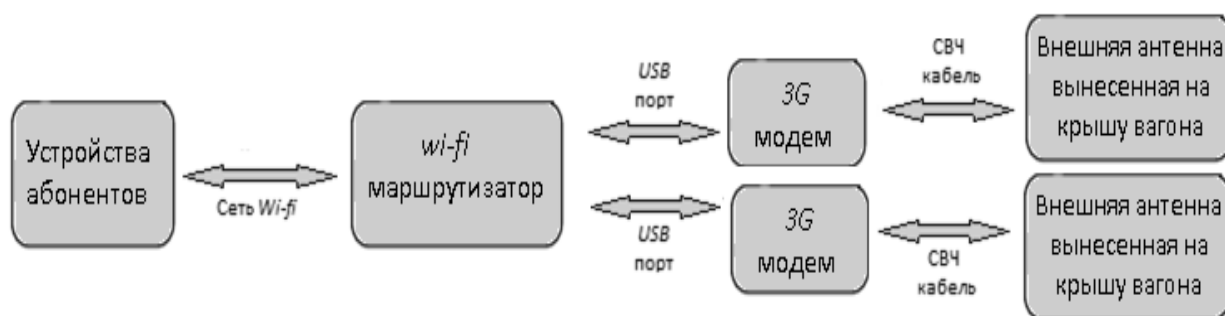


Рис. 2 — Структурная схема системы обеспечения доступа к Интернет

Средняя скорость передачи информации по сетям 3G при использовании стандарта *CDMA2000 1x EV-DO Rev. A* составляет около 3 Мбит/с. Предположим, что Интернет доступ в вагоне будут использовать один пассажир в каждом купе. В вагоне типа 61-4440 [3] девять купе. Тогда при одновременном доступе к услугам Интернет на одного человека будет приходиться скорость получения информации около 333 кБит/с, что достаточно для просмотра Интернет ресурсов и работы с почтой.

Для 100% покрытия каждого вагона железнодорожного состава *Wi-Fi*, принято решения снабдить каждый вагон маршрутизатором. Сам маршрутизатор может находиться посередине вагона за внутренней обшивкой, (это оптимально для минимизации длины ВЧ проводов в вагоне), три его антенны должны быть равномерно разнесены по вагону: две по краям и одна в центре. Такое размещение позволяет подключаться пользователям к маршрутизатору из любой точки вагона. Кроме того, рекомендуемая схема размещения

позволит уменьшить затухание в ВЧ кабеле и увеличить уровень сигнала. Схема расположения маршрутизатора и антенн Wi-Fi в вагоне поезда показана на рис. 3.

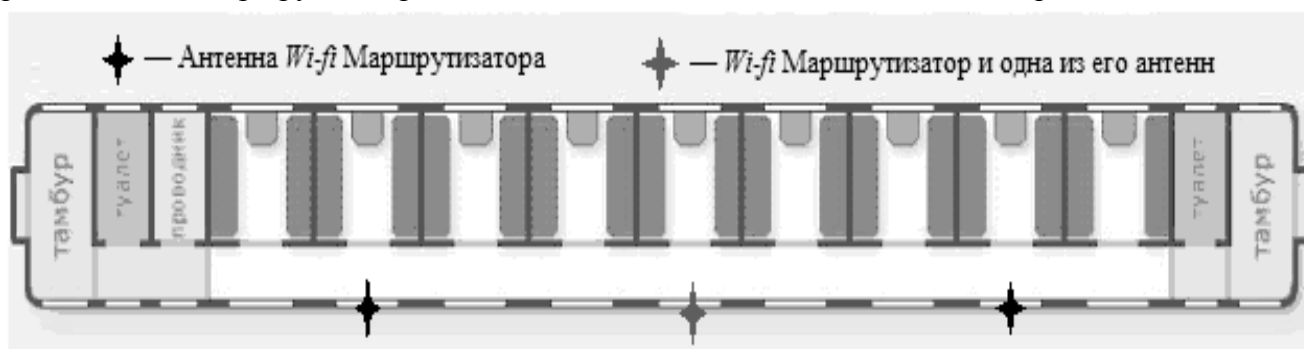


Рис. 3 — Схема расположения маршрутизатора и антенн в вагоне

Данная реализация позволяет сделать вагоны независимыми и не связанными друг с другом, что очень удобно при формировании железнодорожных составов, поскольку не требуется дополнительных междвагонных сетевых коммуникаций.

Таким образом, разработана структурная схема системы предоставления доступа к сети Интернет с помощью существующих на территории Украины сетей 3G. С целью повышения надежности канала связи в составе структуры предусмотрено резервирование канала связи по сети 3G.

Литература

1. В украинских поездах планируется внедрить доступ в Интернет [Электронный ресурс] / «ИТР.ua». — http://itc.ua/news/v_ukrainskih_poezdah_planiruetsya_vnedrit_dostup_v_internet_cherez_wimax_54855. — 15.01.2013.
2. Интертелеком [Электронный ресурс] / ООО «Интертелеком». — <http://www.intertelecom.ua>. — 05.08.2012.
3. Модель 61-4440: вагон пассажирский купейный [Электронный ресурс] / ОАО «ТВЗ». — <http://tvz.ru/?action=61&n=1&model=61-4440/>. — 15.12.2012.

ДОСТУП К СЕТИ ИНТЕРНЕТ В ТРОЛЛЕЙБУСАХ СЕВАСТОПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ 3G

Безгин А.А., Савочкин А.А., Раифов Л.Э.

Севастопольский национальный технический университет, bezya3232@mail.ru

Internet access in the trolleybuses for the city of Sevastopol by using mobile 3G networks

The work presents development of the structural scheme and the choice of equipment to provide access to the Internet in the trolleybuses for the city of Sevastopol. Designed internal block diagram of a payment terminal for city transport.

В большинстве крупных городов пассажирам общественного транспорта предлагается услуга доступа к сети Интернет посредством оборудования, которое установлено в самом транспорте. В данной работе предлагается решение доступа к сети Интернет в троллейбусах города Севастополя.

Доступ к сети Интернет организовывается с помощью мобильных операторов Украины. Чтобы обеспечить конечного пользователя удобным доступом к сети Интернет, в троллейбусе разворачивается Wi-Fi сеть.

Известно, что мобильный оператор Интертелеком использует стандарт связи CDMA2000 1x EV-DO Rev. A с максимальной скоростью доступа 3,1 Мбит/с и CDMA2000 1x EV-DO Rev. B [1] с максимальной скоростью доступа 14,7 Мбит/с. На рис. 1 изображена карта покрытия сети данного оператора, на которой показано, что в городе Севастополе обеспечивается работа двух видов стандарта 3G.



покрытие EVDO Rev. A;
 покрытие EVDO Rev. B

Рис.1 — Карта покрытия мобильного оператора «Интертелеком»

В качестве дополнительных сервисных услуг возможна установка терминала для оплаты услуг мобильных операторов. Установка терминала повысит время окупаемости проекта.

Для реализации решения доступа к сети Интернет в троллейбусе должно быть установлено следующее оборудование:

- Wi-Fi маршрутизатор;
- 3G модем;
- терминал оплаты.

На рис. 2 изображена структурная схема решения предоставления доступа у сети Интернет с помощью оператора 3G сети.

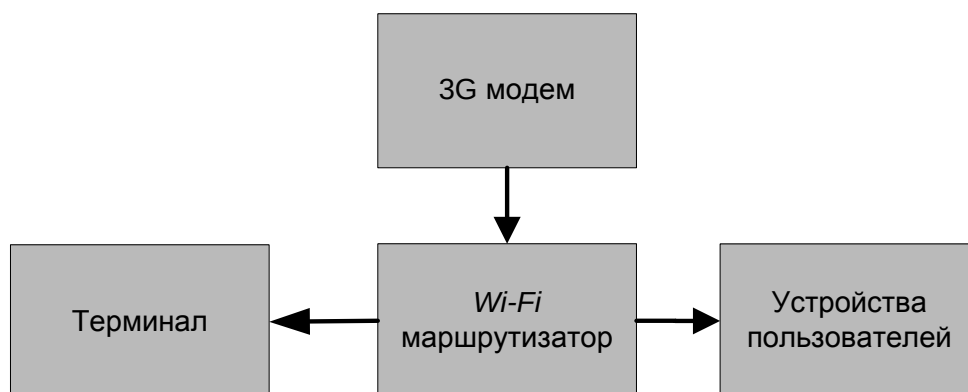


Рис. 2 — Структурная схема

Проведем подбор оборудования. В качестве *Wi-Fi* маршрутизатора может быть использован *ASUS RT-N56U* [2]. В качестве 3G модема выбрано устройство *Huawei EC306* [3].

В виду большой стоимости терминалов оплаты, имеет место создание встроенного в корпус терминала.

Терминал оплаты состоит из:

- одноплатный компьютер;
- устройство отображения и ввода информации;
- устройство приема денег;
- модуль *Wi-Fi*;
- принтер для печати чеков.

На рис. 3 изображена структурная схема терминала.

В качестве компьютера предложен *Raspberry Pi* [4] — это миниатюрный компьютер малой стоимости. Он основан на процессоре с архитектурой *ARM 11*, частотой в 700 МГц. Это позволяет достичь приемлемой производительности при низком энергопотреблении. Устройство отображения и ввода информации встраивается в стенку троллейбуса, ниже закрепляется устройство приема денег и принтер. Модуль *Wi-Fi* крепится непосредственно на одноплатный компьютер. На рис. 4 изображен внешний вид *Raspberry Pi* в варианте без подключенных к нему модулей.



Рис. 3 — Структурная схема терминала оплаты

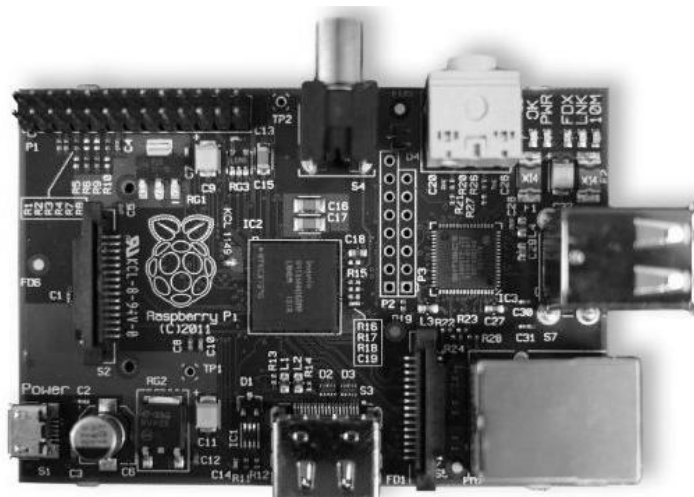


Рис. 4 — Внешний вид *Raspberry Pi*

Таким образом, разработана структурная схема системы предоставления доступа к сети Интернет с помощью оператора сети 3G и структурная схема встроенного платежного терминала для общественного транспорта города Севастополя. Выбрано сетевое оборудование для получения доступа к сети 3G и предоставления услуг Интернет пассажирам троллейбуса по *Wi-Fi* каналу связи. Предложенное решение может найти применение и других городах Украины.

Литература

1. Интертелеком [Электронный ресурс] / ООО «Интертелеком». — <http://www.intertelecom.ua>. — 05.02.2013.
2. RT-N56U: Маршрутизатор с поддержкой Wi-Fi 802.11n и Gigabit Ethernet [Электронный ресурс] / ASUSTeK Computer Inc. — http://www.asus.ua/Networks/Wireless_Routers/RTN56U/. — 05.02.2013.
3. Huawei EC 306: 3G модем [Электронный ресурс] / ООО «Интертелеком». — <http://www.intertelecom.ua/ru/oborudovanie/modems/huawei/Huawei-EC306>. — 05.02.2013.
4. Описание Raspberry Pi [Электронный ресурс] / RaspberryPi.su. — <http://raspberrypi.su/description.html>. — 25.02.2013.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕТИ MPLS

В. Б. Маньковский, А. И. Романов

Национальный технический университет Украины “КПИ”

Model MPLS network

A service model of traffic in multiprotocol label switching networks has been proposed and investigated. The study the service model, networks MPLS, requires a formal description of processes occurring in them, development of mathematical models, reflecting the main properties of the investigated object and allow calculate the values in the required operating mode. In the developed model of functioning MPLS network in the form of a multi-phase, multi-channel, the open-loop system. Proposed analytical expressions describe the process of mutual influence when servicing requests various directions of communication. For determine parameters of quality of service and bandwidth channels MPLS network, necessary compare them with the values of normed and assess the compliance of the specified standards.

Целью работы является представление сети MPLS в виде математической модели, отражающей основные особенности ее функционирования в процессе обслуживания нагрузки. При этом, основными задачами формализованного описания функционирования сети, является получение инструмента, позволяющего практически решать задачи определения показателей пропускной способности и качества обслуживания в сети.

Сеть MPLS на первом этапе формализации целесообразно представлять в виде графа $G(N,M)$, где N – узлы или коммутационные центры, а M – ветви сети или пучки каналов, которые их соединяют.

При математическом описании телекоммуникационной сети необходимо иметь возможность анализа совокупности ветвей в каждом пути передачи информации $\mu_{g_{ij}}^v(i, j \in \overline{1, N})$ и совокупности путей в каждом направлении связи $g_{ij}(i, j \in \overline{1, N})$.

Методы решения задач оценки пропускной способности должны учитывать следующие факторы:

1. Реальные условия эксплуатации сетей, когда на ее элементы воздействуют и должны учитываться при анализе $(N-1)$ потоков различных направлений связи, т.е. все потоки, которые функционируют в сети.

2. Потоки заявок, которые поступают на обслуживание в телекоммуникационную сеть, имеют случай характер. Эта нерегулярность потоков заявок требует описания процесса обслуживания с использованием математического аппарата теории вероятности.

3. Независимо от типа результирующего потока, решение должно быть приведено к виду, позволяющему получить численные значения требуемых показателей.

4. Математическая модель оценки пропускной способности должна учитывать показатель качества обслуживания нагрузки.

Построение математической модели в сети MPLS проведем на основе анализа процесса функционирования двенадцати узловой сети, структура которой представлена на рис. 1.

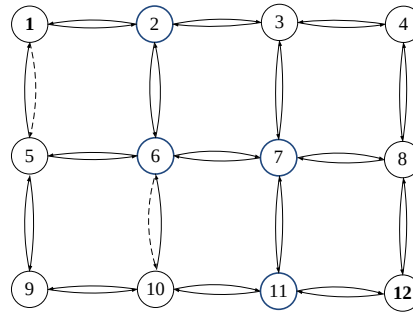


Рис. 1 Структура сети MPLS

Исследования показывают, что определение требуемых показателей функционирования телекоммуникационных сетей следует начинать с направлений связи, имеющих наиболее жесткие требования. Как правило, это направления связи, у которых максимальное число транзитов в кратчайшем пути передачи информации, минимальное число обходных путей и высокие требования по качеству обслуживания поступающих заявок.

Пусть это будет направление связи между КЦ 1 и КЦ 12. Ветви данного направления связи представим ее в виде совокупности систем массового обслуживания. Тогда, при использовании СМО вида $M/M/V/0$, модель сети будет иметь вид, представленный на рис. 2.

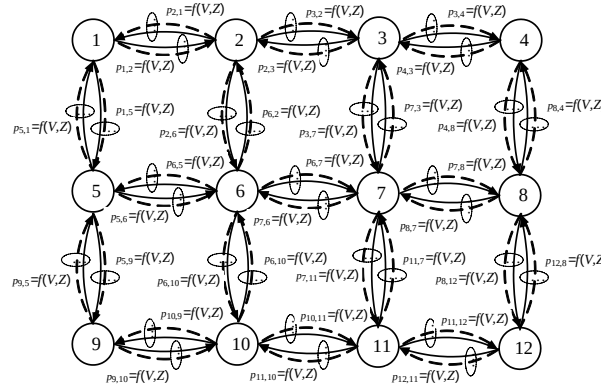


Рис. 2 Модель сети MPLS

Рассмотрим поведение данной модели в условиях, отражающих реальные условия эксплуатации телекоммуникационных сетей.

Если нагрузка создается бесконечным числом источников заявок, то есть потоки в сети простейшие и сеть рассчитывается на наихудший случай, то зависимость $p = f(V, Z)$ будет иметь следующий вид:

$$p = \frac{\frac{Z^V}{V!}}{\sum_{i=0}^V \frac{Z^i}{i!}} \quad (1)$$

Для каждого направления связи может быть составлено расчетное выражение определения показателя качества обслуживания. Если в направлении только один путь передачи информации, то вероятность потерь P_{ij} в таком направлении связи может быть определена следующим образом:

$$P_{ij} = \prod_{n=1}^k (1-p_n)^{1-\frac{Z_n V_n}{V_n!} \frac{i}{\sum_{i=0}^n \frac{Z_n}{i_n!}}} \quad (2)$$

где k – число ветвей в пути передачи информации;

Z_n – нагрузка, поступающая на обслуживание на n -ю ветвь в пути передачи информации;

V_n – число каналов в n -ой ветви пути передачи информации.

Если в направлении связи имеется χ независимых путей, то показатель качества обслуживания P_{ij} равен:

$$P_{ij} = \prod_{l=1}^j \left[1 - \frac{k}{\prod_{n=1}^V \left(1 - \frac{Z_n^V}{V_n!} \right)} \right] \quad (3)$$

Направления связи состоят из совокупности путей передачи информации, каждый из которых включает в свой состав от одной до k ветвей. Качество обслуживания в направлениях связи нормируется, как правило, от абонента до абонента. Поэтому при анализе и синтезе телекоммуникационных сетей необходимо решать задачу пересчета значений нормы потерь в направлениях связи на величину допустимых потерь на каждую ветвь. Поскольку каждая ветвь телекоммуникационной сети может участвовать в обслуживании заявок в ряде направлений связи, то требования к качеству обслуживания в сети можно описать следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{ij} = \prod_{s=1}^{k_{ij}} [1 - \prod_{l=1}^{t-1} (1 - p_{sl})], \quad i, \quad j = \overline{1, N}; \quad i \neq j; \\ P_{gd} = \prod_{r=1}^{k_{gd}} [1 - \prod_{f=1}^{t-1} (1 - p_{rf})], \quad g, \quad d = \overline{1, N}; \quad g \neq d; \\ \dots\dots\dots; \\ P_{hy} = \prod_{w=1}^{k_{hy}} [1 - \prod_{z=1}^{t-1} (1 - p_{wz})], \quad h, \quad y = \overline{1, N}; \quad h \neq y; \end{array} \right. \quad (4)$$

где P_{ij} , $P_{gn} \dots P_{ny}$ – требования к допустимым значениям нормированных значений потерь в направлениях связи;

p_{sl} , p_{rf} , ... p_{wz} – допустимые значения вероятности потерь на ветвях телекоммуникационной сети, обеспечивающие заданные требования к качеству обслуживания в направлениях связи.

Таким образом, решив (4) мы определим требования к качеству обслуживания на каждой ветви, а следовательно можем рассчитать показатели качества обслуживания и пропускной способности в каждом направлении связи.

РАССЕЯНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ РЕЖЕКТОРНЫМИ ФИЛЬТРАМИ НА ОСНОВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МИКРОРЕЗОНАТОРОВ

Трубин А.А.

НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ», atrubin@ukrpost.net

Scattering of Optical Pulses on the Band-stop Filters on Dielectric Micro-resonators

Most widespread optical pulse envelopes depending on duration, frequency and modulation at their scattering on the Dielectric Micro-resonator band-stop filters were studied. The requirements have been formulated for both the pulse parameters, filters and sources of fiber-optic communication systems.

Известно, что распространение импульсов в системах волоконно-оптической связи сопровождается заметным изменением их формы [1]. Режекторные фильтры, выполненные с применением оптических микрорезонаторов, хорошо сопрягаются с оптическими линиями передачи; характеризуются небольшими размерами, а также незначительными диссипативными потерями электромагнитной энергии [2], однако, на сегодняшний день, их влияние на форму импульсов не исследовалось. Причиной этого является весьма значительные трудности решения уравнений Максвелла во временной области, возникающие при рассмотрении задач рассеяния на структурах сложной

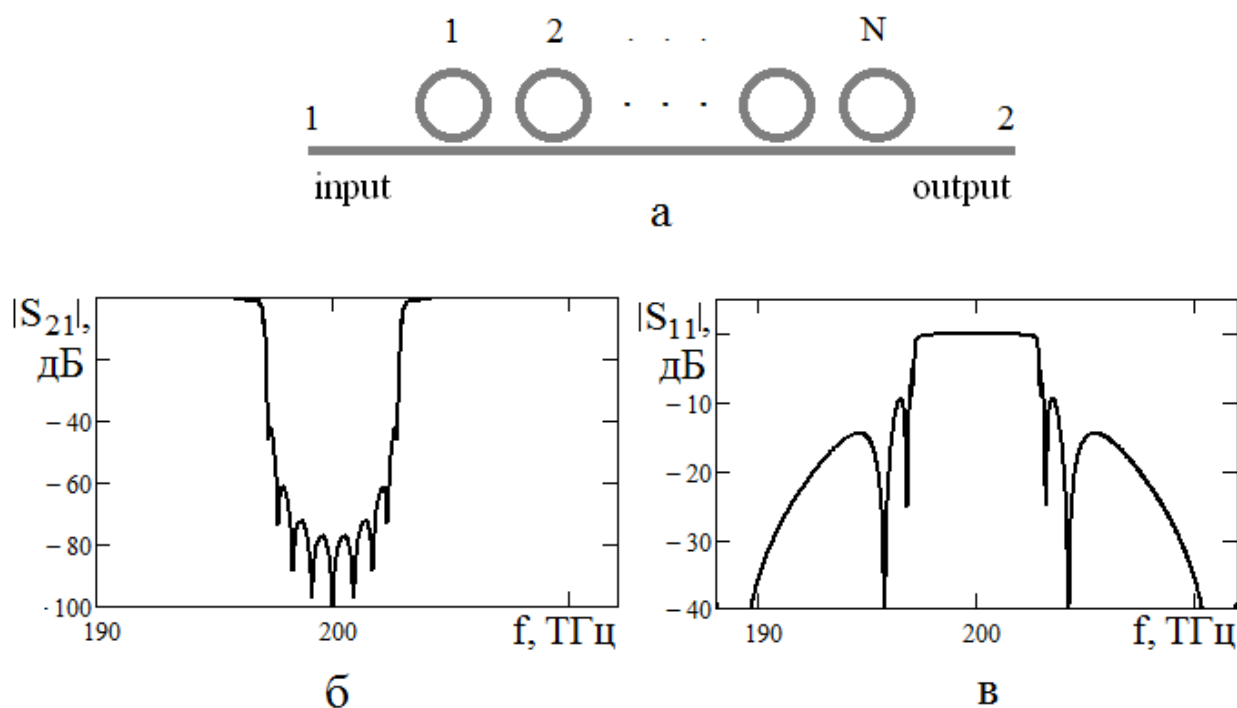


Рис. 1 Частотные зависимости модулей коэффициента передачи (б) и коэффициента отражения (в) режекторного фильтра, выполненного на 15 кольцевых микрорезонаторах с волнами шепчущей галереи (а).

формы, характеризующихся большим количеством граничных условий. Приближенное решение таких задач может быть получено путем физически обоснованного моделирования [3 – 4].

Целью настоящего сообщения является исследование влияния режекторного фильтра, на форму огибающих рассеянных наиболее распространенных видов оптических импульсов, применяемых в современных системах волоконно-оптической связи.

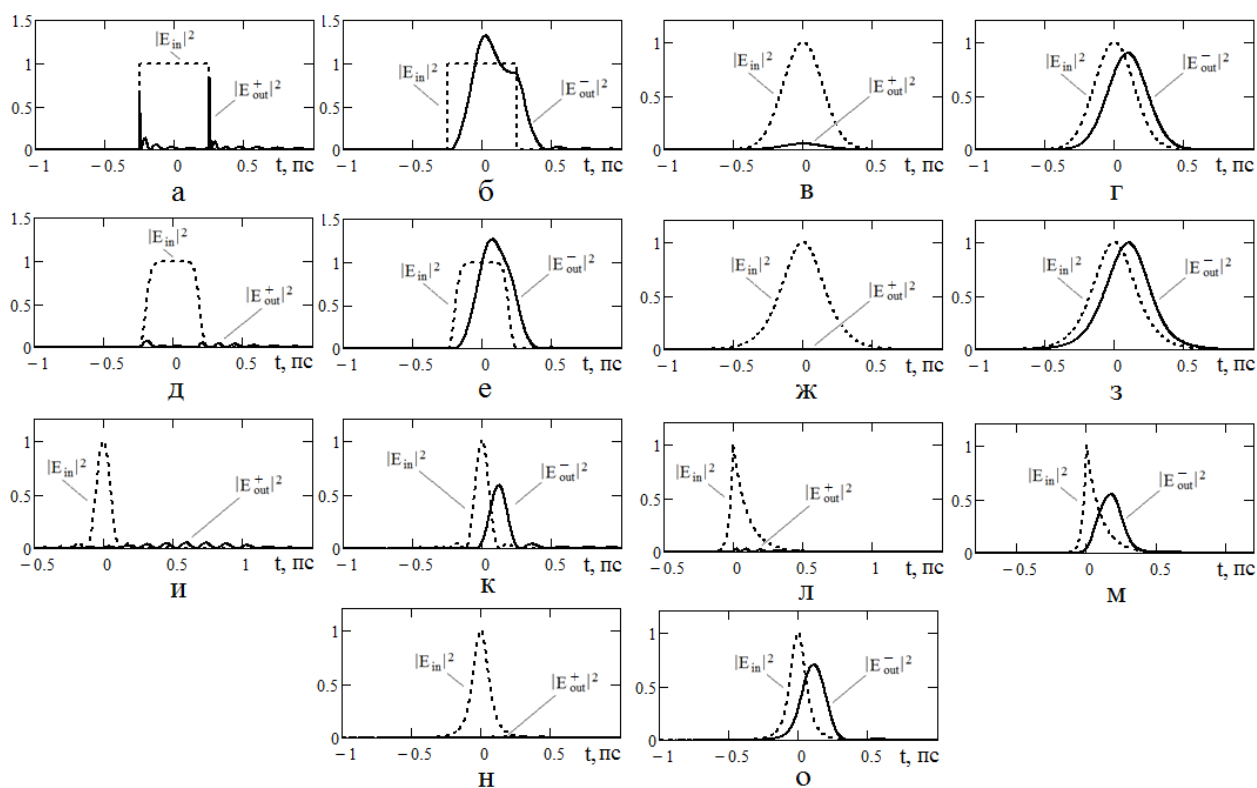


Рис. 2 Огибающие наиболее распространенных оптических импульсов, рассеиваемых режекторным фильтром, характеристики которого приведены на рис. 1: а, б – для падающего прямоугольного импульса длительностью 0,5 пс; в, г - гауссовского импульса ($\sigma=0,2$; $C=0,5$); д, е - супергауссовского импульса ($\sigma=0,2$; $m=4$); ж, з - солитоноподобного импульса ($\sigma=0,2$); и, к - ультракороткого sinc - импульса ($\sigma=2$; $N_i=50$); л, м - экспоненциального ($\sigma_1=0,05$; $\sigma_2=0,2$); н, о - лоренцевского импульса ($\sigma=0,1$).

Предположим, что на вход режекторного фильтра, выполненного в общем случае на основе N кольцевых микрорезонаторов с колебаниями шепчущей галереи (рис. 1, а), по волоконно-оптической линии падает импульс с огибающей электрического поля $E_{in}(t)$. При этом в выходной линии регистрируется прошедший импульс с огибающей $E_{out}^+(t)$, а во входной линии, отраженный импульс с огибающей $E_{out}^-(t)$. Необходимо изучить форму огибающей прошедшего и отраженного импульсов в зависимости от формы входного импульса при известных характеристиках режекторного фильтра.

Для решения поставленной задачи на первом этапе вычислялись частотные характеристики S -матрицы режекторного фильтра инфракрасного диапазона длин волн; после чего рассчитывались временные функции Грина, с помощью которых находились аналитические выражения для огибающих рассеянных импульсов. Полученные соотношения использовались для исследования влияния основных параметров структуры на рассеиваемые импульсы разных видов (рис. 2). На последнем этапе обосновались и формулировались требования, предъявляемые к оптическим импульсам и фильтрам.

Рассмотрено взаимное влияние последовательности импульсов при их рассеянии, а также возможность сжатия импульсов.

Проведенные исследования позволили сформулировать ряд требований, предъявляемых к оптическим импульсам, фильтрам и источникам сигналов, применяемым в системах связи. Показано, что для внесения минимальных искажений при рассеянии оптических импульсов на режекторных фильтрах необходимо выполнение следующих условий:

1. Ширина полосы отражения фильтра должна как минимум в 5 – 10 раз превышать обратную величину минимальной длительности обрабатываемых оптических импульсов $\delta t_{\min}$.

2. Временной интервал между соседними импульсами не может быть меньшим двух значений минимально допустимой длительности импульсов $\delta t_{\min}$. Конкретное оптимальное значение этого параметра определяется параметрами применяемого режекторного фильтра.

3. Частотная модуляция импульсов вызывает уменьшение амплитуды обрабатываемых сигналов. Это явление следует учитывать при расчете энергетического баланса системы.

4. Величина относительной нестабильности несущей частоты оптического источника сигналов не должна превышать по крайней мере значений 0,01 %. Величина этого параметра определяется шириной полосы режекции.

5. Показано, что длительность импульсов с прямоугольной и супергауссовской огибающими можно уменьшить либо путем выбора "оптимальных" параметров режекторного фильтра, либо при помощи смещения частоты несущей.

Соблюдение перечисленных выше условий позволит обеспечить допустимый уровень вносимых искажений и, следовательно, необходимое качество передачи и приема оптических сигналов при использовании режекторных фильтров. В дальнейшем, найденные соотношения для формы огибающих импульсов могут быть использованы для оптимизации оптических канальных трактов с конкретными параметрами передачи.

Литература

1. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика. – М.: Мир, 1996. – 323 с.
2. Little B.E., Chu S.T., Haus H. A., Foresi J., Laine J. P. Microring Resonator Channel Dropping Filters // IEEE Journal of Lightwave Technology. – 1997. – №16 (6) – P. 998–1005.
3. Трубин А.А. Рассеяние электромагнитных волн на системах связанных диэлектрических резонаторов // Радиоэлектроника. – 1997. – №2. – С. 35–42.
4. Трубин А.А. Розсіювання мікрохвильових пакетів на системах зв'язаних діелектричних резонаторів // Наукові вісті Національного Технічного Університету України – 2006. – №2 (46). – С. 18–21.

Секція 1. Системи безпроводових телекомунікацій

УДК 621.391

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНОГО РЕСУРСА С ЦЕЛЮ ВНЕДРЕНИЯ СЕТЕЙ LTE

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

Севастопольский национальный технический университет, SyominSZ@yandex.ru

Redistribution Frequency Resources for Implementation of LTE Networks

The main parameters and characteristics of LTE networks are considered. Certain variants of LTE network constructions are defined.

Технология *Long-Term Evolution (LTE)* обеспечивает высокопроизводительный беспроводный интерфейс для мобильных систем коммуникации. Разработанный *Third Generation Partnership Project (3GPP)*, интерфейс *LTE* является развитием *Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)*. Технология *LTE* предоставляет возможности для увеличения скорости передачи, общей емкости системы, уменьшения задержек, улучшения спектральной эффективности и производительности сети [1].

Технология *LTE* основана на использовании *orthogonal frequency-division multiple access (OFDMA)*, что обеспечивает увеличение скорости передачи данных и высокую спектральной эффективность.

Сейчас при использовании систем *LTE* реализуется скорость загрузки до 100 Мбит/с и скорость отдачи 50 Мбит/с на каждые 20 МГц полосы частот. Для систем с несколькими антеннами (множественным доступом) заявлена поддержка скорости загрузки до 326,4 Мбит/с. В *LTE* используются методы доступа с частотным (*FDD*) и временным (*TDD*) разделением каналов.

LTE разработана для поддержки передачи голоса так же, как и данных. Поскольку *LTE* эволюционирует к *ALL-IP* сети, она может сосуществовать с традиционными мобильными системами, включая *3GPP HSPA*, *W-CDMA UMTS* и *GSM / GPRS / EDGE* [2]. При этом для *LTE* не нужны особенные антенны базовых станций — возможно использование панельных антенн с кросс-поляризацией, используемые в сетях второго и третьего поколений. В будущем пропускную способность сектора базовой станции можно увеличить, добавив еще по одной антенне.

С технической точки зрения, главное преимущество технологии — возможность объединения несущих, как из одного, так и из разных частотных диапазонов в единую полосу. Имея две несущие по 15 МГц каждая, можно получить единую полосу в 30 МГц, что позволит, как минимум удвоить максимальные скорости на абонентских устройствах и повысить качество сигнала за счет более эффективных механизмов управления радиоресурсом внутри одной широкой полосы.

При этом технология *LTE* разработана для использования на более чем для 30 различных диапазонов в промежутке от 600 МГц до 3,5 ГГц. Это позволяет без труда справиться с дефицитом частот в различных странах.

Практическая возможность развития *LTE* открывает для Украины возможность работы на частотах любого из отечественных мобильных операторов.

Правильный выбор диапазона частот для внедрения *LTE* — важная и сложная задача. В «нижних» диапазонах сложно найти полосу частот достаточной ширины. В «верхних» же диапазонах требуется большее количество БС. Возможно, что большинство сетей *LTE*, аналогично *GSM*, будут двухдиапазонные.

Хорошим вариантом внедрения *LTE* является объединение и совместная эксплуатация сетей нового поколения несколькими операторами. Возможно три архитектурных варианта построения совместной сети:

- радиоподсистема каждого оператора подключена к опорной сети того же оператора;
- перекрестное подключение радиоподсистем к опорным сетям по схеме «каждый с каждым»;
- операторы выделяют сегмент опорной сети в совместное владение и подключают к общей части свои индивидуальные опорные сети.

Кроме того, существует несколько сценариев построения совместных сетей, предусматривающих различную степень «коллективизации». Выделим наиболее приемлемые сценарии совместного использования сетей:

- совместное использование системы радиодоступа *eRAN (Multiple core networks sharing common radio access)*;
- сеть совместного использования с разделением по географическому принципу (*Geographically split networks sharing*);
- единая сеть совместного использования (*Common networks sharing*);
- сеть совместного использования с общим радиочастотным ресурсом (*Common spectrum networks sharing*);
- несколько сетей радиодоступа присоединены к общей опорной сети (*Multiple radio access networks shearing common core network*);
- виртуальные операторы связи *MVNO (Mobile Virtual Network Operators)*.

Применимо к Украине, можно определить четыре общих варианта построения сетей *LTE* операторами:

- рефарминг диапазона частот оператора;
- рефарминг и совместное использование частотного ресурса двух крупнейших операторов;
- рефарминг и совместное использование частотного ресурса трех и более операторов;
- рефарминг и использование частотного ресурса *CDMA* операторов.

При использовании своего частотного диапазона оператор может получить намного меньшую полосу частот для *LTE*, чем в случае совместного использования.

Возможно использование частотного ресурса на всех принадлежащих оператору диапазонах — частотах 900/1800 МГц. Но при этом важно оставить без изменений работу GSM-сети. Полученные фрагментированные части спектра с шириной 5...10 МГц не позволят обеспечить необходимую емкость сетей и раскрыть все технологические преимущества *LTE*.

В случае совместного использования рефарминг зависит уже не от технологических возможностей, а от организационно-политических — от позиции регулятора в отношении технологически нейтрального использования спектра.

Существенным недостатком сценария является нерациональное использование радиоресурса: базовые станции каждого оператора работают исключительно на выделенных этому оператору частотах. Этого ресурса может оказаться недостаточно для обслуживания всех абонентов партнеров с требуемым качеством.

При использовании частотного ресурса операторов важно сформировать непрерывный частотный участок для *LTE*. Сложность заключения договора и определения условий растет с увеличением количества участвующих операторов.

Однако основная проблема совместного использования частот для построения сети *LTE* заключается в несимметричности нагрузки сети разными операторами. В зависимости от деталей тарифных планов и количества абонентов нагрузка на сеть у операторов будет различной. Для получения гарантированной скорости необходимо разработать единую систему организационных мер и тарифов.

CDMA-частоты по мере высвобождения выдавались операторам в хаотическом порядке, и сетка частот имела вид отдельных диапазонов частот, что является препятствием для эффективного использования радиоресурса. Но регулятор пошел навстречу и на основании заявлений операторов была проведена процедура гармонизации [3]. Таким образом, при необходимости операторы мобильной связи при заключении договоров могут получить в дополнение к существующим диапазонам частот *GSM* ресурс в виде сплошных полос спектра на *CDMA*-частотах, так необходимый для внедрения перспективных технологий — в частности, *LTE*.

В настоящее время необходимо определить основные принципы внедрения технологии *LTE* в Украине. Очевидно, что внедрение может быть произведено различными методами, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

Литература

1. LTE Technology Overview [Электронный ресурс]/ Agilent Technologies. — <http://www.home.agilent.com/agilent/editorial.jsp?cc=UA&lc=eng&ckey=1803101&id=1803101>.
2. Long Term Evolution: LTE [Электронный ресурс] / ЛМ Эрикссон Интернейшнл АБ. — www.ericsson.com/ru/thecompany/press/mediakits/lte.
3. Подготовка к внедрению LTE в Украине набирает обороты/ Forbes Украина — <http://forbes.ua/opinions/1343438-podgotovka-k-vnedreniyu-lte-v-ukraine-nabiraet-oboroty> 15.12.2012

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АБОНЕНТСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ СЕТЕЙ *LTE*

Слободенюк А.А., Безгин А.А., Новосёлов Е.А., Раифов Л.Э., Сёмин С.В., Савочкин А.А.

Севастопольский национальный технический университет, alexandrslobodeniuk@gmail.com

Analysis characteristics user devices and select frequency band for the implementation *LTE* networks

The method of selection of the frequency range for *LTE* network deployment in Ukraine. Presented takes into account features of handsets and its compatibility problems.

Технология *LTE* получила широкое распространение в странах Европы, США и Японии. Поэтому для выбора частотного диапазона при внедрении *LTE* в Украине, нужно учитывать возможность работы в этом диапазоне существующего пользовательского оборудования: планшетов, смартфонов, ноутбуков и т.д.

Согласно данным аналитического агентства *Forward Concepts*, в 2012 году производителями было реализовано около 47 миллионов *LTE*-модемов. Из них 86% выполнены с использованием чипов компании *Qualcomm*. *Forward Concepts* утверждает, что *Qualcomm* останется лидером и в 2013 году[1].

На рисунке 1 представлена диаграмма долей рынка основных производителей чипов поддерживающих *LTE* технологию.

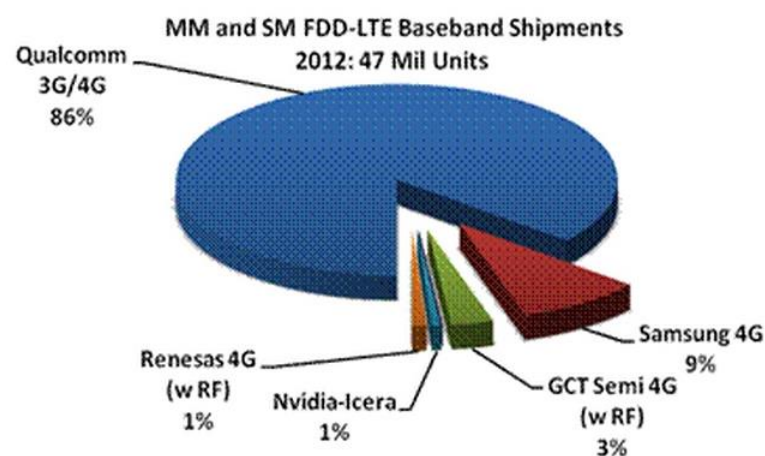


Рис. 1 — Основные производители *LTE* чипов

Самыми распространёнными абонентскими устройствами с поддержкой технологии *LTE* являются смартфоны, они занимают около 45 % рынка [1], планшеты — около 33%. По данным *Forward Concepts* количество смартфонов и планшетов увеличивается экспоненциально, вытесняя классические ноутбуки, нетбуки и смартбуки.

На рисунке 2 представлена диаграмма распространения различных абонентских устройств на рынке.

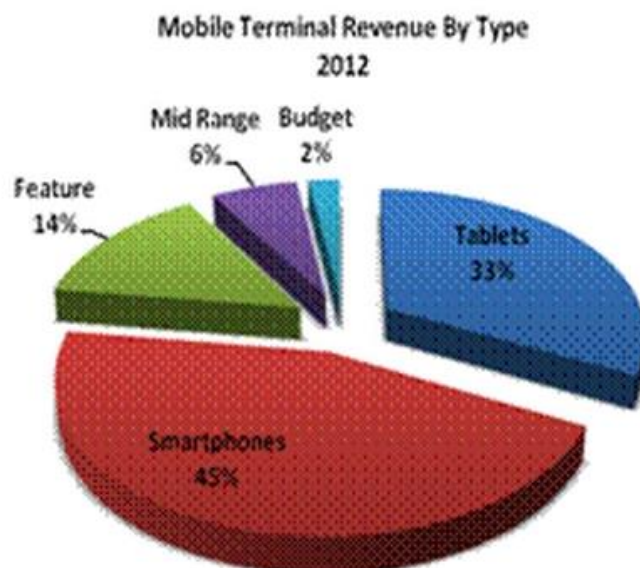


Рис. 2 — Диаграмма распространения абонентских устройств на рынке

LTE E-UTRA Band — частотный поддиапазон, определяющий полосы частот на приём, отдачу, а также тип используемого дуплексного режима (*FDD* или *TDD*) [2]. Выбор диапазона частот осуществляется выбором самого распространённого номера частотного поддиапазона, поддерживаемого конечными абонентскими устройствами.

В таблице 1 представлен список поддерживаемых частотных диапазонов распространёнными пользовательскими устройствами.

Таблица 1

Производитель	Устройства	Поддерживаемые частотные диапазоны (<i>E-UTRA Band</i>)
Apple	<i>Ipad 4 (A1459)</i>	<i>Bands 4, 17</i>
	<i>Ipad 4 (A1460)</i>	<i>Bands 1, 3, 5, 13, 25</i>
	<i>Iphone 5 (A1428)</i>	<i>Bands 4, 17</i>
	<i>Iphone 5 (A1429 CDMA)</i>	<i>Bands 1, 3, 5, 13, 25</i>
	<i>Iphone 5 (A1429 GSM)</i>	<i>Bands 1, 3, 5</i>
Samsung	<i>Galaxy S II LTE,</i>	<i>Bands 4, 20, 7</i>
	<i>Galaxy S III LTE,</i>	
	<i>Galaxy Note LTE,</i>	
	<i>Galaxy Note II LTE,</i>	
	<i>Galaxy Tab 8.9 LTE</i>	
Motorola	<i>Photon Q 4G LTE, RARZ HD, ATRIX HD, DROID 4, RARZ, RARZ M</i>	<i>Bands 4,17</i>

Производи- тель	Устройства	Поддерживаемые частотные диапазоны (E-UTRA Band)
<i>LG</i>	<i>LG Optimus LTE,</i> <i>LG Optimus G,</i>	<i>Bands 4,20,7</i>
<i>HTC</i>	<i>EVO 4G LTE, Droid Incredible 4G LTE</i>	<i>Bands 4,13,1</i>
<i>Huawei</i>	<i>Ascend p1 LTE</i>	<i>Bands 4, 17</i>

Как видно из данных табл. 1 самыми распространёнными частотными диапазонами являются *Bands 4, 17, и 20*. В табл. 2 приведены характеристики основных частотных диапазонов [3].

Таблица 2

Частотные диапазоны (E-UTRA Band)	Полоса отдачи (Uplink), МГц	Полоса приёма (Downlink), МГц	Дуплексный режим (Duplex Mode)
Band 4	1710-1755	2110-2155	<i>FDD</i>
Band 17	704-716	734-746	<i>FDD</i>
Band 20	832-862	791-821	<i>FDD</i>

Приведённые сводные таблицы показывают, что оптимальным выбором является частотный диапазон *Band 4*, также известный как *LTE AWS* [4], который поддерживается практически всеми устройствами, представленными на рынке.

В других странах с частотным диапазоном *LTE AWS (Advanced Wireless Services)* работают такие крупные мобильные операторы, как: *AT&T Mobility, MetroPCS, T-Mobile*.

Использование указанного частотного диапазона возможно при рефарминге существующих диапазонов *GSM 1800* и *CDMA2000*, в которых на территории Украины работают все основные операторы: МТС-Украина, Киевстар, Лайф, Интертелеком и *PeopleNet*.

Таким образом, определены особенности выбора частотного диапазона при развёртывании *LTE* сети на территории Украины, с учётом характеристик абонентского оборудования. Была показана целесообразность выбора частотного диапазона *Band 4*, который поддерживается такими производителями конечного оборудования как *Apple, Samsung, Motorola, LG, HTC, Huawei*.

Литература

1. Qualcomm занимает 86% рынка производителей LTE-модемов [Электронный ресурс] / 4PDA. — <http://4pda.ru/2013/02/23/90935>. — 25.02.2013.
2. 3GPP Long Term Evolution [Электронный ресурс] / Википедия. — http://ru.wikipedia.org/wiki/3GPP_Long_Term_Evolution. — 03.01.2013.
3. LTE list [Электронный ресурс] / Telecom cloud. — <http://www.telecom-cloud.net/wp-content/uploads/2011/06/LTE-spectrum-Bands.jpg>. — 03.01.2013.
4. AWS [Электронный ресурс] / Phone scoop. — <http://www.phonescoop.com/glossary/term.php?gid=324>. — 03.01.2013.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРИЕМНИКА ДЛЯ СИСТЕМЫ РАДИОНАБЛЮДЕНИЯ СТАНДАРТА ADS-B

Троицкий А.В., Шевченко С.А., Панасюк И. В.

Севастопольский национальный технический университет, servrt@gmail.com

Design of the concept for the radio surveillance system receiver of ADS-B standard

The paper deals with the radio surveillance system, providing aircraft tracking with high precision in real time. The mathematical model of the receiver with the correlation signal processing and its performance are described and found in accordance with the international standard

Обеспечение безопасной, регулярной и эффективной эксплуатации авиатранспорта является первостепенной задачей Международной организации гражданской авиации (ИКАО). В настоящее время ИКАО разрабатывает спутниковую систему для удовлетворения будущих потребностей гражданской авиации в организации связи, навигации, радиолокационного наблюдения и управления воздушным движением. Сегодня увеличение загрузки аэропорта сверх существующей сдерживается тем, что для определения координат объекта и отображения информации на экране радиолокационной станции требуется от 6 до 12 с, в течение которых быстро летящий самолет успевает изменить свою позицию. Поэтому авиадиспетчерам для обеспечения безопасности полетов приходится задавать увеличенные временные интервалы между воздушными судами при посадке, что приводит к неполному использованию возможностей инфраструктуры аэродрома.

Для решения возрастающих эксплуатационных потребностей в разрабатываемой системе используются новейшие достижения в области спутниковых и компьютерных технологий, каналов передачи данных и бортовой авиационной электроники. В обеспечение указанной программы 7 февраля 2012 г. Конгресс США принял закон об оснащении самолетов гражданской авиации и наземных станций сотовой связи оборудованием систем глобального позиционирования (GPS) и всенаправленной передачи для целей автоматического зависящего наблюдения (ADS-B), которые вместе должны заменить радары в существующих системах управления воздушным движением.

Основная задача системы ADS-B состоит в обработке информации, поступающей от системы GPS, выделении из нее точных данных о скорости, высоте, курсе воздушного судна (ВС). Полученные данные дополняются информацией от служб аэропорта о метеоусловиях и по запросу центра управления передаются в эфир на частоте 1090 МГц в реальном масштабе времени. Это позволяет пилотам в кабине и диспетчерам в центре управления отслеживать движение всех ВС в районе аэродрома.

Целью данной работы является разработка концепции стационарного приемника для системы ADS-B. Данный приемник может использоваться государственными службами, службами аэропортов, а также другими организациями и частными лицами, заинтересованными в получении исчерпывающей информации о движении ВС в районе аэропорта.

ИКАО разработаны и опубликованы стандарты на оборудование для систем вторичного радиолокационного обзора, к которым относится ADS-B, что облегчает проектирование аппаратуры для этих систем. В то же время при создании приемника ADS-B проектировщикам приходится решать ряд технических вопросов, определяющих саму техническую возможность реализации данного устройства. Например, согласно требованиям [1] чувствительность приемника системы ADS-B при ненаправленной антенне должна обеспечивать уверенный прием в зоне радиусом не менее 180 км, однако выбор конкретного значения остается за разработчиком. Понятно, что такой подход к формулированию

требований оправдан необходимостью регламентирования уровня техники системы ADS-B в целом, однако требует от разработчиков детальной проработки концепции приемника и многократной ее доработки в процессе моделирования работы приемника в составе системы.

При разработке концепции приемника следует учитывать, что структура и параметры приемника будут существенно зависеть от величины отношения сигнал/шум на входе приемника. На вход приемника системы ADS-B, в соответствии с рекомендацией [2] **Международного союза электросвязи (МСЭ)**, в основном будут воздействовать следующие виды шума: галактический, промышленный и атмосферный.

Согласно [2] для галактического шума, усредненного по всему небосводу, следует принять значение коэффициента $F_{\text{гал}} = -15\text{дБ}$ при среднеквадратическом отклонении

(СКО) $\sigma_{\text{гал}} = 1,56\text{ дБ}$; значение коэффициента промышленного шума в деловой зоне равно $F_{\text{пр}} = 6\text{ дБ}$ при СКО $\sigma_{\text{пр}} = 0,78\text{ дБ}$; коэффициент атмосферных шумов равен $F_{\text{атм}} = 10\text{ дБ}$

при СКО $\sigma_{\text{атм}} = 3\text{ дБ}$. В этом случае, согласно методике [2], медианное значение коэффициента шума составит $F_{\text{атм}} = 11,38\text{ дБ}$, а мощность шума на рабочей частоте при

ненаправленной антенне и полосе пропускания линейного тракта 8МГц [1] составит $P_{\text{ш}} = -93,17\text{ дБм}$.

При оснащении ВС штатным бортовым передатчиком с выходной мощностью 18,5дБВт уровень полезного сигнала на входе приемника согласно приведенным в [1] зависимостям при дальности 180 км составит менее -100 дБм . Следовательно, приемник без специальной обработки сигналов технически нереализуем. Для повышения чувствительности приемника необходимо использовать методы корреляционной обработки сигналов (МКО), что позволит значительно увеличить дальность приема.

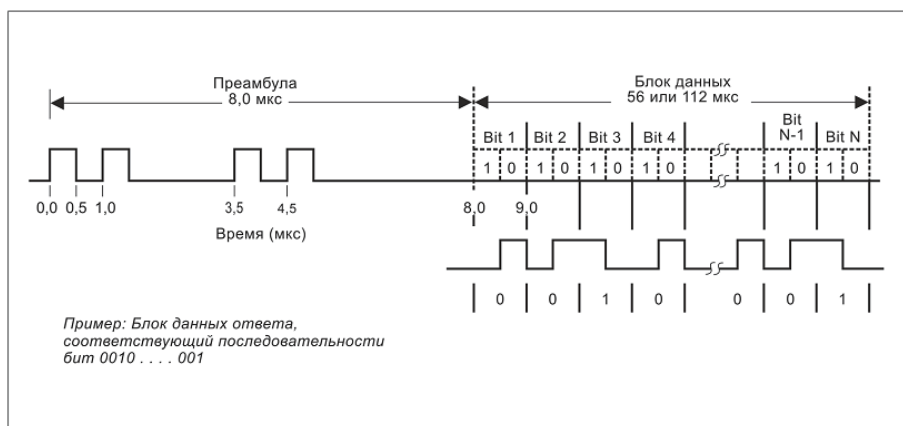


Рис.1 — Формат сообщения в системе ADS-B

Основное условие применимости МКО — длительность импульсов должна быть существенно больше периода несущей. Как видно из рис. 1, передаваемое сообщение в формате системы ADS-B состоит из преамбулы и блока данных. Преамбула представляет собой последовательность из 4-х импульсов, длительность каждого по 0,5 мкс. Данные передаются с 8-й мкс без пропусков до конца блока с полезной информацией.

Путем компьютерного моделирования было установлено, что при использовании МКО и технически реализуемых параметрах функциональных узлов приемника требуемое [1] отношение сигнал/шум на выходе линейного тракта, равное 10 дБ, достигается при входной мощности сигнала около -120 дБм . С учетом внутреннего коэффициента шума линейного тракта приемника минимальная входная мощность, при которой будет осуществляться устойчивый прием, составит -114дБм . Полученное значение согласно [1] обеспечивает

дальность приема более 180 км. При использовании направленной антенны может быть обеспечен дополнительный запас по дальности устойчивого приема.

Таким образом, для достижения требуемых технических характеристик приемника и обеспечения требуемой дальности устойчивого приема, в приемнике системы ADS-B необходимо использовать методы корреляционной обработки сигнала. В этом случае возможно обеспечить дальность приема с ненаправленной антенной около 180 км при любых погодных условиях, что удовлетворяет требованиям [1].

Литература

1. Aeronautical Telecommunications — V.10.—International Standards and Recommended Practices /International Civil Aviation Organization — ICAO — 2007 — 213 pp.
2. ITU-R P.372-9/ International Telecommunication Union — 2008 — 75 pp.

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОГО ДОСТУПА TD-LTE ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛНОДУПЛЕКСНОГО РЕЖИМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Дубинин Г.В.

Севастопольский национальный технический университет, Gleb.Dubinin@gmail.com

Performance of TD-LTE Network due to use full-duplex transfer mode

The TD-LTE network with full-duplex transfer mode characteristics was considered. In this mode TD-LTE network can provide the greater wireless capacity than time-division TD-LTE network with no new towers. Active and passive suppression mechanisms also described in this article.

Результаты проводимого во многих странах мира процесса по перераспределению уже имеющихся у операторов частот (рефарминга), а также результаты частотных аукционов заставили значительную часть мобильных операторов второго эшелона, желающих запускать на своих сетях новую технологию мобильного доступа LTE, оказаться в сложном положении. В большинстве случаев они смогли получить в своё распоряжение только одну (непарную) полосу частот, которую можно задействовать только под систему мобильного доступа LTE с технологией временного дуплекса — TD-LTE.

Однако, как известно из опыта эксплуатации сходной по техническим принципам системы Wimax, при планировании сетей с временным дуплексом приходится искать компромисс между радиопокрытием и ёмкостью сети. Вся имеющаяся у оператора полоса частот будет использоваться, как и для канала вверх (UL), так и для канала вниз (DL). Площадь радиопокрытия определяется радиусом соты, который в свою очередь зависит от энергетического бюджета или уровня максимально допустимых потерь (МДП) на линии. МДП рассчитывается для абонентского терминала на краю соты, когда скорость на линии вверх зафиксирована, а на линии вниз подбирается так, чтобы сбалансировать МДП для обеих линий. Таким образом, в системах с адаптивными схемами модуляции и кодирования — MCS, к которым относятся в равной степени и Wimax, и LTE, дальность связи зависит от гарантируемой скорости передачи данных для пользователя на краю соты.

Также, в немалой степени, энергетический бюджет зависит от соотношения длительности кадров на UL и DL. Если в системе с частотным разделением FDD-LTE конфигурация кадров одинакова для линий вверх и вниз: кадр включает в себя 10 субкадров по 1 мс, то в системе TD-LTE используется ассиметричная структура кадра. Существует 7 возможных конфигураций кадров TD-LTE, которые различаются между собой соотношением используемых субкадров на UL/DL (Рис.1). Для того, чтобы передать один и тот же поток данных в разных конфигурациях, на линии вверх приходится выделять разное количество частотных ресурсов (в обратной зависимости от длительности кадра: к примеру, 6 мс — в случае конфигурации 0; 2 мс — в случае конфигурации 2).

0	DL	S	UL	UL	UL	DL	S	UL	UL	UL
1	DL	S	UL	UL	DL	DL	S	UL	UL	DL
2	DL	S	UL	DL	DL	DL	S	UL	DL	DL
3	DL	S	UL	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL
4	DL	S	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
5	DL	S	UL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
6	DL	S	UL	UL	UL	DL	S	UL	UL	DL
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Рис.1 — Блок-схема кадров полнодуплексного узла

Но чем больше частотных ресурсов выделяется пользователю, тем выше мощность тепловых шумов во входных цепях приемника и хуже его чувствительность.

Таким образом, чем больше асимметрия кадра TD-LTE и больше длительность кадра на линии вниз, тем больше ограничения по площади радиопокрытия.

Чтобы не потерять в площади покрытия сайта и в то же время сохранить высокую пропускную способность на линии вниз, предлагается использование полнодуплексной технологии передачи данных, рассмотренной [1] и уже опробованной в порядке эксперимента на городских сетях Wi-Fi. Согласно этой концепции, узел может начать получение пакета, даже находясь в процессе передачи и наоборот. Однако, имея ввиду что, в обычной ситуации полезный сигнал от мобильного терминала будет неразличим на фоне интерференционных помех, создаваемых собственным передатчиком базовой станции (БС), было разработано несколько способов для компенсации такого интерферирующего сигнала (ИС), которые можно условно разделить на активный и пассивный [1].

Активные способы можно также разделить на аналоговый и цифровой. Механизм аналогового подавления (АС) подразумевает оценивание интерференционного канала по уровням специальных пилот-сигналов, встроенных в определённой последовательности в каждый субкадр, и всегда имеющих строго определённое значение. Используя результаты таких оценок для каждой из ортогональных поднесущей, узел формирует широкополосный сигнал подавления (компенсации), который находится в противофазе к ИС, и трансляцию его с помощью дополнительного радио-тракта в сумматор, находящийся в приёмном тракте. Далее, этот дополнительный сигнал вычитается из общего сигнала, что компенсирует влияние ИС с антенны передатчика (Рис.2). В результате, на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) приходит сигнал от мобильного терминала, превышающий по уровню ИС, в противном случае это усложнит задачу выделения полезного сигнала среди шумов квантования. Механизм цифрового подавления (ДС) подразумевает действия, аналогичные вышеописанному. Здесь также выполняется оценивание уровня остаточного ИС после аналогового подавления и на МАС-уровне из оцифрованного сигнала вычитается вновь сформированный сигнал компенсации (Рис.2).

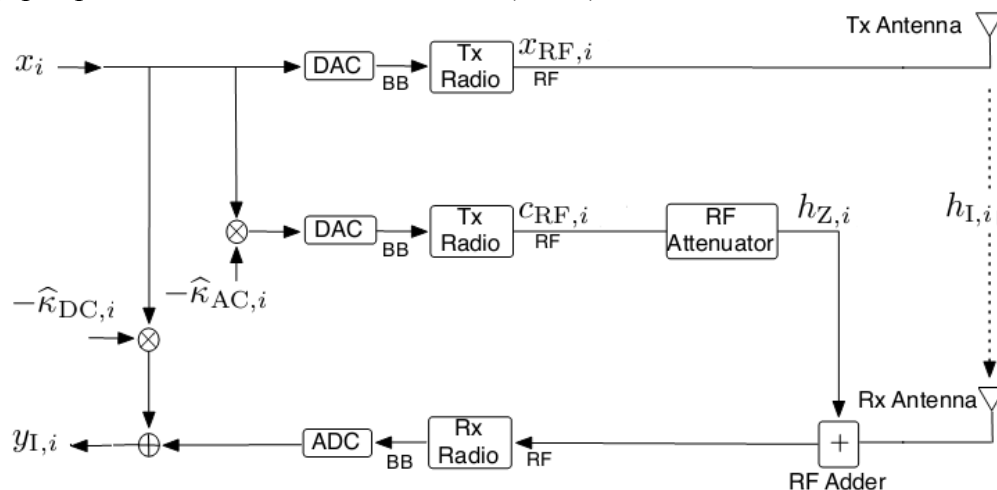


Рис.1 — Блок-схема полнодуплексного узла

Пассивный метод, или пространственная изоляция, заключается в разделении передающей и приёмной антенн [2]. Применив, совместно способы активного подавления АС и ДС, и задав угол между антеннами в диапазоне 90...180 град. относительно общей оси поворота можно достичь уровня подавления ИС в (78...80) дБ. Это позволило добиться двукратного превосходства по пропускной способности по сравнению с полудуплексной схемой. В случае механизма АС для полноценной работы в стандартную конфигурацию необходимо добавить дополнительный передающий тракт и по дополнительной антенне на каждый сектор, развернув её не менее чем на 90 град. относительно основной. Также для совместной работы АС и ДС, потребуется обновить на БС программное обеспечение, отвечающее за обработку сигнала на МАС-уровне.

В докладе рассмотрен вариант модернизации сети TD-LTE, в случае роста трафика, но без необходимости уплотнения сайтов. БС в новой конфигурации, сможет обеспечить наибольшую возможную пропускную способность, соответствующую конфигурации кадра 2, и радиопокрытие, соответствующее энергетическому бюджету линии с конфигурацией кадра 0. При этом, речь идёт только о реконфигурации БС, так что узел сможет одновременно передавать и принимать информацию от разных пользовательских терминалов.

Литература

1. Ashutosh Sabharwal. Experiment-driven Characterization of Full-Duplex Wireless Systems / Melissa Duarte, Chris Dick and Ashutosh Sabharwal // ArXiv — 2012. — <http://arxiv.org/pdf/1107.1276v2>. — 10.02.2013.
2. Ashutosh Sabharwal. Empowering Full-Duplex Wireless Communication by Exploiting Directional Diversity / Evan Everett, Melissa Duarte, Chris Dick, and Ashutosh Sabharwal // IEEE — 2011. — http://warp.rice.edu/trac/raw-attachment/wiki/Asilomar2011_FullDuplex/EverettDirectionalFullDuplex.pdf. — 10.02.2013

РОЗПОДІЛ РАДІОРЕСУРСУ ПРЯМОГО КАНАЛУ СИСТЕМИ З OFDMA ДЛЯ ДВОХ СТІЛЬНИКІВ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ НЕОБХІДНОГО QoS

Кононенко Л.А., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем, НТУУ «КПІ», liubov.kononenko@gmail.com, sakravchuk@ukr.net

Radio link resource allocation in two-cell OFDMA downlink under QoS fairness

In this paper the problem of radio resource allocation on the downlink of a two-cell OFDMA system under QoS fairness constraints with limited CSI is considered.

Найбільше поширення серед систем радіодоступу має стільниковий зв'язок. Мобільні телефони стали основним засобом комунікації та невід'ємною складовою нашого життя. Тому постачальник послуг зацікавлений в забезпеченні необхідної якості обслуговування QoS (Quality of Service) усім користувачам незалежно від їхнього розташування в стільнику. Це приводить до важливої проблеми розподілу радіоресурсу при забезпеченні необхідного рівня QoS [1]. В даній роботі увага зосереджена на розподіл радіоресурсу прямого каналу системи з множинним доступом на базі частотного розділення з ортогональними несучими OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) з урахуванням обмеженої інформації про стан каналу CSI (Channel State Information).

Ефективний розподіл ресурсів може бути реалізований у відповідності до інформації в CSI, яку передає абонентський термінал каналом зворотного зв'язку. Головним чином, дослідники розглядають випадок з повною CSI [2,3]. Однак на практиці через помилки зворотного зв'язку та шуму квантування CSI зазнає втрат. Також знання CSI дуже цінні з точки зору ширини смуги пропускання, необхідної для каналу зворотного зв'язку. Тому, метою даної роботи є розробка алгоритму розподілу радіоресурсу прямого каналу системи з OFDMA при умові частково відомої CSI та при забезпеченні необхідного QoS.

В даній роботі розглядаємо прямі канали двох стільників системи з OFDMA від базових станцій до N_u рівномірно розподілених користувачів. Кожна БС має сумарну пікову потужність P , яка рівномірно розподілена по N_s піднесучим. Частотно-селективний канал між базовою станцією b ($b = 1, 2$) і користувачем u характеризується випадковими величинами $g_{b,u,s}$ ($s=1, \dots, N_s$), що представляють коефіцієнт підсилення потужності каналу по різним піднесучим. Кожний коефіцієнт $g_{b,u,s}$ враховує втрати поширення радіохвиль $G(x_{b,u})$, що залежить від відстані від користувача u до базової станції b , а також логарифмічно-нормальне затінення $10^{0.1\xi_{b,u}}$ та багатоприменове Релеєвське завмирання по потужності $\phi_{b,u,s}$ і описується наступним співвідношенням:

$$g_{b,u,s} = G(x_{b,u}) \cdot 10^{0.1\xi_{b,u}} \cdot \phi_{b,u,s}^2, \quad (1)$$

Припускаємо, що користувач u розподілений базовій станції b_u і піднесучій s . В залежності від фактора повторного використання піднесучої s , отриманий сигнал користувачем u або зазнає інтерференції сусідніх каналів з базової станції $\bar{b}_u$, або ні. Таким чином, відношення сигнал/шум з урахуванням інтерференції Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio (SINR) для двох випадків:

$$\text{SINR}_{b_u, u, s} = \begin{cases} \frac{\frac{P}{N_s} \cdot g_{b_u, u, s}}{\Delta f \cdot N_0}, & \text{якщо } s - \text{ не використовується повторно} \\ \frac{\frac{P}{N_s} \cdot g_{b_u, u, s}}{\Delta f \cdot N_0 + \left(\frac{P}{N_s}\right) \cdot g_{\bar{b}_u, u, s}}, & \text{якщо } s - \text{ використовується повторно} \end{cases} \quad (2)$$

де Δf - розніс між піднесучими, N_0 – спектральна щільність потужності каналу із адитивним білим Гаусівським шумом.

Ціль розподілу полягає в тому, щоб знайти оптимальне призначення базових станцій, схему повторного використання частот, розподіл піднесучих та швидкості для максимізації загальної швидкості передачі даних r_c , гарантованої усім користувачам з імовірністю не гірше $1 - \mathcal{P}_r$. Доступна CSI - втрати поширення радіохвиль на затінених ділянках між БС b і користувачем u . Ґрунтуючись на даній CSI, базова станція відповідним чином виділяє системні ресурси для забезпечення максимальної загальної швидкості, при цьому задовольняючи мінімальні вимоги до QoS. Мінімальний QoS визначається мінімальною швидкістю передачі даних на одного користувача, цільовою ймовірністю появи бітової помилки BER (Bit Error Rate) та максимальною ймовірністю переривання зв'язку. Оскільки CSI ($\bar{g}_{1,u}, \bar{g}_{2,u}$) не є частотно-селективною інформацією, розподіл піднесучих перетворюється в розподіл смуги пропускання в залежності від того який порядок модуляції використовується:

$$\Delta f_u = \begin{cases} 0, & \text{якщо } M_u < M_c \\ \frac{r_c}{\log_2 \left(1 + \frac{\text{SINR}_0 \cdot g_{b_u, u}}{(1 + (2 - f_u) \cdot \text{SINR}_0 \cdot g_{\bar{b}_u, u}) \cdot F \cdot \Gamma_0} \right)}, & \text{якщо } M_u \geq M_c \end{cases} \quad (3)$$

де M_u – порядок модуляції піднесучих, назначених користувачеві u ; M_c – порогове значення, що дозволяє регулювати імовірність переривання зв'язку; f_u – фактора повторного використання; F - запас потужності на завмирання, який гарантує цільову імовірність переривання зв'язку при Релеєвському завмиранні.

Задача максимізації загальної швидкості передачі даних представлена наступним чином:

$$\max_{b_u, f_u, M_u, \Delta f_u} r_c, \quad (4)$$

$$\begin{cases} \Delta f_{1,1} = \Delta f_{2,1} \end{cases} \quad (4.1)$$

$$\begin{cases} \Delta f_{1,1} + \Delta f_{1,2} + \Delta f_{2,2} = \Delta f_{\Sigma} \end{cases} \quad (4.2)$$

$$\begin{cases} \mathbb{P}\{\text{BER}_{b_u, u, s} > \text{BER} \mid (\bar{g}_{1,u}, \bar{g}_{2,u})\} = \mathcal{P}_{\text{BER}}, \forall u, \end{cases} \quad (4.3)$$

$$\begin{cases} \mathbb{P}\{r_u < r_c\} \leq \mathcal{P}_r, \forall u \end{cases} \quad (4.4)$$

Умова (4.1) стверджує, що базові станції повинні домовлятися про кількість піднесучих, які будуть застосовуватися в повному повторному використанні частот. (4.2)

представляє загальне обмеження смуги пропускання. (4.3) обмеження імовірністю появи бітової помилки BER, де $\mathbb{P}\{X | Y\}$ - умовна ймовірність. (4.4) – обмеження імовірності переривання зв'язку.

Для підвищення спектральної ефективності запропонованого рішення, застосовується схема повторного використання частот для зниження рівня міжстільникової інтерференції [4]. Даний метод полягає в розділенні доступної полоси частот на піддіапазони «повного повторного використання» і «часткового повторного використання». Піддіапазон повного повторного використання сформований піднесучими, які використовуються в обох стільниках, а при частковому повторному використанні піднесуча розподілена одному із стільників. Піднесучі повного повторного використання частот призначаються користувачам, які знаходяться близько до своєї обслуговуючої БС, отже, відносно ізольовані від впливу інших БС. Користувачі на границі стільника, які зазнають значної міжстільникової інтерференції, призначаються піднесучим з частковим повторним використанням.

Висновки

Розв'язано задачу розподілу радіоресурсу при забезпеченні необхідного QoS для двох стільників прямого каналу системи з OFDMA. Часткова CSI – втрати поширення радіохвиль на затінених ділянках, зменшує канал зворотного зв'язку і складність алгоритму розподілу в цілому. Для підвищення спектральної ефективності запропонованого рішення, застосовується схема повторного використання частот, яка враховує географічний критерій.

Література

1. Andrews J.G. Adaptive resource allocation in multiuser OFDM systems with proportional rate constraints / J.G. Andrews, Z. Shen, B.L. Evans // IEEE Transactions on Wireless Communications, 2005. - Vol. 4. - P. 2726-2737.
2. Pandharipande A. Subcarrier allocation schemes for multiuser OFDM systems / A. Pandharipande, M. Kountouris, H. Yang, and H. Park SPCOM 04, Bangalore, India, 2004. - P. 540–544.
3. Shen Z. Adaptive resource allocation in multiuser OFDM systems with proportional rate constraints / Z. Shen, J. G. Andrews , B. L. Evans // IEEE Transactions on Wireless Communications: vol. 4, 2005. - P. 2726–2737.
4. Soumaya Hamouda, Sami Tabbane and Philippe Godlewski, “Improved reuse partitioning and power control for downlink multi-cell OFDMA systems,” in Proc. of the workshop on Broadband wireless access for ubiquitous networking (BWAN'06), Alghero, September 2006.

МЕТОДИ ТРИВИМІРНОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗДІЛЕННЯ СИГНАЛІВ В БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

Мазуренко О.В., Якорнов Є.А.

Інститут телекомунікаційних систем, НТУУ «КПІ», mazurenko.alexander@gmail.com

THREE-DIMENSIONAL SPATIAL SIGNALS DIVISION METHODS IN WIRELESS TELECOMMUNICATIONS

The paper is revealed the process of developing and studying the performance of three-dimensional spatial signals division methods by angular coordinates and by distance in wireless telecommunications, deployment principles of the spatio-temporal signal processing systems on the basis of these methods, that will help to improve the technical efficiency of spectrum resource using.

Швидкий розвиток безпроводових телекомунікаційних систем (БПТС) та збільшення кількості функціонуючих радіоелектронних пристроїв призвели до ускладнення сигнально-завадової обстановки та загострення проблеми завадостійкості каналів передачі даних, з якою тісно пов'язані задачі забезпечення електромагнітної сумісності, пропускну здатності, пошуку шляхів ефективного використання радіочастотного ресурсу (РЧР). Для забезпечення безпроводового доступу до інформаційних ресурсів всім користувачам, пристроям потрібне високоефективне використання РЧР та його раціональне розподілення між ними, що поки набуло завершеності лише в часовому, частотному та кодовому вимірах. Розподіл РЧР в просторовому вимірі не набув високого розвитку і перебуває в формі його перевикористання через природне згасання сигналу з розповсюдженням та примітивного перерозподілу у двох (кутових) вимірах тривимірного простору, проте питання підвищення його ефективності нині найбільше досліджується в напрямку засобів БПТС, зокрема технології адаптивних антенних решіток, розподілених антенних систем та МІМО систем.

Ефективним шляхом вирішення вказаної проблеми є використання методів просторово-часової обробки сигналів (ПЧОС), а особливо необхідним і ще недослідженим є її напрямок тривимірного просторового розділення сигналів, - як за кутовими координатами, так і за відстанню. Це відкриває нові можливості для створення систем, що дозволятимуть значно збільшувати завадостійкість і щільність розміщення просторових каналів передачі даних в обмеженому просторі з мінімізацією затрат на побудову інфраструктури.

Методи тривимірного просторового розділення сигналів, які розглядаються в даній роботі базуються на методах оптимальної ПЧОС, що включає як просторово-часову узгоджену фільтрацію (ПЧУФ), так і просторово-часову кореляційну обробку (ПЧКО), що є базою для алгоритмів функціонування процесорів систем дискретних випромінювачів.

Системи дискретних випромінювачів з ПЧУФ представляють собою зосереджені чи розподілені адаптивні сфокусовані антенні решітки, що функціонують лише в їх ближній (БЗВ) та проміжній зонах випромінювання (ПЗВ) для досягнення тривимірної просторової вибірконості. Системи дискретних випромінювачів з ПЧКО представляють собою розподілені антенні решітки з роздільною чи сукупною обробкою сигналів від випромінювачів, зона функціонування яких визначається виключно кореляційними властивостями каналоутворюючих ортогональних розширюючих послідовностей (ОРП).

Введений метод ПЧУФ є розвитком класичного методу просторово-часової двовимірної (кутової) узгодженої фільтрації, включенням таких нових принципів як залежність характеристики випромінювання від: спектру випроміненого сигналу $A(j\omega)$, $\omega \in [\omega_{min}; \omega_{max}]$, згасання з розповсюдженням від кожного елементу до будь-якої точки простору $L(n, R)$, тривимірної характеристики випромінювання кожного елементу $f(\theta(n), R)$.

Тоді характеристика випромінювання для даного методу може бути виражена як

$$\dot{F}(\theta, R) = \sum_{\omega} \dot{A}(j\omega) \sum_n \frac{\dot{f}_n(\theta(n), R)}{L(n, R)} \cdot I(n) \cdot e^{j(k(\omega)\Delta(n) - \Delta\Phi(n, \omega))}$$

де $I(n)$ – амплітуда збудження n -го випромінювача; $\Delta\varphi(n) = k\Delta(n)$ – фазовий зсув між фазовим центром та n -им випромінювачем; $\Delta\Phi(n)$ – розподіл фази збудження n -го випромінювача; k – коефіцієнт розповсюдження. В даному методі просторовий зсув між випромінювачами $\Delta(n)$ отриманий вперше у формі $\Delta = \Delta_R + \Delta_\theta$, що є зручним для синтезу амплітудно-фазового розподілу збудження системи дискретних випромінювачів з роздільним електричним налаштуванням за кутовими координатами і відстанню.

Тривимірна просторова вибірковість даного методу визначається його фокусуючими властивостями. Фокус чи фокальну область, тобто об'єм простору в який проводиться тривимірно спрямована передача сигналу можна отримати виключно в БЗВ чи ПЗВ системи дискретних випромінювачів, що обмежені гіперфокусною відстанню $R_{HF} < D^2 \cos(\theta)/\lambda$, де D – найбільший габарит системи випромінювачів, θ – напрямок випромінювання. Тут роздільна здатність за відстанню визначається глибиною фокуса, що виражається як:

$$\Delta R = \frac{7\lambda(R_F \cos(\theta_F))^2}{D^2 - (3.5\lambda R_F \cos(\theta_F)/D)^2}$$

де R_F , θ_F - координати точки фокусування. В БЗВ глибина фокуса приблизно рівна $\Delta R \approx \lambda/3$.

Для отримання високої тривимірної просторової роздільної здатності при відносно меншій кількості випромінювачів та габаритах системи розроблені спеціальні методи її підвищення, що базуються на концепції спектру просторових частот. Такими методами є:

- збільшення міжелементної відстані разом з збудженням ширококутовим сигналом;
- збудження випромінювачів ширококутовим сигналом;
- використання специфічних амплітудно-фазових розподілів збудження чи амплітудно-частотних характеристик випромінених сигналів.

Детально з цим методом просторового розділення сигналів можна ознайомитись в [1].

Системи дискретних випромінювачів з ПЧУФ дозволяють створити лише одну фокальну область на систему, що є ефективним для підвищення завадостійкості і якості каналу передачі, проте не практичним.

Застосування ПЧКО до даних систем випромінювачів дозволяє створити декілька фокальних областей на систему, що значно підвищує каналну ємність БПТС і відкриває можливості до створення нових систем просторового мультиплексування.

Характеристика випромінювання системи дискретних випромінювачів з ПЧКО формується на основі кореляційних властивостей каналоутворюючих ОРП, які з часового виміру перекладаються на просторові. Вирази для характеристик випромінювання даних систем, де опорним сигналом з яким проводиться згортка виступає окремий генератор і сигнал фазового центру системи випромінювачів описуються виразами, відповідно:

$$\dot{F}_K(\theta, \varphi, \rho) = \frac{c}{R} \int \int \int_{\theta \varphi \rho} \dot{F}_M(\theta, \varphi, \rho) \dot{E}_T^*(\theta, \varphi, \rho) d\theta d\varphi d\rho$$

$$\dot{F}_K(\theta, \varphi, \rho) = \frac{c}{R} \int \int \int_{\theta \varphi \rho} [\dot{F}_M(\theta, \varphi, \rho) - \dot{E}_0(\theta, \varphi, \rho)] \dot{E}_0^*(\theta, \varphi, \rho) d\theta d\varphi d\rho,$$

де $\dot{F}_M(\theta, \varphi, \rho)$ – характеристика випромінювання, отримана узгодженою просторовою фільтрацією; $\dot{E}_T^*(\theta, \varphi, \rho)$ – просторовий розподіл комплексно спряженого сигналу генератора опорного сигналу синфазного тому, що приймається; $\dot{E}_0(\theta, \varphi, \rho)$ та $\dot{E}_0^*(\theta, \varphi, \rho)$ – комплексно спряжені компоненти просторового розподілу сигналу, що приймається/передається системою випромінювачів через її фазовий центр.

Тривимірна просторова вибірковість даних систем характеризується максимальним розміром фокальної області за рівнем -3 дБ, що визначається з виразу

$$\rho_m = \tau_c \cdot c,$$

а розмір зони обслуговування площею фігури, що утворена випромінювачами в її вершинах, при цьому максимальна відстань між вершинами даної фігури не повинна перевищувати

$$R = T \cdot c,$$

де τ_c та T – тривалість символу та період поширюючої послідовності, c – швидкість поширення сигналу.

Детально з цим методом просторового розділення сигналів можна ознайомитись в [2].

Такі системи можна віднести до класу МІМО систем [3], у яких додаткові просторові канали формуються не за рахунок ортогоналізації імпульсних характеристик багатопробіжних каналів, а за рахунок перевикористання ансамблю з M ОРП, що базується на принципах просторово-часової кореляційної обробки.

Дані системи дискретних випромінювачів функціонують у зоні обслуговування, межі якої утворюють довільний багатокутник, що описується колом діаметру R . Випромінювачі такої системи розміщені поблизу центру даної фігури та/або в вершинах даного багатокутника і обслуговуються однією базовою станцією з системою ПЧКО і утворює розподілену антенну систему. Дана зона обслуговування складається з m [3] підзон з лінійним розміром ρ_m на лінії від одного з випромінювачів, в якій знаходиться M абонентських станцій, що не можуть бути просторово розділені системою ПЧОС, тому розділяються по формі сигналів з використанням ансамблю ОРП. Просторове розділення груп по M абонентів відбувається повторним використанням даного ансамблю ОРП з певним часовим зсувом.

Використання даного принципу обробки сигналів є доцільним, коли вдається здійснити просторово узгоджений прийом на абонентську станцію, тобто здійснити просторово узгоджену передачу з базової станції, що досягається спеціальними процедурами синхронізації. Їх специфіка полягає в тому, що початкова фаза генератора абонентської станції залежить не лише від початкової фази синхронізаційного пілот-сигналу, а й від її розташування відносно антени базової станції. При цьому можлива реалізація синхронного режиму передачі як в прямому так і зворотному каналах.

В даній роботі представлені методи тривимірного просторового розділення сигналів, що базуються на методах оптимальної ПЧОС, що включає як ПЧУФ, так і ПЧКО, що є базою для алгоритмів функціонування процесорів систем дискретних випромінювачів.

Структурою систем дискретних випромінювачів, що використовуються дані методи при своєму функціонуванні є розподілені антенні системи, що працюють в режимах роздільної чи загальної обробки сигналів в її антенних елементах. Дискретним антенним елементом може виступати як слабо спрямований випромінювач (штиррова, щілинна антена), так і фокусуюча антенна решітка з тривимірною просторовою вибірковістю.

Використання розроблених математичних моделей методів тривимірного просторового розділення сигналів дозволяє багатократно підвищити завадостійкість окремих просторових каналів передачі даних, створити декілька розділених просторових каналів на одну систему дискретних випромінювачів, що як наслідок підвищує ефективність використання РЧР і функціонування БПТС в цілому.

Література:

1. Oleksandr Mazurenko and Eugeni Yakornov. Focused Arrays Beamforming. Behaviour of Electromagnetic Waves in Different Media and Structures, Ali Akdagli (Ed.), ISBN: 978-953-307-302-6, InTech, - 2011, - pp.419-440
2. Мазуренко О.В. Антенні решітки з нелінійною просторовою обробкою полігармонічних ортогональних сигналів.// Збірник наукових праць ВІ КНУ ім.Тараса Шевченка.- Вип. № 32 - К.: ВІКНУ, 2011, с.71-78.
3. Мазуренко О.В., Якорнов Є.А. МІМО системи на основі просторово-часової согласованної фільтрації.// Матеріали 22-ої Міжнародної Кримської конференції (КрымМико 2012) «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» 2012 Т.1, с.283-284

ВЫБОР ПОЛОСЫ РАБОЧИХ ЧАСТОТ ПРИЕМНИКА-ДЕКОДЕРА МОБИЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА ИНТЕРАКТИВНОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Сундучков К.С., Волков С.Э., Ящук А.С.

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

На примере для интерактивной гетерогенной телекоммуникационной сети (ИГТС) мобильной связи разработана математическая модель участка беспроводного доступа в миллиметровом диапазоне с помощью которой можно определить основные требования, предъявляемые к элементной базе [1,2]. Показаны особенности выбора полосы рабочих частот приемника-декодера мобильного терминала интерактивной гетерогенной телекоммуникационной сети мобильной связи.

Основными потребительскими параметрами телекоммуникационной сети являются: качество предоставляемых услуг, их количество и стоимость предоставляемых услуг в которую включены и первичные затраты по строительству сети.

Качество предоставляемых услуг можно характеризовать вероятностью битовой ошибки (например, $P_{в.б.о.}=10^{-6}$), которую гарантирует по паспорту приемник-декодер. Однако эта гарантия обеспечивается при условии, что на входе приемника-декодера обеспечивается $P_c/P_{ш} \geq A_{раз}$.

Потребитель всегда хочет иметь самое высокое качество предоставляемых услуг. Однако не всегда это желание оправдано, т.к. оно обеспечивается повышенными затратами.

Количество предоставляемых услуг N зависит от типа телекоммуникационной сети. Так, например, для распределительной сети услуг в мобильной связи на автобанах мобильных терминалов движущихся по трассе может быть несколько тысяч. Распределение для 2^x тысяч абонентов по одной телекоммуникационной услуге, каждая из которых может быть передана при пропускной способности сети до 3 МБ/сек потребует суммарную пропускную способность сети до 6 ГБ/сек. При модуляции КАМ-16 сеть должна иметь полосу рабочих частот $\Delta f_c = 1,5$ ГГц, что может быть реализовано только в миллиметровом диапазоне частот. Желание каждого потребителя (абонента) получать более одной услуги может привести к невыполнимому требованию по пропускной способности сети.

Стоимость предоставления услуги мобильному абоненту зависит от ряда параметров участка беспроводного доступа и архитектуры сети в целом.

Математическая модель участка беспроводного доступа, включающая в себя параметры базовых станций и приемников мобильных терминалов представлена выражением (1).

Математическая модель участка беспроводного доступа

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

$$d = 2 \cdot 0,75 \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot \frac{c}{4 \cdot \pi \cdot f_c} \sqrt{\frac{P_{\Sigma \text{нас.}}^{\Phi \mathcal{D}} \cdot K^{PP} \cdot K_y^{A1} \cdot K^{\mathcal{D}}}{\left(\frac{2 \cdot A \cdot k \cdot T_{ш}^{MT} \cdot \Delta f_{ш}^{MT}}{K_y^{A2}} \right)}}, \quad (1)$$

где $P_{\Sigma \text{нас.}}^{\Phi \mathcal{D}}$ – уровень мощности насыщения фотодиода, K^{PP} – потери преобразования 2-х лучей в радиочастоту, K_y^{A1} , K_y^{A2} – коэффициенты усиления антенн, $K^{\mathcal{D}}$ – коэффициент деления мощности сигнала БС на многорупорной антенне, $k T_{ш}^{MT} \Delta f_{ш}^{MT}$ – мощность шума МТ, $A = P_c/P_{ш}$ – отношение уровня мощности сигнала к уровню мощности шумов на входе

приемника-декодера МТ. θ – половинный угол раскрытия диаграммы направленности передающей антенны А1. d – фрагмент трассы «покрываемый» одной БС. На рис. 1 приведены данные о необходимом количестве БС, которые требуется установить на каждом км трассы при разных параметрах МТ

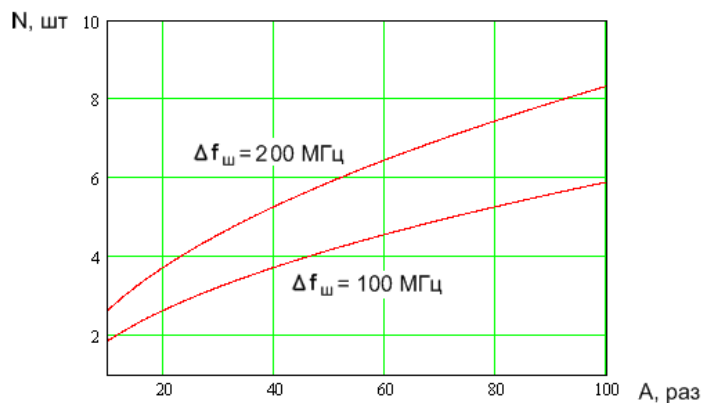


Рис.1. Зависимость требуемого количества базовых станций на одном километре трассы от параметров мобильного терминала.

В работе [3] описан метод расчета параметров селективного преобразования МТ, при расчете параметров объединения OFDM-символов необходимо учитывать длину трассы, которую может обслужить одна БС при выбранных параметрах.

Разбиение сигнала в МТ на зоны (одна или более групп) – важная задача селективного преобразования, так как она определяет частотную эффективность и количество типов оборудования МТ, используемых в системе. Полоса частотной зоны Δf_3 имеет 2 ограничения:

- 1) Она не может быть больше 1 ГГц – максимально возможной частоты АЦП: $\Delta f_3 < 1 \text{ ГГц}$;
- 2) Она должна быть больше частотной полосы любой группы: $\Delta f_3 > \max\{\Delta f_{zp}\}$.

Однако если учесть лишь эти ограничения, тогда длина трассы, обслуживаемая одной БС, может оказаться слишком мала, например, 100-150 м.

Можно показать, что частотная эффективность будет максимальной, если полоса зоны будет стремиться к значению $\frac{\Delta f'}{N}$, где N – количество частотных зон. Тогда зону обслуживания d на трассе передатчиком БС в зависимости от количества частотных зон можно доопределить как:

$$d(N) = 1,414 \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot \frac{\frac{c}{f_c}}{4 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{\frac{P_{\Sigma \text{нас}}^{\Phi A} \cdot K^{PP} \cdot K_y^{A1} \cdot K^A}{2}}{\frac{A \cdot k \cdot T_{ш}^{MT} \cdot \Delta f'}{K_y^{A2} \cdot N}}} \quad (2)$$

Минимальное значение зоны обслуживания d на трассе передатчиком БС определено техническим заданием и равно 300 м. Проверим решение, найденное согласно ИКП, на предмет выполнения требований по минимальной зоне обслуживания. Для расчета зоны обслуживания будем использовать следующие параметры: $\theta = 16^\circ$ при $K^A = 1$ – БС с однорупорной антенной и $\theta = 32^\circ$ при $K^A = 0,5$ с двурупорной антенной (Стоит отметить, что использование трех- и более рупорных антенн невозможно. Это можно доказать, учитывая, что расстояние от антенны БС к краю зоны обслуживания должно быть меньше, чем радиус соты); $f_c = 40 \text{ ГГц}$; $P_{\Sigma \text{нас}}^{\Phi A} = 0,1 \text{ Вт}$; $K^{PP} = 0,1 \text{ раз}$; $K_y^{A1} = 114,382 \text{ раз}$; $A = 50 \text{ раз}$; $T_{ш}^{MT} = 300 \text{ К}$; $K_y^{A2} = 100 \text{ раз}$; $\Delta f' = \Delta f + 200 \text{ МГц} = 1546 \text{ МГц}$.

На рис. 3 представлен график зависимости $d(\Delta f_3)$, построенный согласно (1).

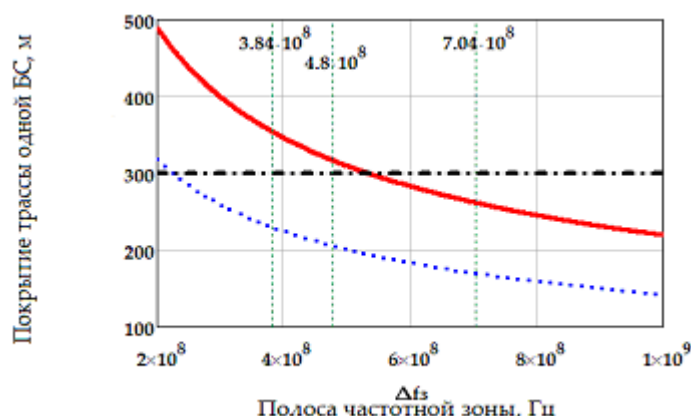


Рис. 3. Покрытие трассы от одной БС в зависимости от Δf_3 для однорупорной (.....), двурупорной (—) антенны БС и требования ТЗ (-.-.-)

Применение однорупорной антенны не удовлетворяет требованиям ТЗ. Система с двурупорными антеннами на БС и параметрами {2; 704 МГц}, также не удовлетворяет ТЗ. Таким образом, принцип ИКП указал на самое эффективное решение, которое в то же время не удовлетворяет требованиям ТЗ на зону покрытия трассы от одной БС. Два оставшиеся набора {3; 480 МГц}, {4; 384 МГц} являются допустимыми решениями. Проверим это, построив график зависимости зоны покрытия от количества зон $d(N)$ (2). Результат представлен на рис. 4.

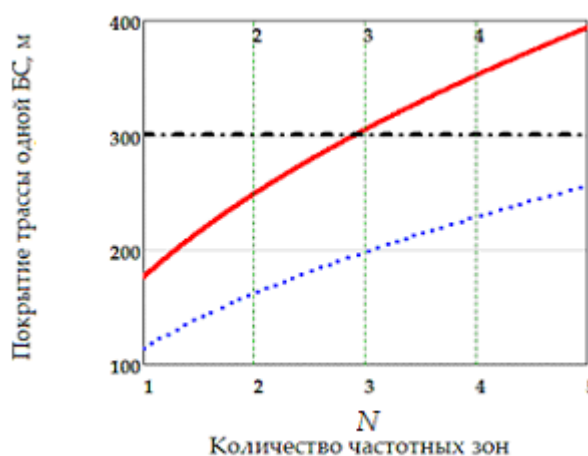


Рис. 4. Покрытие трассы от одной БС в зависимости от N для однорупорной (.....), двурупорной (—) антенны БС и требования ТЗ (-.-.-)

Рис. 4 подтверждает, что вариант однорупорной антенны не удовлетворяет ТЗ, а для двурупорной антенны использование варианта с количеством частотных зон равным $N = 2$ недопустимо. При этом для набора {3; 480 МГц} зона покрытия трассы двурупорной антенной БС равна $d = 316$ м, а для набора {4; 384 МГц} — $d = 353$ м. Для недопустимого варианта {2; 704 МГц} покрытие равно $d = 261$ м [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильченко М.Е., Сундучков К.С., Волков С.Э., Сундучков И.К., Кузява М.А., Сундучков А.К. Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система 4G с

беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентам // Журнал «Зв'язок». Вып. №7-8.(83-84) г. Киев. 2008. С.28-32.

2. Сундучков К.С., Буртовий С.С., Волков С.Э., Кубасов И.С., Поляков М.В., Сундучков А.К., Тихоненко Ю.Ю., Фигурная Е.С., Ящук А.С. Проблемы развития мобильной связи при высокой скорости движения абонента. 6-а Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій". 24-27 квітня 2012р. м.Київ, ІТС НТУУ "КПІ".С.37-39.

3. Ящук А.С. Математическая модель селективного преобразования в приемнике мобильного терминала транспортного средства / А.С. Ящук, К.С. Сундучков // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. - №1(53). – с. 125-131.

4.Ящук А.С., Сундучков К.С., Волков С.Э. Полоса и количество частотных зон селективного преобразования в приемнике мобильного терминала // электронное научное специализированное издание – журнал « Проблемы телекоммуникаций». Вып. №3(8) с.86-93.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ СИГНАЛОВ

Стрелковская И.В., Лысюк Е.В., Золотухин Р.В.

Одесская Национальная академия связи им. А.С. Попова, dekanat.ik@onat.edu.ua

Research of continuous signals reconstruction methods

The comparison of two methods of continuous signals reconstruction, characterized by amplitude increased steepness and dramatic function increase on its samples by Kotelnikov interpolation series and spline functions is completed. The recommendations on the method selection of the reconstruction depending on the signal shape are offered.

Вопросу восстановления непрерывных сигналов в современных телекоммуникационных сетях уделяется значительное внимание, ведь эти процедуры выполняются на различных уровнях аналого-цифрового преобразования: подключение аналоговых абонентских линий (ААЛ) к цифровым системам коммутации (ЦСК), в различных вокодерных системах сетей мобильной связи и т.д.

Традиционно в телекоммуникационных системах для восстановления непрерывного сигнала $s(t)$ по его дискретным значениям используют ряд Котельникова [1]. Однако для восстановления сигналов возможно также применение кусочно-непрерывных функций, называемых сплайн-функциями [2].

Целью данной работы является сравнение способов восстановления непрерывных сигналов, характеризующихся повышенной крутизной амплитуды и резким возрастанием функции по их отсчетам на основе ряда Котельникова и кубических сплайнов.

В статье [3] авторами на примере непрерывного ЛЧМ-сигнала, форма которого имеет плавные изменения, показано, что при определенных частотах дискретизации сплайн-аппроксимация лучше восстанавливает форму сигнала, чем ряд Котельникова. Рассмотрим сигналы, которые характеризуется повышенной крутизной и резким возрастанием функции и дадим рекомендации по выбору способа восстановления указанного класса сигналов, т.е. когда использовать сплайн-аппроксимацию, а когда – ряд Котельникова.

Согласно теореме Котельникова [1] отсчеты берутся через шаг дискретизации τ , который равен $\tau = \frac{1}{2F_{\max}}$, где $F_{\max}$ – максимальная частота в спектре исходного сигнала.

Базисными функциями ряда Котельникова служат функции отсчетов, которые образуют ортогональную на бесконечном промежутке $(-\infty; +\infty)$ систему функций, т.е.,

$$\varphi(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s(k\tau) \frac{\sin \omega_m(t - k\tau)}{\omega_m(t - k\tau)}, \quad (1)$$

где $\omega_m = 2\pi F_{\max}$ – высшая круговая частота в спектре сигнала; $F_{\max}$ – максимальная частота в спектре исходного сигнала; τ – шаг дискретизации.

На промежутке $[0; T]$ зададим равномерную сетку разбиения следующим образом: $\Delta: 0 = t_0 < t_1 < \dots < t_N = T$, где $t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = \dots = t_N - t_{N-1} = \tau$ – шаг дискретизации.

Пусть в точках разбиения известны значения функции $s = s(t)$: $s(t_i) = s_i$, $i = \overline{0, N}$. Согласно [2] интерполяционным кубическим сплайном на отрезке $[0; T]$ называется сплайн $S_3(t)$, удовлетворяющий следующим условиям:

1) $S_3(t_i) = s(t_i)$, $S_3(t_{i+1}) = s(t_{i+1})$, $i = \overline{0, N-1}$; 2) на каждом промежутке $[t_i, t_{i+1}]$, $i = \overline{0, N-1}$ является кубическим многочленом; 3) $S_3'(0+0) = s'(0)$, $S_3'(T-0) = s'(T)$.

Восстановим исходный непрерывный сигнал $s(t)$ с помощью ряда Котельникова и кубическим сплайном. Допустим, что в любой момент времени на промежутке $[0; T]$ непрерывный сигнал $s(t)$ задан функцией вида:

$$s(t) = 2 \frac{\sin(16\pi(t - \frac{1}{2}))}{16\pi(t - \frac{1}{2})} - 3 \frac{\sin(8\pi(t - \frac{1}{2}))}{8\pi(t - \frac{1}{2})}. \quad (2)$$

Сигнал $s(t)$ вида (2) ограничен по спектру $F_{\max} = 8$ кГц с частотой дискретизации $f_d = 16$ кГц, при этом шаг дискретизации $\tau = \frac{1}{2F_{\max}} = \frac{1}{16}$. В качестве узлов интерполяции рассматриваются отсчеты исходного сигнала $s(t)$. Результаты расчета в среде *Mathcad 15* представлены на рис. 1.

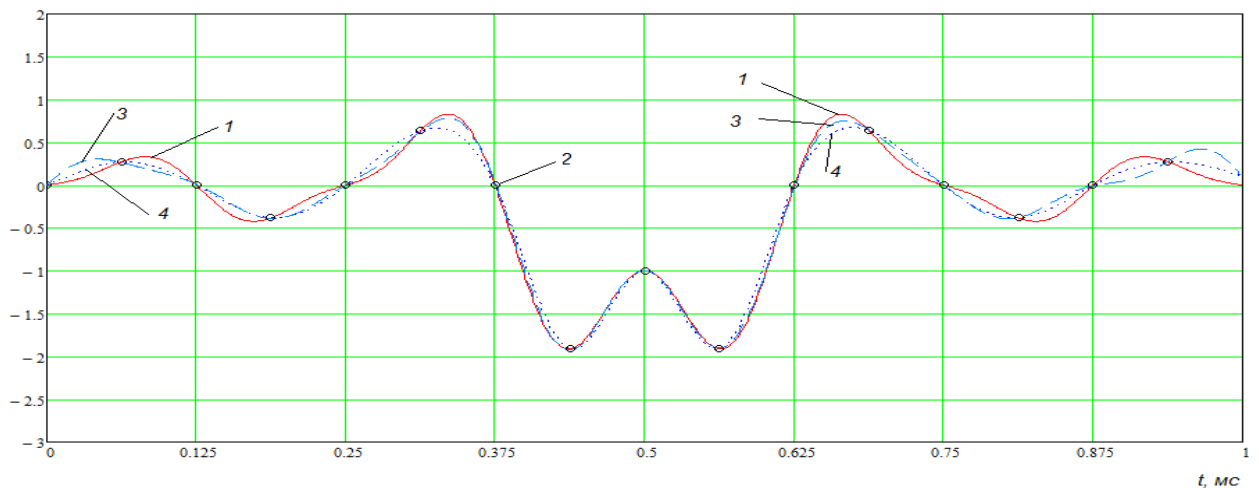


Рисунок 1 – Восстановление (аппроксимация) сигнала $s(t)$ с помощью ряда Котельникова и кубическим сплайном

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: 1 – график заданного сигнала $s(t)$; 2 – значения функции в узлах интерполяции; 3 – аппроксимация исходного сигнала $s(t)$ рядом Котельникова; 4 – аппроксимация исходного сигнала $s(t)$ кубическим сплайном.

Аналогично работе [3] погрешность восстановления сигнала с помощью ряда Котельникова и кубическим сплайном будут такими же. На рис. 2 показано отклонение

значений восстановленного сигнала от его исходного значения при аппроксимации рядом Котельникова (кривая 1) и кубическим сплайном (кривая 2).

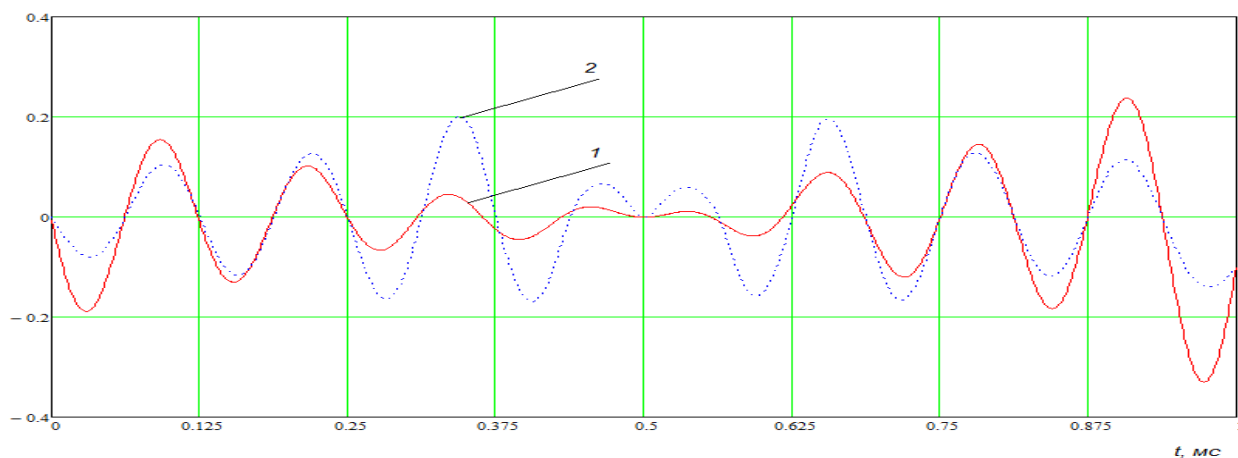


Рисунок 2 – Отклонение восстановленного сигнала

Полученные значения среднеквадратичной ошибки аппроксимации ε_n рядом Котельникова и кубическим сплайном для каждого частичного промежутка интерполяции $[t_i, t_{i+1}]$, где $i = 0, \dots, N-1$ позволяют утверждать, что на промежутках интерполяции «с плавным изменением амплитуды» лучшие результаты дает сплайн-интерполяция, а на участках с «повышенной крутизной амплитуды» – интерполяционный ряд Котельникова.

Очевидно, что для получения более точных результатов восстановления непрерывных сигналов, обладающих повышенной крутизной амплитуды, особенно на высоких частотах, целесообразно рассмотреть возможности использования другого математического аппарата, который позволил бы более точно восстановить исходный сигнал. На наш взгляд, таким аппаратом могут служить вейвлет-функции [4], исследование с помощью которых может быть полезным для восстановления рассматриваемых непрерывных сигналов.

Литература:

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы / И.С. Гоноровский. – М.: Радио и связь, 1986. – 512с.
2. Завьялов Ю.С. Методы сплайн-функций / [Ю.С. Завьялов, Б.И. Квасов, В.Л. Мирошниченко]. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
3. Стрелковская И.В. Восстановление непрерывных сигналов на основе ряда Котельникова и кубических сплайнов / И.В. Стрелковская, Д.Ю. Бухан // Радиотехника. – 2007. Вып. 151. – С. 181-185.
4. Геранін В.О. Теорія вейвлетів з елементами фрактального аналізу / В.О. Геранін, Л.Д. Писаренко, Я.Я. Рушицький.: Науково-методичне видання. – Київ: ВПФ УкрІНТЕІ, 2002. – 364 с.

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНОГО РІВНЯ СИСТЕМИ
ШИРОКОСМУГОВОГО ДОСТУПУ НА ОСНОВІ IEEE 802.16-2009****Кайденко М.М.***Інститут телекомунікаційних систем, ХТУУ «КПІ», kkk610@ukr.net***Physical level BWA System based on IEEE 802.16-2009 simulation**

This paper describes the simulation model of the physical layer BWA system and presents some simulation results. The model is designed to simulate characteristics of the system within various operating conditions.

Системи широкосмугового радіодоступу, в тому числі і мобільні, останнім часом завойовують все більшу популярність. Існуючі системи здатні забезпечувати швидкості абонентського доступу до 10 Мбіт/с, підвищення швидкості доступу до 100 Мбіт/с можливе в процесі розвитку нових високошвидкісних систем мобільного зв'язку четвертого покоління (4G), при цьому необхідне насамперед розширення смуг частот, які використовуються для побудови цих систем. Великі перспективи для розвитку високошвидкісних мобільних систем широкосмугового радіодоступу надає освоєння міліметрового діапазону хвиль, при цьому необхідне проведення досліджень як відносно створення нової елементної бази, так і відносно ефективного застосування існуючих спектрально-ефективних методів модуляцій (з однією несучою, OFDM-модуляція, модуляція з безперервною фазою), перспективних методів завадостійкого кодування, методів компенсації завад, викликаних багатопроменевою (ефективне перемежування, адаптивна модуляція та кодування, технологія MIMO). Найбільш ефективним методом досліджень характеристик таких складних систем є імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання було вибрано виходячи з наступних особливостей:

1. існуючі аналітичні моделі окремих телекомунікаційних процесів (модуляція, кодування, перемежування, параметри каналу та ін.) дають можливість оцінювати їх ефективність окремо, взаємодія між різними процесами в рамках однієї моделі не описується;
2. створення аналітичної моделі фізичного рівня системи широкосмугового доступу є надскладною задачею;
3. імітаційна модель найбільш точно відтворює реальну систему на основі логіко-математичної моделі об'єкту моделювання;
4. імітаційне моделювання дозволяє відтворювати як статичні, так і динамічні характеристики об'єкту моделювання;
5. в імітаційній моделі можливе використання як аналітичного опису окремих блоків, так і повне відтворення процесів, що відбуваються в реальній системі;
6. процес імітаційного моделювання може бути розподіленим у часі зі збереженням проміжних результатів, збережені кінцеві результати моделювання можуть використовуватись на наступних стадіях імітаційного моделювання;
7. порівняльний аналіз роботи різних режимів роботи імітаційної моделі може здійснюватись за абсолютно ідентичних початкових умов.

Метою створення імітаційної моделі фізичного рівня системи широкосмугового доступу на основі стандарту IEEE 802.16-2009 [1] була розробка засобу для проведення досліджень принципів побудови фізичного рівня нових систем широкосмугового радіодоступу.

Структурно модель відтворює фізичний рівень системи широкосмугового радіодоступу у відповідності з [1], режим OFDM, в основній смузі частот (Baseband). Модель складається зі статичної моделі, яка призначеної для моделювання окремих характеристик каналу системи широкосмугового радіодоступу, та динамічної моделі, яка призначена для моделювання різноманітних залежностей.

Статична модель створена в середовищі Matlab\Simulink, графічне зображення якої показано на рисунку 1 складається з наступних блоків:

8. параметри моделі (Model Parameters), який дозволяє встановлювати основні параметри моделі та ініціює всі параметри фізичного рівня, які описуються в файлі ініціалізації *commwman80216d_init.m*;
9. формування псевдовипадкових даних (Random Data Source), яке здійснюється в режимі формування пакетів у відповідності до вибраного профілю;
10. банк моделей цифрових модуляторів та завадостійкого кодування (FEC&Modulator Bank) у відповідності до профілів передачі, що використовують каскадні коди (згортковий код та код Рида-Соломона);
11. підготовка даних для формування OFDM символу, додавання пілотних символів (IFFT Input Packing);
12. модель передавача, який забезпечує формування OFDM символу з додаванням преамбули, захисного інтервалу, зворотного перетворення Фур'є та додаванням циклічного префіксу (OFDM Transmitter);
13. імітація попередніх викривлень в передавачі та його нелінійності (Digital Pre-Distortion and Nonlinear Amplifier);
14. блок моделей каналу (Multipath Fading Channel with AWGN), моделюються канали з адитивним гаусівським шумом, плоскими завмираннями та частотно-селективними завмираннями з релеевськими та райсівським розподілами, параметр співвідношення сигнал/шум (SNR) може задаватись як фіксоване значення, або як змінна *snr_set*.
15. модель приймача, яка забезпечує видалення циклічного префіксу, перетворення Фур'є та видалення захисного інтервалу (OFDM Receiver);
16. компенсація амплітудних та фазових викривлень шляхом порівняння з преамбулою навчальної послідовності (Gain & Phase Compensator);
17. відокремлення даних та пілотних символів (Extract Data Carriers);
18. банк моделей цифрових демодуляторів та декодування завадостійких кодів (Demodulator & FEC Bank), додатково до основних функцій в блоці формуються оцінка виправлених помилок на рівні декодера коду Рида-Соломона (зберігається в змінній *Error RS* в робочому просторі) та дані для оцінки співвідношення сигнал/шум;
19. оцінка співвідношення сигнал/шум (SNR Estimation), результат обчислення відображається на дисплеї та в змінній *Est. SNR* в робочому просторі;
20. блок вибору профілів передачі (Adaptive Rate Control), в якому формується керуючого сигналу альтернатив *profile set*;
21. блок обчислення коефіцієнту бітових помилок (Bit Error Rate Calculation), який відображується у відповідному блоці Display, та зберігається в змінній *BER_rez* в робочому просторі.

Динамічна модель створена в середовищі Matlab у вигляді скрипт-файлу *WiMAX_Science_Simulink_long.m* і призначена для отримання характеристик завадостійкості для різних профілів передачі, оцінок енергетичних параметрів каналу та статистичних даних по виправленим помилкам з використанням вбудованих в статичну модель блоків. Моделювання здійснюється шляхом багаторазового виклику статичної моделі зі змінними параметрами моделювання: співвідношення сигнал/шум (змінна *snr_set*), час моделювання (змінна *stop_sym*) та тип профілю передачі (змінна *profile set*). Результати моделювання зберігаються у вигляді масиву структур *result* для подальшої побудови графіків залежностей з використанням скрипт-файлу *BER_WiMAX_Science_Simulink_plot.m*. Важливою особливістю створеної динамічної моделі є контроль доступної оперативної пам'яті системи та її своєчасне вивільнення з метою запобігання зниження швидкості моделювання.

Результати моделювання завадостійкості з використанням створеної моделі показані на рисунку 2, результати моделювання завмирань показані на рисунку 3.

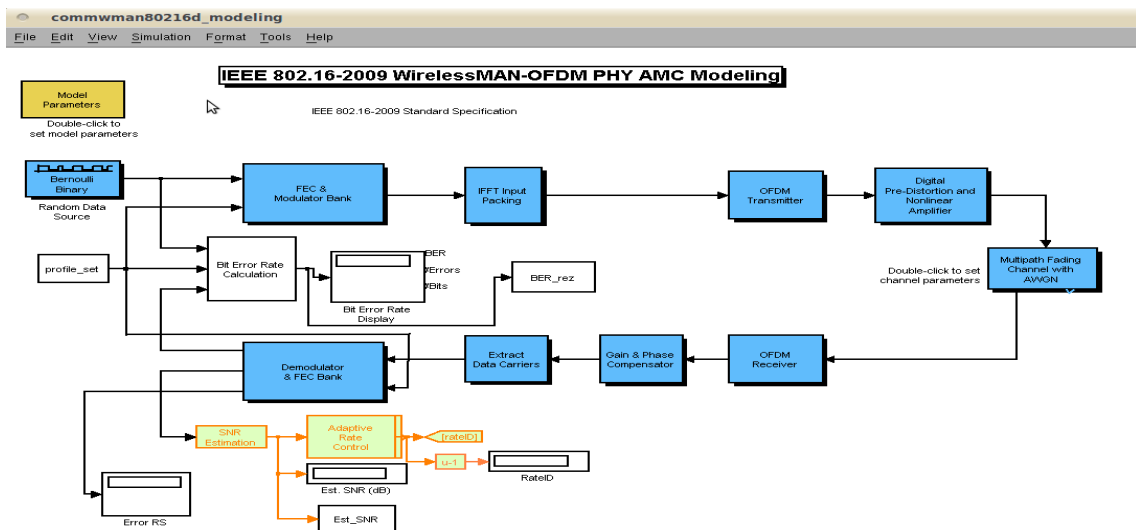


Рис. 1 Графічне зображення статичної моделі каналу передачі на основі [1]

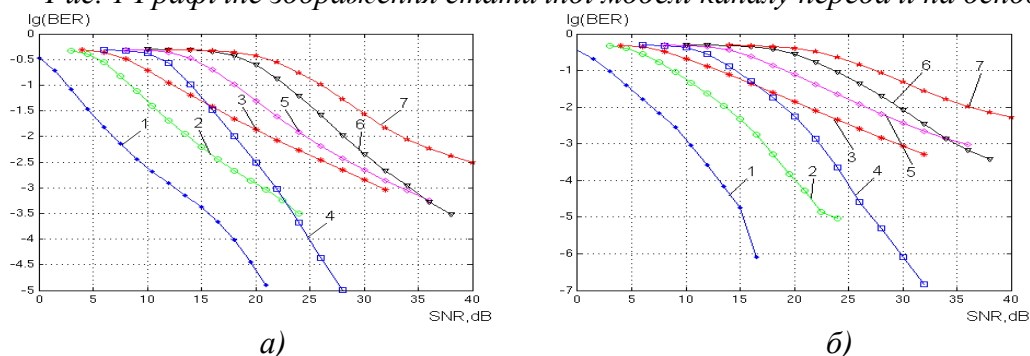


Рис. 2 Характеристики завадостійкості для різних профілів передачі [1] для каналів з частотно-селективними релесівськими (а) та райсівськими замираннями (б)

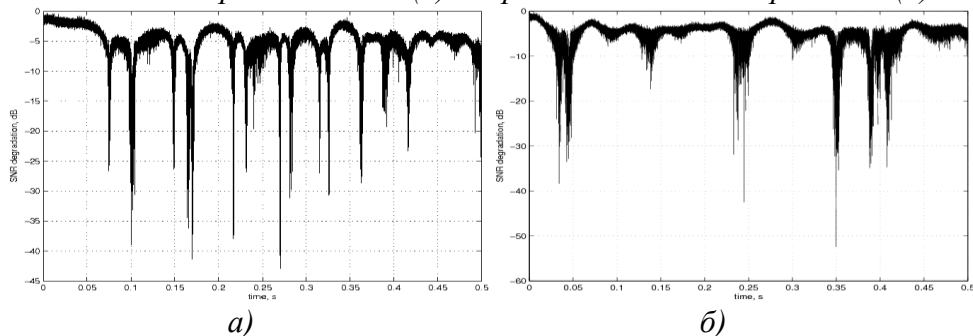


Рис. 3 Характеристики замирань для каналів з частотно-селективними релесівським (а) та райсівським розподілом (б), профіль 4[1], SNR=20 dB

Для подальших досліджень заплановано створення статичних моделей для роботи з профілями передачі, які використовують завадостійке кодування з використанням згорткових турбокодів, блокових турбокодів та LDPC кодів згідно [1] та модернізація динамічної моделі для проведення порівняльного аналізу ефективності використання різних профілів передачі в різноманітних умовах роботи системи широкосмугового радіодоступу.

Розроблена імітаційна модель фізичного рівня системи широкосмугового доступу повністю відповідає стандарту IEEE 802.16-2009, режим OFDM. Рішення, які застосовані при створенні моделі, дозволяють використовувати її для моделювання не тільки окремих параметрів системи, а й різноманітних залежностей, які характеризують поведінку системи в часі та при зміні параметрів каналу зв'язку.

Література:

1. IEEE Std 802.16e™-2009, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 16: Air Interface Broadband Wireless Access Systems. 29 May 2009

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ MISO В СТАНДАРТЕ ТЕЛЕВИДЕНИЯ DVB-T2

Охріменко Я.Ю., Авдєєнко Г.Л.

НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем, jaohrimenko@gmail.com

В докладе предложена идея построения сети цифрового наземного телевидения стандарта DVB-T2 на основе антенной системы MISO, проведено имитационное моделирование такой сети, проанализированы полученные результаты и осуществлена оценка выигрыша числовых показателей характеристик сети при использовании антенной технологии MISO в сравнении с используемой в настоящее время технологией SISO.

Суть проблемной ситуации состоит в том, что в Украине для телевидения стандарта DVB-T2 приняты такие параметры сигнала (тип модуляции, скорость кодирования, количество поднесущих, длина защитного интервала и др.), которые предусматривают осуществление хорошего приема только на стационарные приемники. Во-первых, осуществить такой прием в мегаполисах не всегда возможно, поскольку такой местности присуще многолучевое распространение радиоволн, что обусловлено плотной застройкой, движением транспортных средств и прочее. Во-вторых, Консорциумом DVB и ETSI предусмотрена возможность мобильного приема телевизионных сигналов в условиях Релеевого распространения радиоволн путем использования внешней антенны или портативным устройством [1].

Одним из перспективных методов решения указанных проблем является рациональное территориальное планирование сети с использованием антенных систем MISO. Этот подход должен значительно увеличить зону покрытия и уровень сигнала, в следствие чего можно применять более многопозиционные методы модуляции для увеличения скорости передачи данных в сетях наземного цифрового телевидения, а также дает возможность использовать сервисные возможности стандарта, таких как оповещения населения о чрезвычайных ситуациях, телевидение высокой четкости HDTV, цифровое радиовещание, интерактивное гибридное телевидение в стандарте Hbb TV, 3D-телевидение в новом стандарте DVB 3D-TV.

На рис. 1 представлен расчет покрытия территории при использовании антенной системы SISO. С рисунка 1 видно, что 95% территории обеспечены покрытием, минимальный уровень напряженности поля в точке приема составляет 55 дБмкВ/м, что соответствует нормам стандарта ETSI TS 102 831 (46 дБмкВ/м) [2].

Для заданных параметров передачи, а именно при использовании модуляции QAM-64 и скорости кодирования 3/4 можно достичь скорости передачи 33,8 Мбит/с. А при использовании того же типа модуляции, но скорости кодирования 4/5 или 5/6 можно достигнуть скорости 36,1 и 37,6 Мбит/с соответственно.

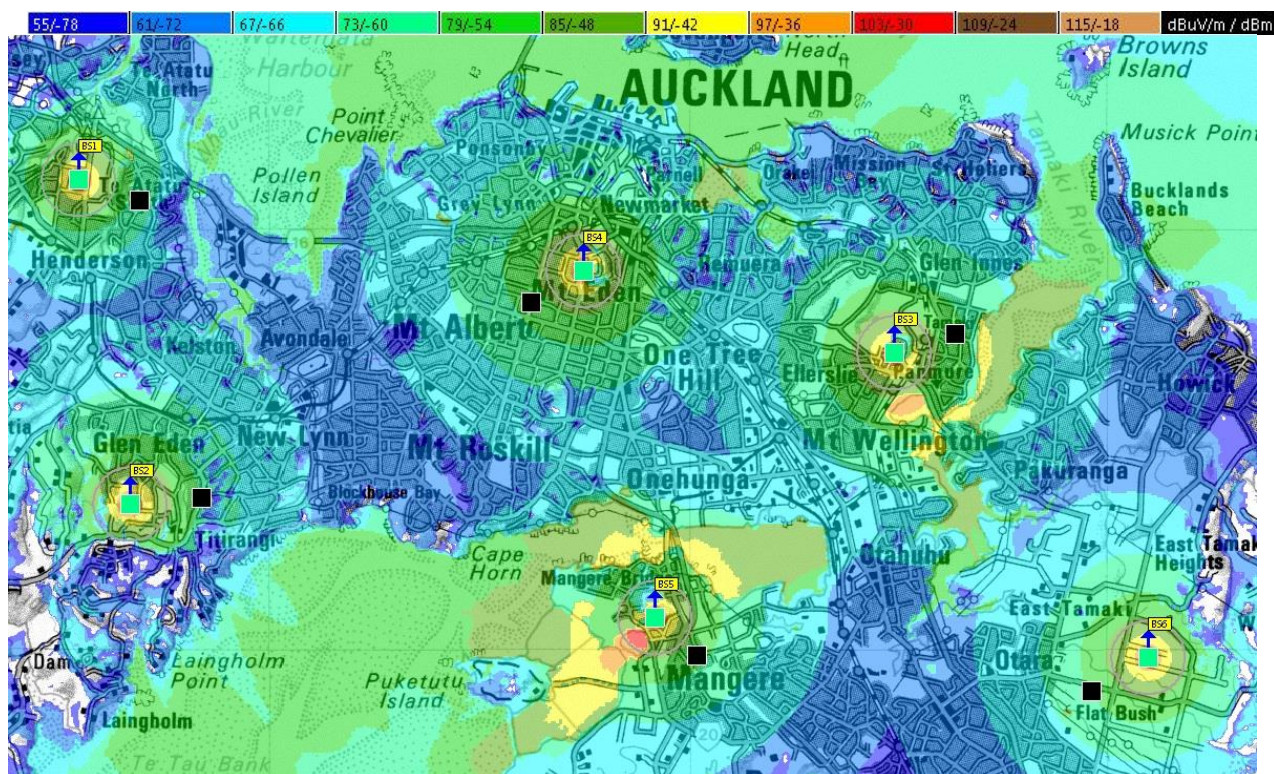


Рис. 1: Расчет покрытия территории при использовании SISO

Проведем расчет покрытия с использованием технологии MISO, результат моделирования представлен на рис. 2. Выбрана конфигурация MISO 2x1 (т.е. используется 2 антенны на передающей стороне).

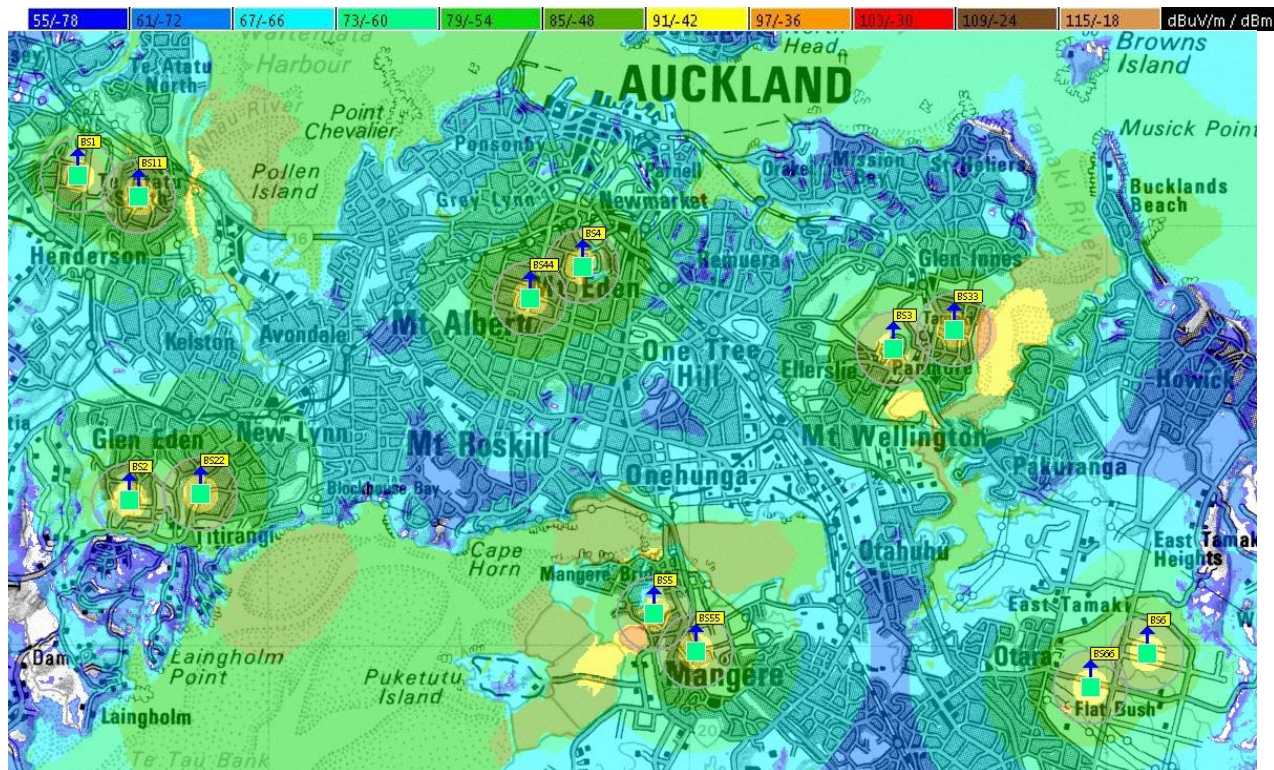


Рис. 2: Расчет покрытия территории при использовании MISO

Сравнительный анализ показывает, что на разных типах местности напряженность поля в точке приёма улучшилась, в горной местности она увеличилась с 55 dB μ V/м до 61 dB μ V/м,

а в городской местности с 67 дБμV/м до 79 дБμV/м. В среднем можно сказать что мы добились увеличения зоны покрытия примерно на 15-20% путем использованием многолучевого распространения радиоволн, которое обеспечивает технология MISO, а также увеличения напряженности поля в точке приёма на 6-12 дБμV/м за счёт когерентного сложения одинаковых сигналов пришедших от двух антенн в зависимости от условий и типа ландшафта местности.

Полученные результаты позволяют применять более многопозиционные типы модуляций, менять скорости кодирования с целью увеличения скорости передачи данных и главное при этом не ухудшать качество, поскольку при использовании MISO возникает хороший запас по напряженности поля в точке приёма и увеличение зоны покрытия.

Проведенная оценка выигрыша количественных показателей характеристик сети цифрового наземного вещания стандарта DVB-T2 при использовании антенной технологии MISO в сравнении с используемой в настоящее время технологии SISO позволяет значительно улучшить рабочие параметры сети, а именно:

- Увеличить зону уверенного приёма на 15-20%;
- Увеличить скорость передачи данных на 30-40% за счёт перехода на более многопозиционный тип модуляции (QAM-256);
- Увеличить напряженность поля в точке приёма на 6-12 дБмкВ/м;

Использование системы MISO предоставляет значительный выигрыш в дальности радиовидимости БС и напряженности поля в точке приёма. Для реализации такого выигрыша можно рассмотреть два основных варианта:

- Использование модуляции, обеспечивающей большую пропускную способность канала. Так, например, вместо модуляции 64-QAM 3/4, можно использовать модуляцию 256-QAM 3/4. При этом переход на новую модуляцию уменьшит зону обслуживания передающей станции, а значение пропускной способности в этом случае возрастет;
- Использование той же самой модуляции и скорости кодирования позволит существенно увеличить зону уверенного приема, сохраняя при этом существующую пропускную способность канала, а также увеличить соотношение сигнал/шум.

ЛИТЕРАТУРА

1. “Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, ETSI EN 302 755 V1.3.1 (2012-04), 188 pages.
2. “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, ETSI TS 102 831 V1.2.1 (2012-08), 244 pages.
3. “Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2” EBU Tech 3348, Report, Version 2.0, Geneva (2012-05), 116 pages.

АЛГОРИТМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ФАЗЫ СКАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕДУРЫ ПЕРЕДАЧИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО РАДИОДОСТУПА

Познякова А.А., Кравчук С.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ", sakravchuk@ukr.net

ALGORITHM OF SCANNING PRELIMINARY PHASE OF HANDOVER PROCEDURE FOR TWO-LEVEL SYSTEM OF BROADBAND RADIOACCESS

It is developed algorithm of a preliminary phase of scanning of procedure handover for two-level broadband radioaccess system. Advantage of the offered algorithm is reduction of a set of target base stations and as in loading distribution on cells, to prevent superfluous scanning for the overloaded cells.

Дальнейшее развитие систем широкополосного радиодоступа (СШР) подразумевает поддержку ими мобильности пользовательского терминала, что, в свою очередь, требует поддержки процедур непрерывной передачи обслуживания (ПОб). В стандартных действующих сотовых системах мобильной связи именно процедуры ПОб и скорость движения терминалов ограничивают достижимую скорость передачи данных [1]. С учетом того, что СШР призваны обеспечить наиболее высокие скорости передачи данных, проблема влияния движения решается ограничением скоростей движения терминала до 120 км/ч (неполная мобильность), но процедуры ПОб так и остаются наиболее критичными из-за их значительной длительности, то есть, временной задержки, которая затрачивается на сканирование, синхронизацию и перераспределение сетевых ресурсов. Причем, чем больше требуется пропускная способность СШР, тем меньшее время отводится под ПОб. Данная проблема еще больше усугубляется, когда СШР представляет собой сложную структурированную многоуровневую телекоммуникационную систему [2], в которой для увеличения пропускной способности системы в пределах крупных сот создаются меньшие соты, формируя уровни разной плотности покрытия. Здесь управление мобильностью усложняется из-за возникающего дополнительного интерфейса между уровнями сот (например, между уровнем сот и микросот). Таким образом, с одной стороны возрастают требования к повышению пропускной способности, а с другой идет усложнение многоуровневой структуры сети. Все эти факторы накладывают очень жесткие требования на снижение времени задержки при ПОб.

Процедура ПОб в СШР на примере WiMAX делится на две фазы: предварительной регистрации или сканирования и основной активной фазы. Наибольшее время для своей отработки занимает предварительная фаза, при которой производятся предварительное сканирование окружающих базовых станций (БС) или точек доступа. Поэтому усовершенствованию процедуры данной фазы посвящен целый ряд работ [3-5]. Представленные в таких работах процедуры предварительной фазы сканирования требуют предварительной обработки и берут во внимание только один уровень сот, то есть они предназначены для одноуровневых систем сотового построения.

Поэтому целью настоящей работы является разработка алгоритма предварительной фазы сканирования (АПФС) процедуры ПОб для двухуровневой СШР, состоящей из верхнего уровня сот невысокой пропускной способности (до 100 Мбит/с) и нижнего уровня микросот высокой пропускной способности (до 1 Гбит/с). В данной системе произведено разделение функций мобильности по уровням. Так, верхний уровень, образованный сотами большей площади, поддерживает полную мобильность подвижного мобильного терминала (МТ), а нижний уровень, образованный микросотами, которые расположены в пределах сот верхнего уровня, поддерживает ограниченную мобильность (переносной и стационарный МТ).

В этом случае процедуре сканирования для обнаружения подходящих микросот при ПОб понадобятся более значительные задержки времени из-за большого числа сканируемых

сот/микросот, что при использовании известных алгоритмов сразу же вызывает ряд проблем, таких как увеличение общей задержки ПОб, введение буфера большего размера и увеличение электропотребления МТ. Применение предлагаемого АПФС как раз и заключается в поиске способа минимизации времени сканирования МТ в среде, где расположено большое количество микросот.

Ключевая идея предложенного алгоритма заключается в сокращении набора целевых БС, сканируемых через первую БС (сигнал от которой на МТ самый мощный), а так же в распределении нагрузки по сотам, чтобы предотвратить избыточное сканирование для перегруженных сот.

АПФС базируется на процессах сканирования стандарта IEEE 802.16. При сканировании предлагаемый алгоритм выявляет и отслеживает состояния соседних сот в рамках подготовки к начальной ПОб. При этом, МТ периодически измеряет уровень принимаемого сигнала или отношение уровня несущей к уровню помехи плюс шум SNIR от соседних сот. По результатам измерений МТ получает информацию о том, какая из соседних сот наиболее пригодна для первоначальной ПОб.

В алгоритме допускается, что БС, обслуживающая соты, передает сообщение MOB_NBR-ADV, содержащее информацию, как для сот, так и для микросот, и МТ выполняет операцию сканирования, основываясь всякий раз на этом сообщении при попытке определить подходящую микросоту для ПОб. В предлагаемом алгоритме, процесс сканирования разделен на два этапа. На первом этапе МТ пытается найти любую БС, от которой измеренное значение уровня принимаемого сигнала или SNIR больше заданного порогового значения. Целью данного этапа является идентифицировать, или выбрать указанную целевую БС, которая может быть использована для предоставления более конкретной информации о соседней соте каждому МТ. Во время второго этапа МТ сообщает обслуживающей БС свою целевую БС, а затем предоставляет обслуживающей БС информацию о микросотах, которые наиболее близко расположены к целевой БС. Это осуществляется при помощи сообщений NOM_SCN-REQ и NOM_SCN-RSP, которые содержат информацию о БС и нагрузке каждой соты, что позволяет избежать ненужных проб сканирования для перегруженных сот и микросот.

При рассмотрении свойств уровня принимаемого сигнала, взяв для примера уровень принимаемого сигнала любой БС, которая случайно выбрана в сообщении MOB_NBR-ADV, при произвольном расположении МТ, было обнаружено, что уровень принимаемого сигнала может быть аппроксимирован распределением Реллея. Но это приемлемо лишь для небольшого количества БС, расположенных произвольно вблизи МТ. Тем не менее, основываясь на данных свойствах, можно прогнозировать количество сканирований на первом этапе. Для представления числа сканирований на втором этапе предложенного алгоритма, учитывается распределение нагрузки на БС в сообщении NOM_SCN-RSP. Для самой характеристики нагрузки соты используется бета-распределение. Если сообщение NOM_SCN-RSP содержит информацию про количество БС, количество сканирований на этом этапе можно записать с помощью дискретной случайной величины. А общее количество сканирований алгоритма равно сумме сканирований на первом и втором этапах.

Данный алгоритм требует меньшее количество сканирований, за счет того, что МТ может выполнять операции сканирования, базируемые на основе определенной информации МТ о соседней соте, а так же за счет исключения сканирования перегруженных сот. Таким образом, уменьшение количества сканирований снижает задержки связи и уменьшает энергопотребление на МТ.

Результаты проведенного моделирования предложенного АПФС подтверждают преимущество данного алгоритма с точки зрения сокращения времени, затрачиваемого на сканирование.

Литература

1. Системи зв'язку з рухомими об'єктами / С.О. Кравчук, О.Г. Голубничий, А.Г. Тараненко, В.Г. Потапов, О.П. Ткаліч. – К.: Спринт-Сервіс, 2012. – 452 с.
2. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: Наукова думка, 2008. – 328 с.
3. Fast handover scheme for real-time downlink services in IEEE 802.16e BWA system / S. Choi, G. Hwang, T. Kwon, A. Lim, and D. Cho // In Vehicular Technology Conference, 2005. VTC 2005-Spring. 2005 IEEE 61st, P. 2028–2032.
4. Recommendation ITU-R M.1645. Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000. - June 2003.
5. Boone P., Barbeau M., Kranakis E. Strategies for fast scanning and handovers in WiMAX/802.16 // International Journal of Communication Networks and Distributed Systems. – 2008. – Vol. 1, issue 4/5/6. – P. 414–432.

**ПРИМЕНЕНИЕ КАСКАДНОГО ОДНОПОРТОВОГО РЕЗОНАНСНОГО
ТРАНЗИСТОРНОГО УСИЛИТЕЛЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ
ТРАНСПОНДЕРОВ СИСТЕМЫ RFID**

Широков И.Б., Лялюк Д.В.

Севастопольский национальный технический университет

E-mail:shirokov@ieee.org, lyalyuk@ieee.org

**USE OF CASCADE ONE-PORT RESONANT TRANSISTOR AMPLIFIER AT DESIGN OF
TRANSPONDERS OF RFID SYSTEM**

Implementation of the transponder of system of radio-frequency identification which based on cascade one-port resonance transistor amplifier is considered. Results of simulation of operation of the amplifier in the program microwave office are presented.

На современном этапе развития общества, практически ни одна из сфер человеческой деятельности не обходится без использования радиочастотных приемо-передающих устройств, которые решают одну из важнейших задач — обмен информацией в реальном масштабе времени. Многие задачи телекоммуникаций решаются сегодня при использовании так называемых транспондеров (англ. transponder — приемоответчик) — устройств, посылающих определенные ответные сигналы при приеме других. Функционально они могут реагировать на определенные кодовые запросы, а так же предполагают совершение дополнительных действий, например, передачу сообщения на иной частоте, либо усиление принятых сигналов, и дальнейшую их ретрансляцию. Большее распространение транспондеры получили в авиации, космической отрасли, военном деле, а также в задачах повсеместного внедрения систем радиочастотной идентификации (RFID) [1]. При этом сами транспондеры могут представлять собой, как и достаточно сложные радиотехнические устройства, так и иметь простейшую конструкцию, предполагающую их широкомасштабное использование. В последнем случае энергетика линий связи оказывается достаточно слабой, что существенно сужает радиус функционирования системы в целом.

Одним из способов расширения радиуса действия системы RFID является включение в состав транспондера усилителя радиочастотных сигналов. Совершенно очевидно при этом, что, чем выше его коэффициент усиления, тем больше радиус действия всей системы. По определенным соображениям усилитель такого транспондера целесообразно делать однопортовым, совмещая при этом его вход и выход [2]. Такой усилитель относится к классу регенеративных усилителей или усилителей с положительной обратной связью [3]. Известно, что основные параметры усилителя и стабильность его работы зависят от глубины положительной обратной связи. Таким образом, требуется решить противоречивую задачу: с одной стороны необходимо получить максимальной усиление транспондера, с другой — обеспечить его стабильную работу, поскольку в этом случае от стабильности работы последнего зачастую зависит и стабильность работы всей системы RFID.

Предварительные теоретические и экспериментальные исследования показали, что используя в регенеративном однопортовом усилителе один транзистор, трудно обеспечить его стабильную работу при коэффициенте усиления больше 20 дБ.

В работе предлагается использовать каскадное соединение нескольких однопортовых резонансных транзисторных усилителей. При этом каждый каскад усилителя построен по регенеративной схеме. Принципиальная схема усилителя показана на рис. 1. Непосредственное усиление происходит за счет действия положительной обратной связи в каждом каскаде резонансного однопортового усилителя.

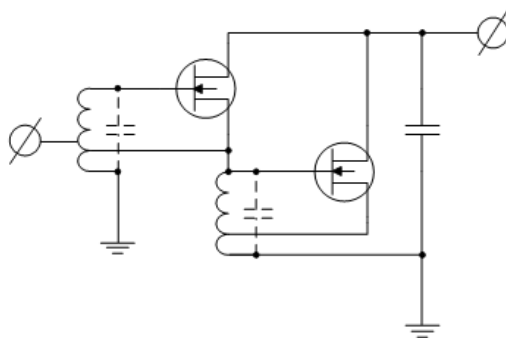


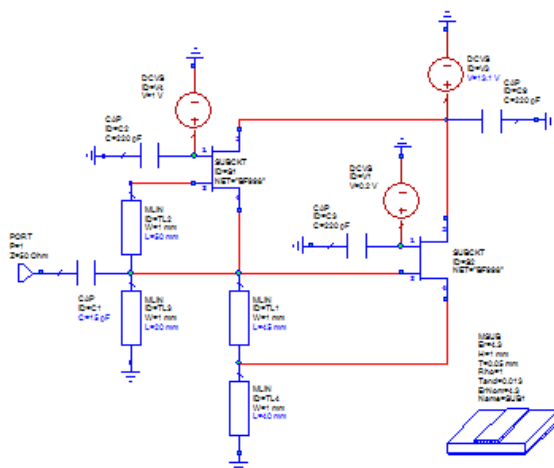
Рис. 1 — Принципиальная схема каскадного однопортового резонансного транзисторного усилителя

Показанная схема каждого каскада усиления напоминает генератор Хартли, однако все параметры схемы и режимов работы транзисторов подобраны таким образом, чтобы генерация сигналов не наступала.

Существенное преимущество данного типа усилителя, по сравнению с однокаскадными аналогами, заключается, прежде всего, в его повышенном коэффициенте усиления, которое может достигать 40 дБ и более. Кроме того, подобные усилители обладают малым уровнем шумов [3]. Активный элемент усилителя выбирается стандартным, а рабочий режим транзистора по постоянному току выбирают таким, чтобы усиление каждого из каскадов было небольшим, что исключает дополнительную настройку усилителя, и обеспечивает его стабильную работу.

Количество подключаемых каскадов может быть произвольным, но на практике оно обычно ограничивается двумя. Применение большего числа каскадов в таком усилителе приводит к повышению его общего коэффициента усиления, что, в свою очередь, делает работу однопортового усилителя принципиально неустойчивой.

На рис. 2 показан рабочий лист усилителя в программной среде Microwave Office. Усилитель реализован в микрополосковом исполнении. Результаты симуляции работы усилителя показаны на рис. 3.



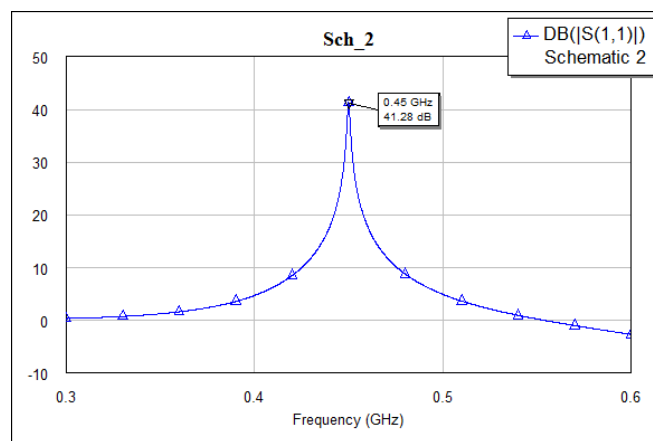


Рис. 3 — Результаты симуляции

Следует понимать, что при данной конфигурации схемы и среды симуляции, полученный коэффициент усиления в 41,28 дБ является идеализированным. При разделении падающей и отраженной волн использовалась идеальная модель циркулятора. Очевидно, что реальный коэффициент усиления устройства будет определяться также и степенью согласования порта усилителя с нагрузкой.

Таким образом, используя данное схемотехническое решение при построении транспондера, можно получить существенный выигрыш в дальности действия (при малом уровне шумов) системы RFID в целом.

Литература

1. Shirokov I. B. The Multitag Microwave RFID System with Extended Operation Range / in book Chipless and Convention Radio Frequency Identification: Systems for Ubiquitous Tagging, IGI Global, 2012. — 344 p. / P. 197-217.
2. Широков І. Б. Спосіб збільшення дальності дії системи багатоабонентної радіочастотної ідентифікації / Патент України № 100897 Оп. в Б. № 3 от 11.02.2013, МПК G01R 29/08 (2006.01), G01S 13/00.
3. Venguer A. P., Medina J. L., Chávez R., Velázquez A. Low Noise One-Port Microwave Transistor Amplifier, Microwave and Optical Technology Letters: Vol. 33, No. 2, pp. 100-104, Apr (2002).

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

УДК 666.189.2:666.22

ОСНОВНІ НАПРЯМИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ОПТИЧНИХ ВОЛОКОН ТА КАБЕЛІВ

Каток В.Б., к.т.н., Руденко І.Е.

ПАТ “Укртелеком”, vkatok@ukrtelecom.ua, irudenko@ukrtelecom.ua

Basic directions of standardizations of optical fibers and cables

The analysis of basic ITU-T Recommendations by optical fibers and cables for telecommunication. Given attributes and definitions of optical fibres. Recommendations of optimum use of various types of optical fibres are offered.

Наближується півсторічний ювілей ери оптичного зв'язку. Півсторіччя – дата коли можна підбити певні підсумки та визначити шляхи для подальшого розвитку. А почалось все в 1966 році, коли Чарльз Као та Джордж Хокхем публікують результати своїх досліджень [1], в яких вони викладають особливості волоконно-оптичних телекомунікаційних технологій. І вже з 80-х років минулого століття нова технологія отримала широкого застосування.

Сьогодні виробництво оптичного волокна (ОВ) перевищує 60 млн. км на рік, тобто щохвилини у світі прокладається понад 100 км оптичного волокна.

З середини 70-х років почалась розробка нормативних документів – стандартів, рекомендацій, норм тощо – в області волоконно-оптичної техніки. Вже в 1980 році Міжнародний консультативний комітет по телефонії та телеграфії (МККТТ), нині ITU-T, затвердив першу Рекомендацію по ОВ. Сьогодні розробкою стандартів по ОВ та волоконно-оптичним кабелям (ВОК) займаються такі міжнародні інститути та організації, як ІЕС (International Electrotechnical Commission), ІСО (International Standards Organization), ІТУ-Т (International Telecommunication Union – Telecommunication), ЕТСІ (European Telecommunications Standards Institute), Беллкор (Bell Communications Research), національні організації з стандартизації тощо [2].

Перші ОВ, що використовувались для потреб зв'язку були багатомодові і розроблялись для роботи на довжинах хвиль 850 та 1300 нм. Перша Рекомендація ІТУ-Т G.651 була прийнята у 1988 р. В 2007 р. замість неї була затверджена чинна сьогодні Рекомендація G.651.1. Нині багатомодові ОВ використовуються головним чином на місцевих мережах зв'язку на базі систем передавання плезіохронної цифрової ієрархії з робочою довжиною хвилі $\lambda=1300$ нм. Останнім часом багатомодові ОВ застосовуються на локальних комп'ютерних мережах та розподільних лініях мереж в середині приміщень.

Слід зазначити, що перша версія Рекомендації ІТУ-Т стосовно одномодових ОВ - G.652 була затверджена у жовтні 1984 р. За цей час вона неодноразово переглядалась. Суттєво змінились технічні вимоги до характеристик ОВ, зросла кількість вказаних характеристик.

В середині 90-х років минулого століття почались роботи з впровадження волоконно-оптичних систем зі спектральним розділенням каналів (WDM – Wavelength Division Multiplexing). На початку свого розвитку спектральне ущільнення здійснювалось шляхом об'єднання двох основних довжин хвиль (1310 нм та 1550 нм), що дозволяло підвищити пропускну спроможність системи.

Пізніше вдалось зменшити концентрацію іонів гідроксильної групи (OH^-) в матеріалах ОВ, що зумовило розширення робочого діапазону довжин хвиль. Такі зміни сприяли впровадженню технологій WDM. Сьогодні для WDM систем зв'язку стандартизовано шість діапазонів від 1260 нм до 1675 нм. Спектральні характеристики ОВ згідно діючої версії Рекомендації ІТУ-Т G.652 приведені на рис. 1.

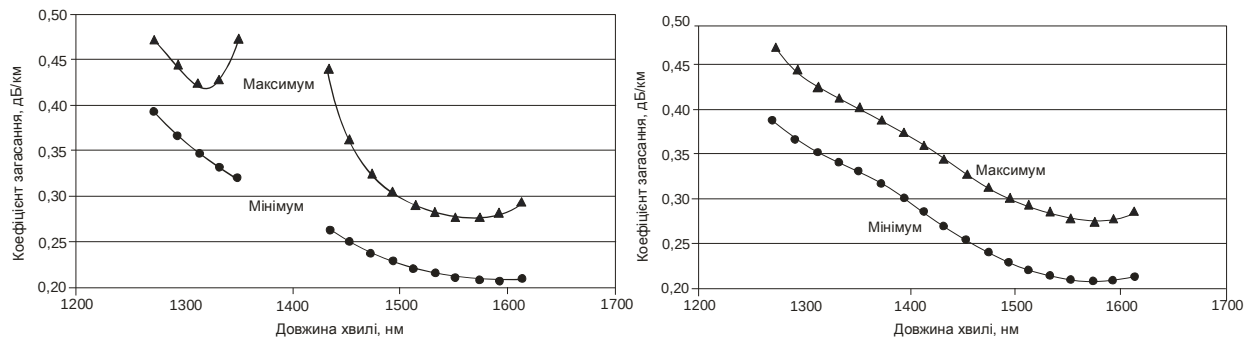


Рисунок 1 – Спектральні характеристики загасання ОВ G.652.A, B (а) та G.652.C, D (б)

Рекомендація ITU-T G.653 по одномодовим ОВ зі зміщенням дисперсії була затверджена у 1984 р. Ці ОВ знайшли застосування в системах зв'язку на базі синхронної цифрової ієрархії рівня STM-16 і вище, причому, головним чином, в США, Канаді, Мексиці та Японії. В Європі ці ОВ майже не застосовувались через відсутність потреби в лініях дуже великої довжини та відносну дорожнечу.

Спеціально для морських ВОЛЗ були розроблені ОВ, в яких серцевина виготовлена з чистого кварцу, а відбиваюча оболонка легована фтором – присадкою, що зменшує коефіцієнт заломлення. Такі ОВ відповідають Рекомендації ITU-T G.654 (перша версія прийнята в 1988 р).

Спеціально для систем із спектральним ущільненням (DWDM, CWDM) були розроблені одномодові ОВ із зміщеною ненульовою дисперсією. Характеристики цих ОВ регламентовані в Рекомендації ITU-T G.655 (запроваджена з 1996 р.). ОВ розраховані для роботи в широкому діапазоні довжин хвиль. Вибір конкретного типу ОВ залежить від використовуваного діапазону довжин хвиль, щоб забезпечити нульове або досить мале значення дисперсії. Крім того, в межах обраного робочого діапазону дисперсія має бути одного знаку і не менше 2–4 пс/(нм·км).

У зв'язку з впровадженням CWDM та DWDM оптичних систем передачі в грудні 2006 р. була затверджена перша версія Рекомендації ITU-T G.656, яка визначає характеристики одномодового волокна та кабелю з ненульовою дисперсією для широкополосної оптичної передачі. Такі ОВ можуть використовуватись в усьому діапазоні довжин хвиль від 1460 нм до 1675 нм, який включає чотири спектральні смуги S (1460–1530 нм), C (1530–1565 нм) L (1565–1625 нм), та UL (1625–1675 нм).

На початку 90-х років розпочалось впровадження ОВ та ОК на мережах доступу. При цьому виникла потреба у застосуванні ОК з дуже малими радіусами згину (менше 10–15 мм). Для застосування на оптичних мережах доступу Рекомендацією ITU-T G.657 (перша версія затверджена у 2006 р.) було прийнято одномодові ОВ та ВОК, не чутливі до втрат на згинах. Ці ОВ розроблені з метою забезпечити надійну роботу широкосмугових оптичних систем при застосуванні кабелів в умовах реальних будівель, де не має можливості забезпечити великі радіуси викладки ВОК. ОВ поділені на дві категорії, характеристики яких приведені на рис. 2.

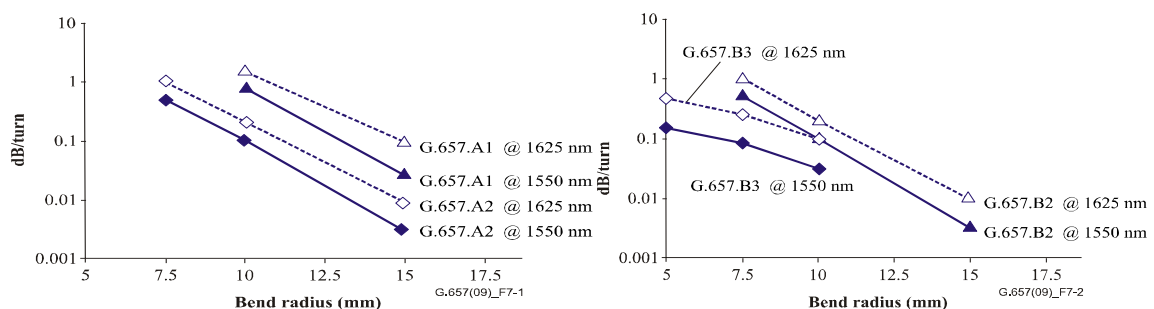


Рисунок 2 – Втрати на макрозгинах для ОВ G.657 класу А (а) та класу В (б)

Особливості конструкції, а також характеристики – оптичні, механічні та стійкості до впливів довкілля – для ВОК зв'язку визначаються низкою Рекомендацій ІТУ-Т:

- ВОК для прокладання в кабельній каналізації та тунелях (Рекомендація ІТУ-Т L.10);
- ВОК для підвішування на опорах або повітряного застосування (Рекомендація ІТУ-Т L.26);
- ВОК для прокладання в ґрунт (Рекомендація ІТУ-Т L.43);
- ВОК для внутрішнього прокладання (Рекомендація ІТУ-Т L.59);
- маловолоконні ВОК для внутрішнього прокладання (Рекомендація ІТУ-Т L.67);
- ВОК для прокладання в трубах водостічної каналізації (Рекомендація ІТУ-Т L.78);
- ВОК для абонентської проводки (Рекомендації ІТУ-Т L.87);
- ВОК для підводного прокладання (Рекомендація ІТУ-Т G.978).

Усі Рекомендації ІТУ-Т гармонізовані з чинними стандартами ІЕС.

Література:

1. Kao, K. C.; Hockham, G. A. (1966). "Dielectric-fibre surface waveguides for optical frequencies". *Proc. IEE* 113 (7): 1151–1158.
2. В.Б. Каток, А.С. Ковтун, И.Э. Руденко. Оптика по высшим стандартам / — Сети и телекоммуникации, № 11, 2004. — с. 62-70.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕТИ IP / MPLS

Романов А.И., Куриленко Д.М., Маньковский В.Б., Хазрон И.О.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», kurilenkod@gmail.com

Одной из основных задач исследования телекоммуникационных сетей является определение и прогнозирование основных характеристик их функционирования при определенных вариантах структурно-топологического построения и различных условиях эксплуатации. При этом могут использоваться различные методы. Главное требование к ним – это возможность получения численных значений требуемых показателей функционирования. Многочисленные исследования показывают, что с точки зрения соотношения эффект/затраты целесообразно использовать метод имитационного моделирования.

Для исследования параметров качества обслуживания в сети IP/MPLS была разработана имитационная модель, содержащая следующие компоненты: участок опорной MPLS-сети с возможностью изменения конфигурации, источники нагрузки, устройство измерения параметров качества обслуживания. В качестве облака MPLS-сети выбрана топология, содержащая 4 MPLS-маршрутизатора. Из них два выполняют функции граничных маршрутизаторов ELSR. Остальные маршрутизаторы LRS выполняют функции транзитных, производящих коммутацию по меткам.

В сети предусмотрено несколько путей передачи. Для резервирования путей предусмотрено использование протокола RSVP. В сеть поступает 3 вида трафика с различными приоритетами. На первом этапе для формирования маршрутов используется протокол OSPF. В дальнейшем формирование трактов с коммутацией по меткам обеспечивается протоколом LDP. В ходе исследований имеется возможность изменять пропускные способности ветвей сети. С этой целью, маршрутизаторы с помощью соответствующих ссылок имеют возможность изменять значения пропускной способности прилегающих к ним ветвей.

В модели предусмотрено использование технологии TE (Traffic Engineering) на базе использования архитектур IntServ и DiffServ. В архитектуре IntServ применяется протокол резервирования ресурсов RSVP. Передача данных пользователя начинается после завершения процесса сквозной RSVP-сигнализации, что гарантирует необходимый уровень QoS. При использовании DiffServ имеется возможность использовать приоритетные дисциплины обслуживания.

Теоретически архитектура IntServ обеспечивает высокий уровень QoS сравнению с DiffServ. Система управления IntServ позволяет резервировать сетевые ресурсы для каждого потока. Но IntServ сложнее и дороже в практической реализации. Она предъявляет более высокие требования к аппаратному и программному обеспечению узлов сети [2]. Предлагаемая модель позволяет использование протокола RSVP совместно с IntServ и DiffServ для конфигурирования параметров в конечных узлах [3].

В качестве среды моделирования было выбрано программное обеспечение GNS3 (Global Network Simulator 3). Оно позволяет полностью воспроизвести работу сетевых устройств компаний Cisco Systems, эмулируя их сетевые операционные системы на персональном компьютере. При этом имеется возможность гибко настраивать маршрутизаторы для изменения необходимой конфигурации. Операционная система IOS позволяет моделировать поддержку MPLS, QoS, RSVP и другие необходимые компоненты.

Источники нагрузки позволяют обеспечить функционирование сети в режимах малой загрузки и перезагрузки. Такая реализация возможна при моделировании с применением программного обеспечения Iperf. Измерительное устройство позволяет определить следующие параметры качества обслуживания: потери пакетов, величину задержку, джиттер, интегральные показатели качества передачи голоса. Техническая реализация включает

программный продукт компании Cisco Systems - IP SLAs, который позволяет анализировать уровень обслуживания услуг, повышать производительность, сокращать оперативные расходы и уменьшать частоту сетевых отказов [5].

В докладе будут представлены результаты моделирования оценки качества обслуживания в сети на базе технологии IP / MPLS с помощью IP SLAs.

Литература

1. Нестеренко М.М., Манкіський В.Б., Хазрон І.О., Куриленко Д.М.

Порівняльна характеристика операційних витрат при обслуговуванні пакетів на магістралях IP і MPLS. Науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій": Матеріали конференції. К.: НТУУ "КПІ", 2012.

2. Xiaoling Sun. Research on QoS of Next Generation Network Based on MPLS. IEEE International Conference on Information Science and Technology. Wuhan, Hubei, China; March 23-25, 2012.

3. Кучерявый Е. А. Управление трафиком та качество обслуживания в сети Интернет. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 336 с.: ил.

4. Евсеева О. Ю. Методика экспериментального исследования методов управления трафиком в сети [Электронный ресурс] // Проблемы телекомунікацій. – 2011. – № 3(5). – С. 89 – 104. Режим доступа к журн.: http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113_yevseyeva_experiment.pdf.

5. IP SLAs Configuration Guide, Cisco IOS Release 15.2MT.

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАМІНИ МАРШРУТИЗАТОРІВ В IP-МЕРЕЖІ НА ОБЛАДНАННЯ MPLS В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД МЕРЕЖНОЇ ЗАТРИМКИ

Пасько С. П., Пасько В. П., Латуха А. В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ» , kirrov@bigmir.net

Determination of target substitution routers of IP network for equipment MPLS depending on time delay

The main focus of the paper is on appropriateness the feasibility of replacing equipment IP transport network on MPLS without changing the cabling infrastructure as a criterion - the time delay in network.

Мережі MPLS забезпечують високі параметри якості обслуговування, методи і можливості закладені розробниками дозволяють ефективно використовувати всі наявні мережні ресурси, розширюють спектр сервісів. Основний акцент в статті зроблено на оцінці доцільності заміни обладнання транспортної IP-мережі на MPLS без зміни кабельної інфраструктури, в якості критерію – час мережної затримки.

Дана стаття описує доцільність переходу в транспортних мережах IP на обладнання MPLS, тобто знайти області раціонального використання тієї чи іншої технології. В якості критерію виступає час мережної затримки, який залежить від об'єму повідомлення (кількості пакетів), кількості транзитних вузлів, завантаженості мережі, розподілу трафіку в часі і прийнятої політики обслуговування.

У процесі розв'язку завдання передбачається використовувати ряд допущень:

- 1) продуктивність вузлів і ліній на всіх ділянках мережі однакова й не залежить від часу;
- 2) довжина пакета не залежить від типу й виду переданої інформації і є величиною постійної;
- 3) не залежно від використовуваної технології пакети одного повідомлення передаються по шляхах, що мають однакову довжину й параметри обслуговування.

В якості вихідних даних слугують:

- 1) Граф, або матриця зв'язності IP-мережі
- 2) Дані про розподіл трафіку. Тобто скільки пакетів передавалось по лініям і напрямкам зв'язку, розподіл пакетів в часу. Ці цифри можуть бути взяті з систем моніторингу або/і прогностичних моделей поведінки користувачів.
- 3) Параметри маршрутизаторів – співвідношення між часом на операції:
 - час передачі пакета дейтаграмним способом $t_{\alpha\delta} = 10$ одиниць часу
 - час передачі у зворотному напрямку пакету-підтвердження запиту LDP $t_{i\alpha\delta} = t_{\alpha\delta} / 3$
 - час просування інформаційного пакету між IP-маршрутизаторами (затримка в лінії зв'язку) $t_{\alpha\delta} = t_{\alpha\delta} / 100$
 - час необхідний для формування запиту на резервування ресурсів протоколом RSVP «поверх» протоколу LDP $t_{\delta} = 3t_{\alpha\delta} / 2$
 - час просування пакету-запиту протоколу RSVP $t_{i\delta} = t_{i\alpha\delta} = t_{\alpha\delta} / 3$
 - час передачі у зворотному напрямку запиту протоколу RSVP з резервуванням $t_{\delta\alpha\delta} = t_{\alpha\delta}$
 - час просування пакету-запиту протоколу RSVP між маршрутизаторами (затримка в лінії зв'язку) $t_{\alpha\delta} = t_{\alpha\delta} / 100 \cdot 1,01$

- час просування пакету-підтвердження протоколу RSVP між маршрутизаторами (затримка в лінії зв'язку) $t_{\text{ctrl\_rsvp}} = (t_{\text{ad}} / 100) \cdot 1,02$
- час на визначення приналежності IP-пакету до певного класу FEC $t_{\text{fec}} = t_{\text{ad}}$
- час передачі пакета за допомогою комутації по міткам, це співвідношення являється головним при оцінці доцільності цієї чи іншої технології $t_{\text{cl}} = 2t_{\text{ad}} / 3$, тобто комутація на основі заміни мітки в середньому на третину швидша чим вибір маршруту деїтаграмним способом
- час просування інформаційного пакету між MPLS-маршрутизаторами (затримка в лінії зв'язку) $t_{\text{ctrl\_mpls}} = (t_{\text{ad}} / 100) \cdot 1,03$

Порівняльну оцінку ефективності технологій MPLS і IP пропонується провести за сумарним часом обробки пакетів на всіх вузлах трактів передачі. Як критерій переваги тієї або іншої технології буде використовуватися різниця часу доставки Δt повідомлення в мережах MPLS ($T_{\text{ad}} \text{ до MPLS}$) і IP ($T_{\text{ad}} \text{ до IP}$): $\Delta t = T_{\text{ad}} \text{ до MPLS} - T_{\text{ad}} \text{ до IP}$. На ділянках мережі, де $\Delta t > 0$, доцільно використовувати протокол IP, а там де $\Delta t < 0$, доцільнішою буде технологія MPLS. Детально описаний процес оцінки одного каналу (побудована математична модель) в статтях [1-2], дана робота в значній мірі спирається на результати отримані в них.

Різниця в часі передачі в напрямку зв'язку буде рівною (без врахування розподілу пакетів у часі):

$$\Delta t(N, K, \rho) = t_{\text{LSP-TE}}(N) + t_{\text{RSVP-TE}}(N) + \chi(\rho) \cdot \Delta t_{\text{MPLS-IP}}(N, K), \text{ де:}$$

$t_{\text{LSP-TE}}(N)$ – час, який затрачається на формування LSP-тунелю;

$t_{\text{RSVP-TE}}(N)$ – час, який затрачається на формування RSVP-тунелю (за необхідності);

$\Delta t_{\text{MPLS-IP}}(N, K)$ – різниця між часами передачі K пакетів підряд в технологіях MPLS (по уже сформованому тунелю) і IP.

Функція $\chi(\rho)$ – це функція, яка враховує величину завантаження вузлів. Її зміст полягає в тому що при завантаженні мережі (вузла) рівному ρ , час передачі пакета збільшується в $\chi(\rho)$ раз.

З врахуванням розподілу трафіку різниця в часу передачі повідомлення у напрямку зв'язку в мережах MPLS і IP (абсолютне значення):

$$\Delta t(N, K, \rho) = R \cdot (t_{\text{LSP-TE}}(N) + t_{\text{RSVP-TE}}(N)) + \sum_{i=1}^P \chi(\rho_i) \cdot \Delta t_{\text{MPLS-IP}}(N, K_i)$$

R – кількість проміжків часу без передачі інформації які перевищують допустимий час простою тунелю – t_{max} , після якого відбувається його руйнування;

P – кількість пачок – пакетів, що слідують друг за другом по даному тунелю, пакети вважаються пачкою, якщо проміжок часу між ними (сусідніми), не перевищує t_{min} ;

K_i – кількість пакетів в i -ій пачці;

ρ_i – завантаження мережі в час передачі i -ої пачки пакетів.

Значення P і K_i знайти досить складно – це потребує значних затрат і сильно ускладнює розрахунки в подальшому. Вже з'ясовано [1-2], що доцільність застосування MPLS росте при зростанні відношення K/N , $\hat{E} \rightarrow 0$, N - число маршрутизаторів в ланцюгу, тобто діапазон зміни відносно невеликий. Тоді від K_i можна перейти до $K_{\text{ндо}} \approx \hat{E} / D$, в результаті:

$$\Delta t(N, K, \rho) = R \cdot (t_{LSP-TE}(N) + t_{RSVP-TE}(N)) + \sum_{i=1}^P \chi(\rho_i) \cdot \Delta t_{MPLS-IP}(N, K_i) \approx R \cdot (t_{LSP-TE}(N) + t_{RSVP-TE}(N)) + P \cdot \chi(\rho) \cdot \Delta t_{MPLS-IP}(N, K/P) \approx R \cdot (t_{LSP-TE}(N) + t_{RSVP-TE}(N)) + \chi(\rho) \cdot \Delta t_{MPLS-IP}(N, K)$$

Графічно результати відображено на рис.1:

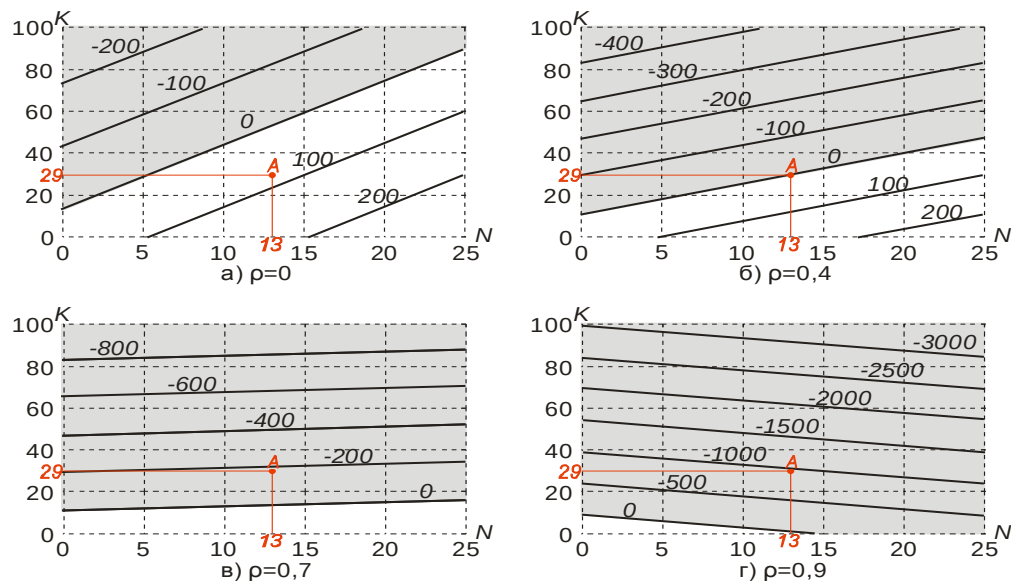


Рис.1. Різниця в часі доставки повідомлення в мережах MPLS і IP

Для прикладу розглянемо випадок коли треба передати повідомлення із 29 пакетів і через тракт який складається із 13 проміжних маршрутизаторів, на рис.1 точка А. При завантаженні складових тракту (ρ) близькому до нуля IP-мережа передасть дане повідомлення на 80 одиниць часу швидше чим мережа MPLS, рис.1а). При $\rho=0,4$ час передачі обох мережах буде однаковий, рис.1б). В випадках $\rho=0,7$ (рис.1в), $\rho=0,9$ (рис.1г) мережа MPLS виграватиме на 180 і 970 одиниць часу відповідно.

Отже, на основі накопиченої статистичної інформації про стан мережі, або проектних даних при проектуванні (середня завантаженість в певний період доби, тижня і т. д. завантаженості вузлів, об'єм і напрям основних потоків трафіку) оператор зв'язку може обрати більш швидку технологію. І, як наслідок, отримати економічні вигоди:

- можливість визначити область раціонального використання той чи іншої технології
- збільшити пропускну здатність мережі
- підвищити якість обслуговування, в MPLS є можливість надавати гарантовані параметри (з дуже малим відсотком ймовірності недодержання цього рівню)
- визначити шляхи зниження непродуктивного навантаження в мережі.

Проте, оператору необхідно враховувати додаткові технічні переваги MPLS в порівнянні з IP, також провести економічний аналіз.

В цілому ж, як показав аналіз, технологію IP доцільно використовувати в мережах з пульсуючими і малооб'ємними потоками трафіку, мережах значним розмірів (діаметру) з сильно пульсуючим трафіком.

В разі застосування MPLS її переваги стають більш відчутними при групуванні користувачів (трафіку). Плюси даної технології зростають з рівнем завантаженості мережі. Математичний апарат, наведений в статті, дозволяє провести границю демаркації по критерію часу доставки пакетів між транспортними мережами (MPLS) і мережами доступу/агрегації/дистрибуції. Аналізуючи сучасні мережі, можна сказати, що MPLS не доцільно використовувати в локальних мережах, великих корпоративних мережах, особливо з розподіленими базами даних і адаптивними системами моніторингу.

Література

1. Романов О.І., Пасько, С.П., Маньківський В.Б. Порівняльна оцінка часу обслуговування повідомлень в мережах IP і MPLS // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ», №3-2011, с.83-93.
2. Романов О.І., Пасько, С.П. Оцінка часу затримки в мережах IP і MPLS при обслуговуванні повідомлень у складних багатотранзитних напрямках зв'язку// Науково-технічний журнал «Наукові вісті НТУУ “КПІ”» №5-2011, с.11-20.

РОЗРОБКА ПІДХОДІВ ДО ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНКИ ПРОБЛЕМНИХ ЗОН ІНФРАСТРУКТУРИ ОПЕРАТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ

Тарасенко І. В., Каток В. Б., Попович З. О., Єршов Ю. В., Пасько С. П., Дудко О. В.

Філія «Дирекція розвитку інфраструктури» ПАТ «Укртелеком»

Develop an approach to identify and evaluates problem areas on infrastructure operators of communications

The main focus of the paper is the optimum allocation of scarce resources of a telecommunication enterprise under the conditions of fixed line cooper infrastructure aging process. The multi-round expert survey was conducted to identify and evaluate problem areas investment should focus and engineering solutions should be chosen to slow the aging process without attraction of significant infrastructure investments with long payback. On this ground conclusions about the superior significance of two major problem areas (ENERGY SAVING and SWITCH AGGING) were made and recommendations on the preference of some specific technologies and engineering solutions were proposed.

В останні роки в умовах глобальної економічної кризи відносно знизилась економічна привабливість здійснення масштабних інвестицій в телекомунікаційну інфраструктуру, особливо це стосується інфраструктури фіксованого зв'язку. Постають питання про те як найбільш правильно, оптимально розподілити обмежені ресурси підприємства, в які області (проблемні зони) доцільно вкладати кошти. Чи можливо, якщо не зупинити, то принаймні уповільнити процес старіння інфраструктури без залучення значних обсягів інвестицій з великим терміном окупності? Як за умови обмежених інвестиційних ресурсів та наявних додаткових обмежень щодо термінів окупності уповільнити процес згортання традиційної інфраструктури та зробити в майбутньому перехід на нову максимально «безшовним»? Пошуку відповіді на ці питання було присвячено дослідження, яке було проведено методом експертних оцінок [1] у ПАТ «Укртелеком».

В рамках знаходження проблемних зон (опрацювання експертних оцінок) був створений спеціалізований програмний продукт [2]. Застосування комп'ютера дозволяє наочно зобразити розподіл взаємної узгодженості експертних оцінок, надає можливість визначати наявність високоузгоджених підгруп експертів і так званих «еретиків», чітко їх ідентифікувати та розраховувати показники узагальненої думки і ступеню узгодженості їхніх оцінок для кожної підгрупи.

Із багатьох різновидів експертних оцінок обрано рангові експертні оцінки важливості (доцільності, актуальності, критичності тощо) певних проблемних зон.

Застосування рангових методів пояснюється тим, що завжди можна проранжувати члени певної сукупності у відповідності до їхнього розташування на шкалі. У цьому випадку ранжування можна розглядати як менш точний (у порівнянні, наприклад, з оцінками в балах) спосіб відображення впорядкованого відношення членів сукупності, менш точний тому, що він не дає відомостей про те, наскільки близько одне до одного розташовані на шкалі різні члени сукупності. Проте, те, що ранжування втрачає у точності, воно виграє в інваріантності відносно розтягування (стиснення) шкали, оскільки, якщо розтягнути або стиснути шкалу, ранжування не зміниться. Ця властивість рангової оцінки виявляється вельми доречною, оскільки у більшості випадків бальної оцінки неможливо забезпечити однозначне розуміння всіма експертами ціни бала.

Детально покращену методику обробки експертних оцінок і роботу створеного програмного забезпечення можна розглянути в [2].

Виявлення та оцінка проблемних зон розвитку інфраструктури оператора зв'язку здійснювалася у два етапи:

Перший етап – експерти (функціональні топ-менеджери технічного напрямку) вказували перелік проблемних зон (критичної/важливої/актуальної з точки зору конкурентоспроможності та/або прибутковості зон розвитку інфраструктури). Перед тим як вказувати переліки був проведений «мозковий штурм» – обговорення проблемних зон, можливий шляхів їх вирішення за участю директора філії та директорів департаментів.

В ПАТ «Укртелеком» в результаті були виявлені основні проблемні зони:

- ЕНЕРГІЯ: зменшення витрат на енергозабезпечення (в першу чергу зменшення споживання енергоресурсів необхідних для функціонування телекомунікаційного обладнання).
- ПРАЦЯ: забезпечення росту рівня оплати праці на одного працівника без збільшення загального фонду оплати праці.
- СТАРІННЯ: збереження рівня матеріальних та інших операційних витрат в умовах старіння мережі та зростанні рівня зносу обладнання.
- ПЛОЩІ: зменшення обсягів використання площ для розміщення телекомунікаційного обладнання в т.ч. орендованих приміщень, будівель та земельних ділянок.
- ІТ: збереження існуючого рівня матеріальних та інших витрат в умовах зростання рівня автоматизації та обсягів використання автоматизованих систем (збільшення кількості робочих місць, обсягів зберігання і передавання даних, тощо).
- АМОРТИЗАЦІЯ: оптимізація обсягів амортизації для досягнення беззбитковості.
- ТРАНСПОРТ: зменшення витрат на транспорт при умові збереження обсягів інфраструктури, яка обслуговується.

На другому етапі експерти (у два тури лінійні регіональних менеджери та їх заступники з технічного напрямку) заповнюють анкету, в якій наведений попередній перелік проблемних зон розвитку інфраструктури (без позначення їхніх рейтингів). Експерти подали інвестиційні проекти(пропозиції) по зменшенню економічних витрат з вказівкою причин та заходів щодо їх оптимізації та орієнтованим періодом окупності.

Найбільш актуальними в рамках ПАТ «Укртелеком» виявилися проблемні зони ЕНЕРГІЯ та СТАРІННЯ.

Як показав попередній аналіз, найменший період окупності інвестицій, в цілому, в проектах націлених на зменшення витрат на енергозабезпечення. По абсолютним показникам складових даної проблемної зони (ЕНЕРГІЯ) самий значний вклад вносить заміна/модернізація електроживильних установок, обладнання проводового мовлення на основі електровакуумних пристроїв, економія тепла та кондиціювання, раціоналізація освітлення приміщень.

Актуальне питання проблемної зони «СТАРІННЯ» - виведення з експлуатації декадно-крокових і координатних АТС (автоматичних телефонних станцій). З економічної точки зору, недоцільно проводити заміну старого обладнання на цифрові АТС. Найбільш перспективно виконувати підключення користувачів АТС, котрі виводяться з експлуатації, до існуючих цифрових АТС використовуючи вільну ємність або розширюючи її за допомогою додаткових абонентських комплектів. Проте з орієнтацією на перспективу оптимальний варіант – підключення до POTS-плат DSLAM (мультиплексор доступу цифрової абонентської лінії xDSL).

Отже, був проведений аналіз в які області (проблемні зони) найбільш доцільно вкладати кошти, як оптимально розподілити обмежені ресурси підприємства. Самими актуальними виявилися підходи до зменшення витрат на енергозабезпечення (заміна електроживильних установок) і модернізації існуючої структури телефонної мережі загального користування (заміна застарілих автоматичних телефонних станцій). Дане дослідження внесло корективи в плани розподілу фінансових потоків ПАТ «Укртелеком» на 2013р. В рамках задачі знаходження проблемних зон був створений програмний продукт, запропонований новий, покращений метод експертних оцінок [2].

Література

1. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании / Добров Г.М., Ершов Ю.В., Левин Е.И., Смирнов Л.П – К.: Наук. думка, 1974. - 160 с.
2. Ю.В. Ершов, С.П. Пасько, В.П. Пасько Когнітивна комп'ютерна графіка для аналізу узгодженості експертних оцінок // Наука та наукознавство, 2013 р., прийнято до друку

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕДАЧИ ПРОВОДОВ ДОВОМОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ТЕХНОЛОГИИ BPL

Ляховецкий Л.М., Заблоцкий С.А.

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, ugas@ukr.net

Доклад посвящен исследованию высокочастотных параметров передачи проводов домово́й электропроводки, используемой в технологии широкополосного доступа BPL. Осуществлены расчеты и измерения параметров передачи провода ППВ 2х2,5, используемого в домово́й электропроводке, в диапазоне частот до 32 МГц.

Одной из технологий широкополосного доступа является технология BPL (Broadband over Power Lines), предполагающая использование на «последнем дюйме» проводов домово́й электропроводки [1]. Для того, чтобы оценить перспективы внедрения этой технологии в Украине, необходимо осуществить оценку достижимых с помощью этой технологии скоростей передачи данных при работе по проводам домово́й электропроводки отечественного производства. В свою очередь, для осуществления этой оценки необходимо знать частотные характеристики электрических параметров этих проводов в широком диапазоне частот, в котором работает оборудование BPL, - до 32 МГц. Сведения о высокочастотных характеристиках отечественных проводов электропроводки, среди которых широко применяются провода типа ППВ [2], в настоящее время отсутствуют.

Целью доклада является определение частотных характеристик электрических параметров передачи провода типа ППВ.

Расчёт погонных высокочастотных параметров двухжильного провода

С помощью методики расчета симметричных пар [3] осуществлены расчеты параметров передачи (погонное затухание, погонная фаза и модуль волнового сопротивления) двухжильного провода ППВ 2х2,5 в диапазоне частот от 1 до 32 МГц. В таблице 1 приведены рассчитанные значения этих параметров на нескольких частотах данного диапазона.

Измерение погонных высокочастотных параметров провода ППВ 2х2,5

Для проверки достоверности проведенных расчетов были осуществлены измерения частотных характеристик параметров передачи двухжильного провода ППВ 2х2,5 длиной 110 м. В таблице 2 и на рисунках 1 - 3 приведены результаты расчета и измерения погонных параметров передачи провода ППВ 2х2,5 длиной 100 м на нескольких частотах диапазона от 1 до 32 МГц.

Таблица 1 Результаты расчета погонных параметров передачи провода ППВ 2х2,5 в диапазоне частот от 1 до 32 МГц

Частота, МГц	1	4	8	12	16	20	24	28	32
Погонное затухание, дБ/100м	0,82	2,59	4,77	6,89	8,97	11,04	13,09	15,12	17,15
Погонная фаза, рад/100м	3,82	15,20	30,36	45,51	60,66	75,80	90,94	106,09	121,23
Модуль волнового сопротивления, Ом	127,3	126,7	126,5	126,4	126,4	126,3	126,3	126,3	126,3

Таблица 2 Результаты расчета и измерения погонных параметров передачи провода ППВ 2х2,5 в диапазоне частот от 1 до 32 МГц

Электрические параметры передачи	Результат	Значения параметров на частоте, МГц					
		1	4	10	16	20	31,25
Погонное затухание, дБ/100 м	измерения	0,91	2,95	9,45	9,48	16,85	17,26
	расчета	0,82	2,59	5,83	8,97	11,04	16,65
Погонная фаза, рад/100 м	измерения	3,49	12,79	31,60	50,06	62,72	95,94
	расчета	3,82	15,2	37,94	60,66	75,80	117,44
Модуль волнового сопротивления, Ом	измерения	57,5	128,3	93,4	186,4	151,9	202,6
	расчета	127,3	126,7	126,5	126,4	126,3	126,3

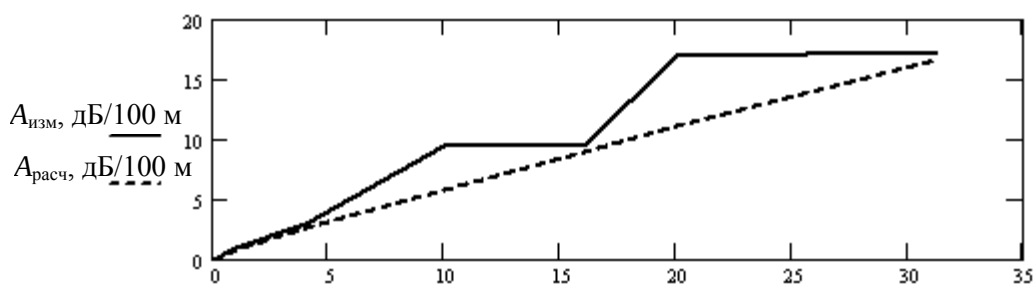


Рисунок 1 – Рассчитанная и измеренная зависимости погонного затухания провода ППВ 2х2,5 от частоты

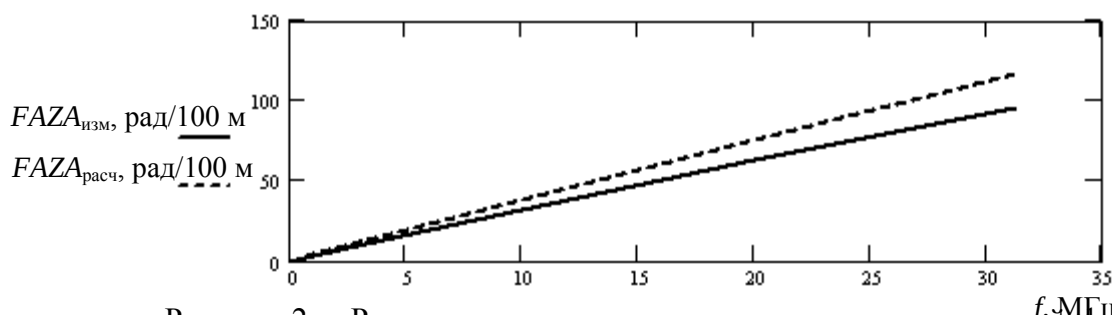


Рисунок 2 – Рассчитанная и измеренная зависимости погонной фазы провода ППВ 2х2,5 от частоты

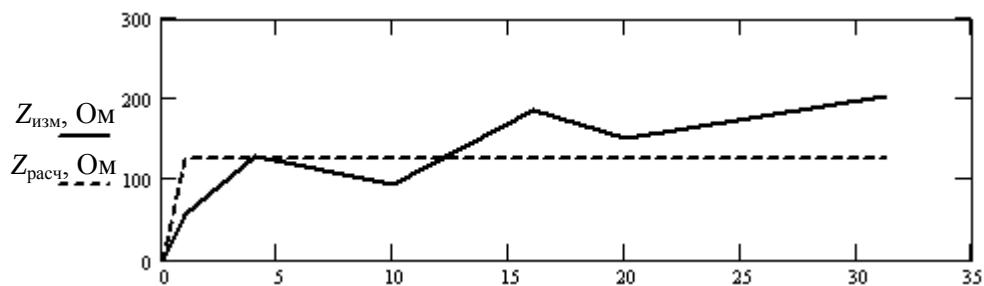


Рисунок 3 – Рассчитанная и измеренная зависимости модуля волнового сопротивления провода ППВ 2х2,5 от частоты

Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать следующие выводы:

1) Отклонение рассчитанных и измеренных значений погонных параметров передачи двухжильного провода ППВ 2х2,5 составило для погонного затухания от 3,6 до 38 %, погонной фазы – от 8 до 19 %; модуля волнового сопротивления – от 1,3 до 60 %.

2) Значительные отклонения рассчитанных и измеренных значений погонных параметров передачи на некоторых частотах можно объяснить технологией изготовления и качеством диэлектрика изоляции провода, который изначально был предназначен для использования на частоте 50 Гц.

3) Относительная близость результатов расчета и измерений говорит о применимости методики [3] для оценки высокочастотных параметров проводов домовой электропроводки.

Список литературы

1. *Питер Моррисси* Реализация технологии BPL / Питер Моррисси //Сети и системы связи, – 2007. – №11.

2. ГОСТ 6323-79 Провода с поливинилхлоридной изоляцией для электрических установок. Технические условия.

3. *Гроднев И.И.* Линии связи / Гроднев И.И., Верник С.М.– М.: Связь, 1988. – 588с.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ MPLS/VPN ДЛЯ ПОБУДОВИ ВІРТУАЛЬНИХ ПРИВАТНИХ МЕРЕЖ**Друзь В.В. Правило В.В.***Інститут телекомунікаційних систем, НТУУ «КПІ»***Application of MPLS/VPN for building virtual private network**

Increasing customer demand for virtual private networks has led to the emergence of various technologies that offer this kind of service. In connection with the passage of the convergence process, these solutions must meet the level requirements of converged networks. It must be reliable, secure private networks that meet the requirements for quality of service in the transmission of different types of traffic.

Зростаючий попит клієнтів на організацію віртуальних приватних мереж спричинив появу різних технологій, що пропонують даний вид сервісу. У зв'язку з протіканням процесу конвергенції ці рішення повинні відповідати рівню вимог, що пред'являються конвергентними мережами. Це мають бути надійні, безпечні приватні мережі, що відповідають вимогам за якістю обслуговування при передачі різнотипного трафіку.

Існує кілька моделей якості обслуговування. Серед них необхідно виділити технологію мультипротокольної комутації по мітках MPLS. Ця технологія має велику гнучкість у наданні нових послуг, масштабованість і ряд інших переваг. Спільно з протоколом RSVP-TE MPLS гарантує надання необхідного рівня якості обслуговування кожному потоку, що передається по мережі провайдера[1].

Протокол RSVP використовується в якості сигнального протоколу в моделі обслуговування IntServ. Протокол резервування ресурсів являє собою механізм, за допомогою якого прикладні програми інформують мережу про свої вимоги, які надаються різним програмам для передачі інформаційного трафіку з необхідною якістю. Таким чином, мережа може резервувати всередині себе ресурси для того, щоб забезпечити виконання пропонованих вимог або відмовити програмам. Слід зазначити, що RSVP дозволяє резервувати певне значення смуги пропускання для існуючого з'єднання, а не довільне.

У загальному випадку, під конвергенцією розуміють об'єднання мереж передачі звуку і відео з мережами передачі даних, і в першу чергу з Інтернет, з метою надання однакового набору послуг користувачам будь-якої мережі.

Альтернативним варіантом побудови окремих мереж зв'язку є створення єдиної мультисервісної мережі загального користування NGN, для передачі трафіку різного типу. Таке рішення дозволить відмовитися від дублюючих один одного мереж, а в перспективі дозволить впроваджувати нові послуги, забезпечуючи виконання їх специфічних вимог до швидкості і якості передачі[2].

Основне завдання мереж наступного покоління - передача будь-якого типу інформації від будь-якого користувача будь-якому іншому користувачу, незалежно від того, де користувачі розташовані, при цьому кожен тип інформації висуває свої вимоги до смуги пропускання, часу доставки, допустимому рівню втрат і ступеня захищеності.

Перед транспортним рівнем NGN стоїть завдання об'єднання технологій, пов'язаних з різними протоколами і інтерфейсами таким чином, щоб найбільш економічно задовольнити потреби в швидкості, пропускній здатності та якості обслуговування переданого трафіку.

Сьогодні найбільш розвиненими технологіями є технології IP і ATM. У силу того, що ці технології мають багато недоліків, вони не підходять як рішення для транспортної мережі. Так, протокол IP, повністю задовольняє першу вимогу, а завдяки технології VoIP (передачі голосу по IP-мережах) і другу, але в протоколі IP не передбачено функцій по забезпеченню гарантованої якості обслуговування, відповідно, IP не може бути взятий в якості транспортної технології мережі NGN.

В якості транспортної технології мережі майбутнього підходить технологія MPLS - багатопроотокова комутація на основі міток. Дана технологія задовольняє заявленим

вимогам і не володіє недоліками технологій IP і ATM, а механізм комутації по мітках в ній реалізований на високому рівні.

Якісне обслуговування різнотипного трафіку в MPLS реалізується за рахунок використання механізмів управління трафіком. Застосування Traffic Engineering дозволяє організувати для передачі трафіку різних прикладних програм свій тунель LSP відповідно до необхідного цьому потоку рівнем QoS.

Проведений аналіз існуючого попиту на пропозиції в галузі безпеки комп'ютерних мереж показав, що гостро необхідними є технології побудови віртуальних приватних мереж.

Побудова віртуальних приватних мереж на базі технології MPLS має ряд істотних переваг в порівнянні з іншими підходами до даного питання, що дозволяє назвати її провідною технологією організації мереж VPN [3].

На сьогоднішній день, поряд зі зміною типу передаваного по мережам трафіку, змінюється і тип інформаційних потоків, що транспортуються по каналах зв'язку корпоративних мереж. В межах мережі підприємства передається трафік даних, потоки голосової інформації, велику популярність набрала передача відео, наприклад, відеоконференція, передача даних відеоспостереження і т.д. Для того, щоб провайдер міг гарантувати певну якість послуг QoS і забезпечував безпеку трафіку, йому необхідні засоби, здатні розділяти між собою трафік різних прикладних програм. Таким чином, мережа VPN повинна вміти розпізнавати, до якого типу програм відноситься трафік (голос, відеопотоки, електронна пошта), а також вміти досить швидко відокремлювати трафік однієї програми від трафіку іншої.

Як правило, віртуальні приватні мережі організовуються на базі протоколу IP, як найбільш поширеного, використовуваного для передачі різнорідного трафіку, в тому числі і мультимедійного, критичного до затримок. Але на базі цього маршрутизованого протоколу не завжди вдається задовольнити вимогу до затримки трафіку і якості обслуговування, тому маршрутизація пакетів здійснюється на більш високому - мережному рівні, що вимагає великих витрат часу на обробку заголовків пакетів і процес інкапсуляції/деінкапсуляції, а функції QoS взагалі не підтримуються в явному вигляді. Вирішити ці проблеми дозволить застосування протоколу MPLS, який здійснює швидку комутацію пакетів, не вдаючись до послуг мережного рівня, і забезпечує підтримку послуги QoS на необхідному рівні.

Висновки.

Віртуальні приватні мережі стали основою для підтримки послуг, що надаються мережами нового покоління, тому завдання вибору технології побудови VPN має велике значення. Останнім часом великої популярності набула технологія MPLS. Дана технологія дозволяє будувати віртуальні приватні мережі з гарантованим рівнем сервісу, а комутація на основі міток реалізує прискорене просування інформаційного потоку по мережі провайдера. Передача трафіку по тунелю MPLS дає необхідний рівень безпеки і знімає необхідність у додатковому шифруванні інформації, та інших заходах захисту.

Все вище сказане, говорить про те, що у технології VPN MPLS, безсумнівно, є майбутнє і розгляд організації такої мережі досить актуальне питання.

Література

1. Камер Дуглас Э. Сети TCP/IP, том 1. Принципы, протоколы и структура, 4-е изд.: Пер. с англ. – М.: «Вильямс», 2003. – 880 с.
2. Принципы маршрутизации в Internet, 2-е издание.- М.: «Вильямс», 2001. – 448 с.
3. Гольдштейн А. Б., Гольдштейн Б. С. MPLS технология и протоколы – Санкт-Петербург.: БВХ, 2005 – 304с.

Красько О.В., Корецький О.В.

Національний університет "Львівська політехніка"

mklimash@polynet.lviv.ua, krasko@polynet.lviv.ua, taras_maks@ukr.net**Research of a time quality parameters of photonic transport networks**

The model of signal propagation delay was proposed. Based on this model, the spatial dependence of packets delay in optical network was proposed.

В останні роки розвиток оптоволоконних систем настільки стрімкий, що навіть в мережах доступу, впроваджуються рішення які донедавна використовувались лише в транспортних мережах. З появою технології спектрального ущільнення каналів (WDM), швидкості передавання даних по оптоволоконних кабелях дозволяють забезпечити широкий спектр мультимедійних послуг. Зростання швидкостей, спричинило проблему розподілу інформаційних каналів, із забезпеченням вимог до параметрів якості обслуговування. Варто зауважити, що кількісні параметри QoS в оптичних мережах задовільняють всім вимогам, оскільки коефіцієнт появи бітових помилок в каналі, дуже низький. Однак, виникає проблема забезпечення часових параметрів, а саме: затримки та джитера. З цією метою була розроблена технологія комутації IP-пакетів по мітках, реалізована в протоколі MPLS (MultiProtocol Label Switching)[1]. Кожен пакет забезпечується міткою, яка містить відомості про необхідний клас обслуговування (CoS) та адресу вузла призначення. Зазначена мітка зчитується тільки при перетині пакетом кордонів домену MPLS-комутації, в результаті чого відпадає необхідність у маршрутизації окремих пакетів у кожному з проміжних вузлів.

Ця ж ідея, перенесена на фізичний рівень оптичної мережі, привела до розроблення протоколу MultiProtocol lambda Switching (MP λ S) [2]. Комутація тут здійснюється вже не на основі міток, що містяться в заголовках пакетів, а відповідно до довжин хвиль, по яких передається трафік того чи іншого типу. Поява технології MP λ S стала вагомим кроком при переході до фотонних мереж, які обіцяють радикально змінити існуючу зараз архітектуру. Проте, ще довгий час в сучасних мережах буде домінувати трафік IP, тому агрегація повільних потоків даних у високошвидкісний вимагатиме підвищення ефективності оптичних вузлів. З метою зменшення затримки передавання пакетів виникли нові методи комутації, які функціонують без оптоелектронного перетворення. Подальше вдосконалення цих методів привело до появи нової перспективної технології IPoDWDM [3]. Це означає, що стрімке зростання продуктивності обладнання оптичних мереж дозволить видалити з мережевої моделі рівні SONET / SDH і ATM; відповідні функції з часом будуть виконувати маршрутизатори, оптичні комутатори і пристрої DWDM. Мережева інфраструктура, що виникає в результаті, стає більш ефективною з економічної точки зору і при цьому здатної транспортувати гігантські обсяги різномірного трафіку. Замість чотирьох вона буде включати всього два рівні - транспортний (фотонний) і сервісний. Спочатку в перший потраплять оптичні комутатори та системи спектрального мультиплексування, а в другій - маршрутизатори, ATM-комутатори і мультиплексори вводу/виводу. Але поступово деякі з цих пристроїв припинять своє існування в якості самостійних компонентів оптичної мережі. Взаємодія між різними елементами мережі в новій архітектурі здійснюється через загальну стандартизовану платформу управління (control plane). Саме вона дозволяє інтегрувати оптичне обладнання нового покоління і успадковані пристрої в єдине гетерогенне середовище.

Поява технології лямбда-комутації вимагає створення нового протоколу управління з'єднаннями між сусідніми вузлами оптичної мережі (Link Management Protocol, LMP). І звичайно ж, у реалізації лямбда-комутації в конкретних мережах вирішальна роль відводиться фізичним носіям нової технології.

Технології лямбда-комутації ще довгий час доведеться співіснувати з мережами SONET/SDH. У зв'язку з цим важливою представляється підтримка відповідних протоколів і

швидкостей передачі (2,5 і 10 Гбіт/с). Типова архітектура оптичної мережі з комутацією блоків представлена на рис.1.

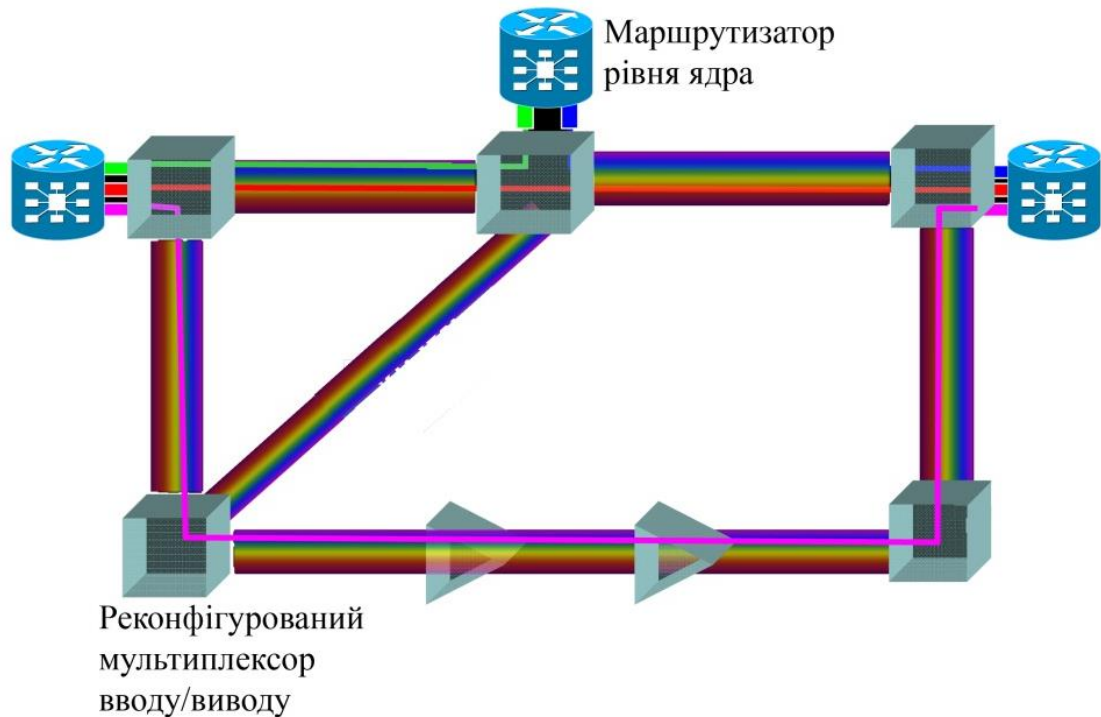


Рис. 1. Архітектура мережі IPoDWDM

Розрахунок часових характеристик фотонних транспортних мереж

Істотний вплив на якість передачі інформації здійснює затримка передачі пакету. Отже, її розрахунок вкрай важливий при розробці алгоритмів лямбда-маршрутизації в оптичних мережах. Затримка передавання сигналу в мережі розраховується наступним чином [4]:

$$T_s = \sum_{i=1}^{n+1} \tau_i + \sum_{j=0}^n \tau_j \quad (1)$$

де n - кількість мережевих комутаційних вузлів, τ_i - час поширення оптичного блоку по i -й лінії, τ_j - затримка оптичного блоку у j -му комутаційному вузлі.

Затримка в оптичній лінії визначається наступним чином:

$$\tau_i = \frac{l}{c/n}, \quad (2)$$

де l - довжина лінії, n - показник заломлення серцевини оптичного волокна (~ 1.5 для кварцу), c - швидкість світла у вакуумі ($3 \cdot 10^8$ м/с). Затримка в оптичних вузлах визначається в залежності від розміру пакету.

$$\tau_j = 8 \cdot n \cdot r \cdot C^{-1} \quad (1)$$

де n - кількість мережевих вузлів, що приймають участь в з'єднанні;

r - розмір пакету, байт;

C - пропускна здатність каналу;

Для повноти аналізу зобразимо просторову залежність затримки передавання оптичного блоку інформації від розмірів пакету та кількості обслуговуючих вузлів на ділянці досліджуваної мережі (рис 2).

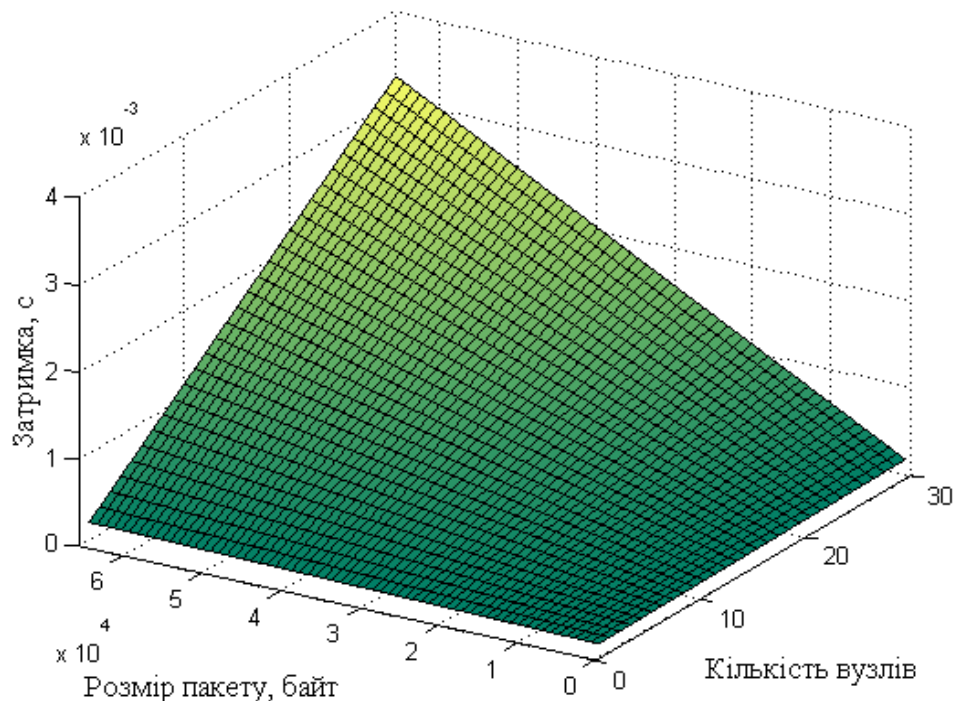


Рис. 2 Залежність часу затримки передачі оптичного сигналу від параметрів мережі.

Отримана залежність показує, що часова затримка при передаванні оптичних блоків зростає пропорційно до збільшення кількості вузлів обслуговування та розмірів пакету. За допомогою даної залежності можна визначити оптимальні розміри мережі, з точки зору максимальної кількості обслуговуючих пристроїв, для забезпечення необхідної якості сервісу.

Висновок

Еволюція мереж зв'язку обіцяє настання нової ери інтелектуальних оптичних мереж. При цьому будуть потрібні рішення, які забезпечать більшу гнучкість управління мережевими ресурсами, ніж існуючі сьогодні системи, які базуються на комутації довжин хвиль. Технологія оптичної комутації блоків не тільки допоможе досягти хорошого балансу між оптичною пакетною комутацією і комутацією каналів, але і полегшить інтеграцію IP та DWDM. Запропонована в роботі методика розрахунку тривалості затримки дозволяє ефективно визначати кількість обслуговуючих вузлів на ділянці мережі, в залежності від вимог до параметрів якості обслуговування.

Література

1. A. A. M. Saleh and J. M. Simmons, "Architectural principles of optical regional and metropolitan access networks," J. Lightwave Technol., vol. 17, pp. 2431–2448, Dec. 1999.
2. Хмелев К. Основы фотонного транспорта К: Техніка, 2008. - 680 с.
3. Однорог П.М. Омецінська О.Б. Михайленко Є.В. під редакцією Катка В.Б. WDM, Київ 2005
4. Стрихалюк Б.М, Думич С.С, Кайдан Н.В., Максимюк Т.А., Красько Е.В., Гуськов П.О. Математическая модель виртуального канала полностью оптической сети // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, 2013.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТИПЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АКТУАТОРОВ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ КОММУТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Рябцов А.В.

Одесская Национальная академия пищевых технологий, ryabtsov@usa.com

The special types of piezoelectric actuators for optical switching devices

The spiral shapes of piezoelectrical actuators for optical switching MEMS-on-base devices are offered.

Непрерывно увеличивающийся объем информации, передаваемой по глобальным информационным сетям, привел к повсеместному внедрению оптоволоконных линий связи. Однако вопросы, касающиеся коммутации оптических сигналов, до сих пор не нашли своего окончательного решения. Применяемые в настоящее время опто-электро-оптические коммутаторы не удовлетворяют современным требованиям к быстродействию, что резко ограничивает суммарную скорость передачи по сети. В настоящее время во всем мире идет активный поиск средств и методов, позволяющих полностью реализовать все преимущества оптоволоконных сетей путем устранения двойного преобразования оптических сигналов. Для этого разработан целый ряд устройств, относящихся к классу полностью оптических коммутаторов (ПОК), основанных на различных физических принципах, которые коммутируют сигналы без преобразования путем изменения траектории оптических лучей. Наиболее широко распространены ПОК на основе микроэлектромеханических систем (МЕМС), основу которых составляют управляемые зеркала. Изменение положения зеркал осуществляется при помощи различных видов актуаторов, действующих на основе электромагнитных, электростатических, тепловых, пьезоэлектрических и других эффектов.

В настоящее время применяются 3-D (трехкоординатные) ПОК на основе МЕМС, в которых все зеркала могут плавно поворачиваться с помощью актуаторов на любой угол в пределах заданного диапазона. Несмотря на существенное усложнение алгоритма управления таким коммутатором, его габариты оказываются значительно меньше, чем у двухкоординатных ПОК.

В качестве актуаторов для МЕМС с произвольным углом отклонения луча могут быть использованы спиральные пьезоэлектрические элементы, ранее предложенные автором в [1]. Современная технология изготовления пьезоэлементов путем прессования их из мелкодисперсного порошка искусственных композиционных материалов, таких как титанат бария, цирконат титаната свинца, ниобата лития, с последующим спеканием в монолитную структуру под действием высокой температуры позволяет придать пьезоэлементам практически любую форму, в том числе и форму плоских или объемных спиралей.

Очевидным достоинством актуаторов такой формы является возможность получения углового вращательного перемещения конца спирали под действием линейной деформации пьезоэлемента вследствие обратного пьезоэлектрического эффекта [2]. Если закрепить один из концов спирали в неподвижном основании, то деформация линейного сжатия/растяжения преобразуется в деформацию кручения. Если при этом на конце плоской или объемной спирали закрепить зеркало, например, как показано на Рис.1, и направить в его створ оптический луч, то, подавая соответствующее напряжение на электроды спирального пьезоэлемента 2, можно плавно изменять угол поворота зеркала 4, направляя при этом входной оптический луч в заданный выходной канал ПОК.

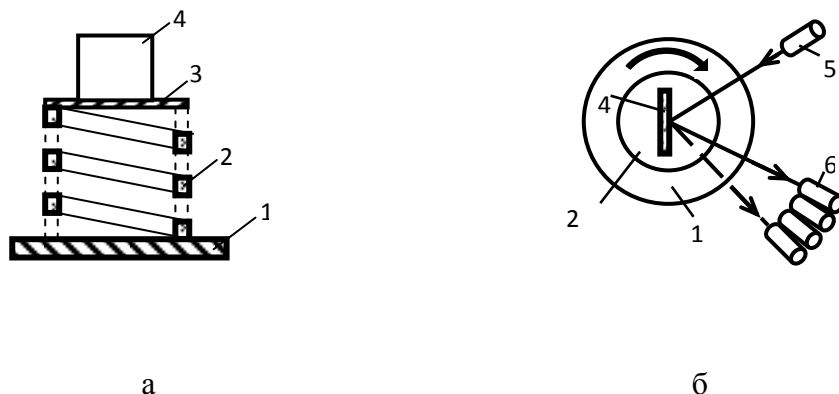


Рис.1. ПОК со спиральным пьезоэлектрическим актуатором. а - вид сбоку, б – вид сверху: 1 – неподвижное основание, 2 – спиральный пьезоэлемент, 3 – подвижное основание зеркала, 4 – зеркало, 5 - вход ПОК, 6 – выходы ПОК.

На закрепленную спираль из пьезоэлектрического материала будут действовать сила Лоренца, вызывающая его линейную деформацию за счет смещения диполей, образованных в пьезоматериале остаточной поляризацией и взаимодействующих с внешним приложенным напряжением, а также силы внутренней упругости пьезоэлемента и реакция неподвижной опоры. Эти силы в совокупности образуют крутящий момент, приводящий к закручиванию спирали на требуемый угол в пределах применимости закона Гука. Для определения угла поворота свободного конца спирального пьезоэлемента под действием приложенного к нему напряжения можно воспользоваться методикой расчета цилиндрических и спиральных пружин прямоугольного сечения и эмпирическими уравнениями для расчета деформаций пьезоэлементов, приведенными в [2].

Минимальные размеры спиральных пьезоэлементов, такие как диаметр, шаг и количество витков, определяются, в основном, возможностями технологического процесса их изготовления. Параметры, необходимые для их применения в качестве актуаторов микрозеркальных ПОК, определяются исходным пьезоэлектрическим материалом, топологией размещения электродов на поверхности пьезоэлемента, способом закрепления одного из концов спирали в неподвижном основании и вариантом крепления зеркала на втором конце спирали.

Еще одним дополнительным преимуществом актуаторов ПОК в виде пьезоэлектрических спиралей является возможность секционирования электродов, расположенных на поверхности пьезоэлемента, как предложено автором в [3], и использования отдельных секций в качестве датчиков обратной связи по положению. Таким образом, использование спиральных пьезоэлементов в качестве актуаторов позволяет повысить точность позиционирования микрозеркал, и тем самым, существенно увеличить общую эффективность ПОК.

Литература

1. *Рябцов А.В. и др.* Светолучевой двухкоординатный осциллограф / Авторское свидетельство СССР № 1105820. Оpubл.30.07.84. БИ №28.
2. *Джагунов Р.Г., Ерофеев А.А.* Пьезокерамические элементы в приборостроении и автоматике. Л. Машиностроение. 1986.
3. *Рябцов А.В. и др.* Датчик линейных перемещений / Авторское свидетельство СССР № 1516749. Оpubл.23.10.89. БИ №39.

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ Ethernet И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ.

Маньківський В.Б., Рудько Н.Д.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», vmankivskiy@mts.com.ua
Nataliya.Rudko@gmail.com

Evaluation network bandwidth and ways to increase its efficiency in Ethernet.

Ethernet is the most widely-installed local area network (LAN) technology. It was created in 1973 and is still developing. New versions at 1 Gbps and 10 Gbps, and still higher have come out. Also the cabling has improved, and switching and other features have been added. This article made suggestions for improving the efficiency of bandwidth

Сегодня технология Ethernet является одной из наиболее часто используемых при построении телекоммуникационных сетей. Это связано с относительно низкой стоимостью оборудования, использующего технологию Ethernet, и возможностями построения сетей как локального, так и магистрального уровней. Поэтому вопросы оценки пропускной способности такого типа сетей нередко возникают на этапе их проектирования.

Следует отметить, что даже переданные сообщения не в полном объеме несут полезную нагрузку. Для этого различают *полезную* и *полную пропускную способность*. Под *полезной пропускной способностью* понимается объем переданной полезной информации. Ее объем всегда меньше полной передаваемой информации. Это связано с тем, что каждый передаваемый кадр содержит служебную информацию, используемую для определения адресата, проверки наличия ошибок в сообщении и т.д. (Рис. 1.)

Преамбула	Адрес получателя	Адрес отправителя	Тип	Полезные данные	Поле FCS
8 байт (64 бит)	6 байт (48 бит)	6 байт (48 бит)	2 байта (16 бит)	46÷1550 байт (368÷12400 бит)	4 байта (32 бит)

Рис. 1. Формат кадра Ethernet

Отличие полезной пропускной способности от полной пропускной способности зависит от длины кадра. Так как доля служебной информации всегда одна и та же, то, чем меньше общий размер кадра, тем выше «накладные расходы». Служебная информация в кадрах Ethernet составляет 26 байт (208 бит), а размер поля данных кадра меняется от 46 до 1500 байт.

Чтобы рассчитать полезную пропускную способность $Y_{ППС}$ сети для кадров максимального и минимального размера, необходимо учесть различную частоту следования кадров. Естественно, что, чем меньше размер кадров, тем больше таких кадров будет проходить по сети за единицу времени, перенося с собой большее количество служебной информации. (Рис. 2)

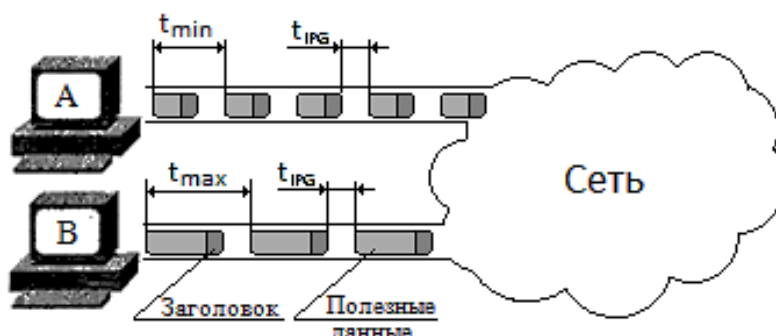


Рис. 2. Передача кадров минимального и максимального размера

Расчет эффективной пропускной способности сети Ethernet основан на том, что чем больше размер кадра, тем меньше доля избыточности, отведена на заголовок кадра. В результате было получено, что при скорости 100 Мбит/с для кадра минимальной длины (46 байт или 368 бит) теоретическая полезная пропускная способность равна $Y_{\text{ППС min}} = 54,76$ Мбит/с, что составляет лишь немногим больше половины от общей максимальной пропускной способности сети, а для кадра максимального размера (1500 байт или 12400 бит) полезная пропускная способность сети равна $Y_{\text{ППС max}} = 97,52$ Мбит/с.

Таким образом, в сети Fast Ethernet полезная пропускная способность может меняться в зависимости от размера передаваемых кадров от 54,76 до 97,52 Мбит/с.

График зависимости полезной пропускной способности от величины кадра будет иметь вид, представленный на рис 3. Для наглядности полезная пропускная способность пронормирована.

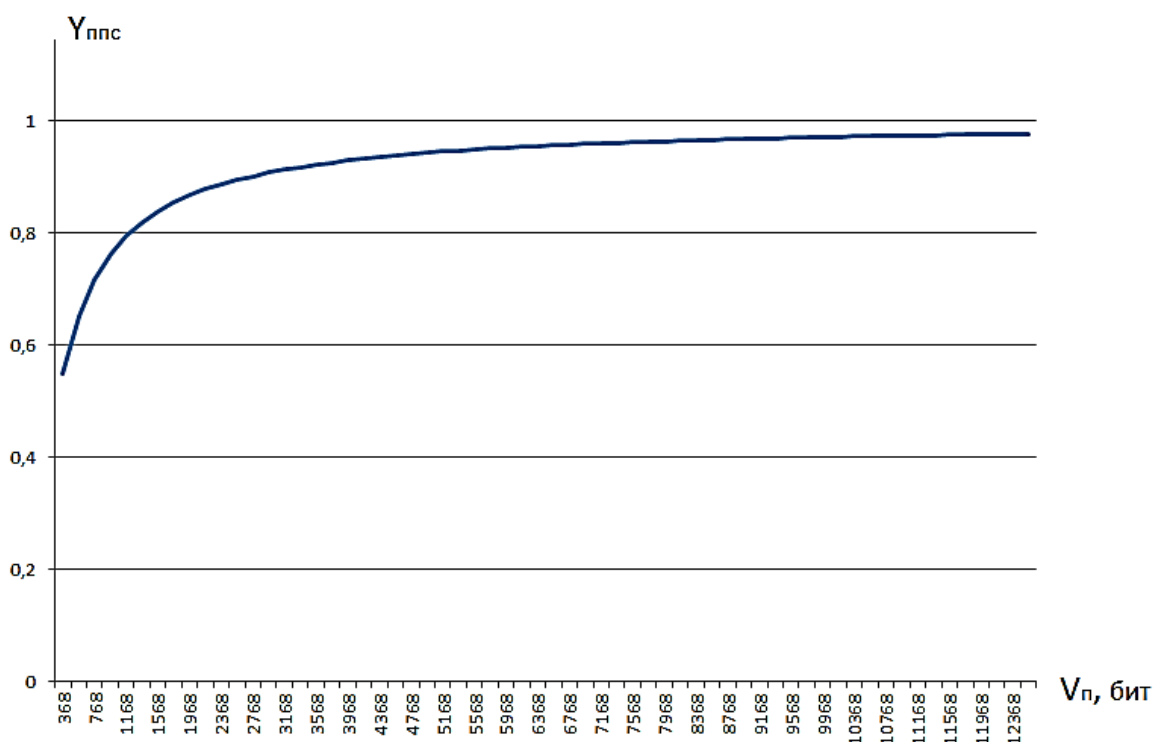


Рис. 3 Зависимость полезной пропускной способности от величины кадра

Как видно из Рис. 3 при небольших размерах кадров избыточность, отведенная под управляющую информацию настолько велика, что занимает практически половину пропускной способности канала. С увеличением размера кадра процент избыточности уменьшается и в связи с этим увеличивается процент полезной пропускной способности.

С увеличением размера кадра уменьшается частота следования кадров. Построим график зависимости величины размера кадра от частоты его появления.

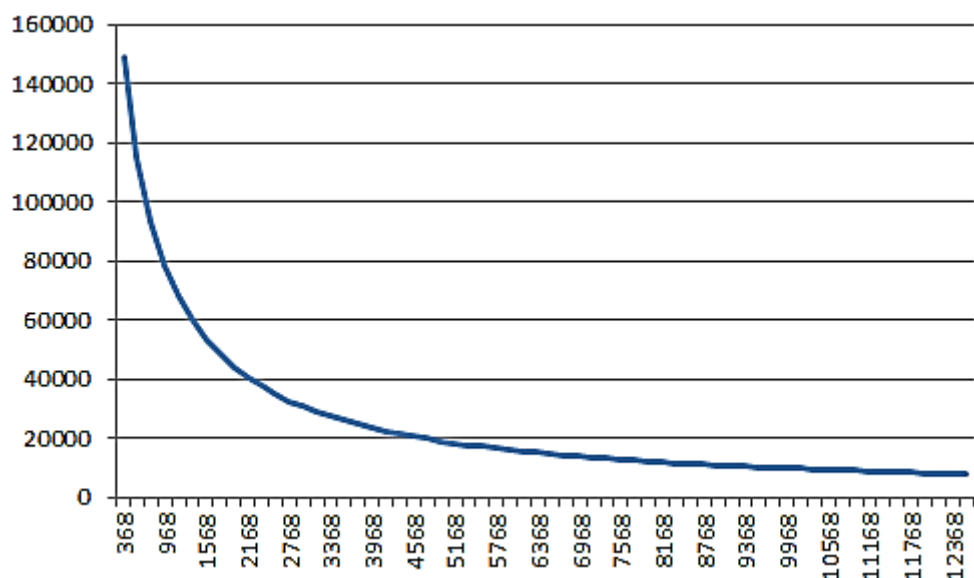


Рис. 4 Зависимость частоты следования кадров от величины кадра

Таким образом, величина эффективной пропускной способности напрямую зависит от величины кадра. Уменьшая величину вспомогательных данных кадра Ethernet, можно повысить полезную пропускную способность и увеличить частоту следования кадров. А это в конечном итоге приводит к повышению эффективности работы сети.

Литература:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. - Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы (4-ое изд.) – 2010
2. Программа сетевой академии Cisco CCNA 1 и 2. Вспомогательное руководство 2010

ANALYSIS OF ASSEMBLY ALGORITHMS IN OPTICAL NETWORK

Grynkov Yuri

Odessa National Academy of Food Technologies, yugrnikov@gmail.com

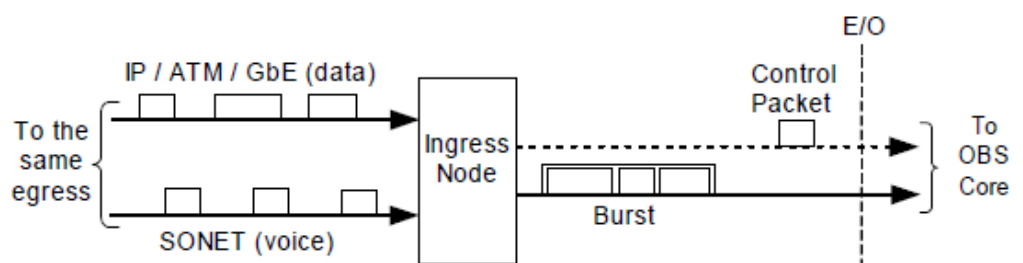
This work is devoted to algorithms of assembly data blocks in optical networks with switching blocks of information.

With recent advances in wavelength division multiplexing (WDM) technology, the amount of raw bandwidth available in fiber links has increased by many orders of magnitude. Meanwhile, the rapid growth of Internet traffic requires high transmission rates beyond a conventional electronic router's capability. Harnessing the huge bandwidth in optical fiber cost-effectively is essential for the development of the next generation optical Internet.

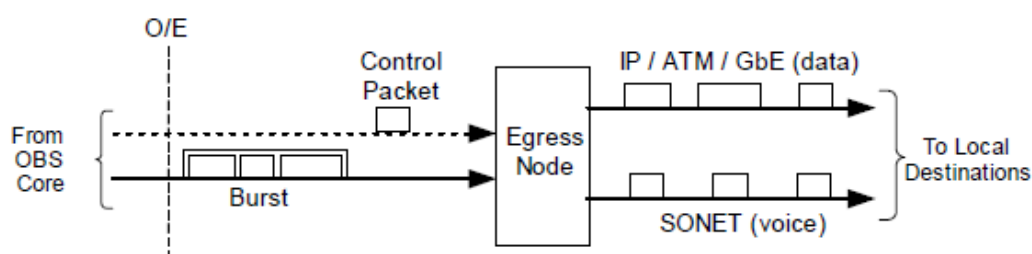
Several approaches have been proposed to take advantage of optical communications and in particular optical switching. One such approach is optical circuit switching based on wavelength routing whereby a lightpath needs to be established using a dedicated wavelength on each link from source to destination. Once the connection is set up, data remains in the optical domain throughout the lightpath. An alternative to optical circuit switching is optical packet switching. In optical packet switching, while the packet header is being processed either all-optically or electronically after an Optical/Electronic (O/E) conversion at each intermediate node, the data payload must wait in the fiber delay lines and be forwarded later to the next node.

In order to provide optical switching for next generation Internet traffic in a flexible yet feasible way, a new switching paradigm called optical switching blocks of information (OSBI) was proposed in [1,2].

In an OSBI network, various types of client data are aggregated at the ingress (an edge node) and transmitted as data bursts (Figure 1(a)) which later will be disassembled at the egress node (Figure 1(b)). During burst assembly/disassembly, the client data is buffered at the edge where electronic RAM is cheap and abundant.



(a) Burst Assembly



(b) Burst Disassembly

Figure 1 - Burst Assembly/Disassembly at the Edge of an OSBI Network

Figure 2 depicts the separation of data and control signals within the core of an OSBI network. For each data burst, a control packet containing the usual "header" information of a packet including the burst length information is transmitted on a dedicated control channel. Since a control packet is significantly smaller than a burst, one control channel is sufficient to carry control packets associated with multiple (e.g., hundreds of) data channels. A control packet goes through O/E/O conversion at each intermediate OSBI node and is processed electronically to configure the underlying switching fabric. There is an offset time between a control packet and the corresponding data burst to compensate for the processing/configuration delay. If the offset time is large enough, the data burst will be switched *all-optically* and in a "cut-through" manner, i.e., without being delayed at any intermediate node(core). In this way, no optical RAM or fiber delay lines (FDLs) is necessary at any intermediate node. Nevertheless, the burst-level granularity leads to a statistical multiplexing gain which is absent in optical circuit switching. Furthermore, it allows a lower control overhead per bit than that in optical packet switching as to be discussed next in more detail.

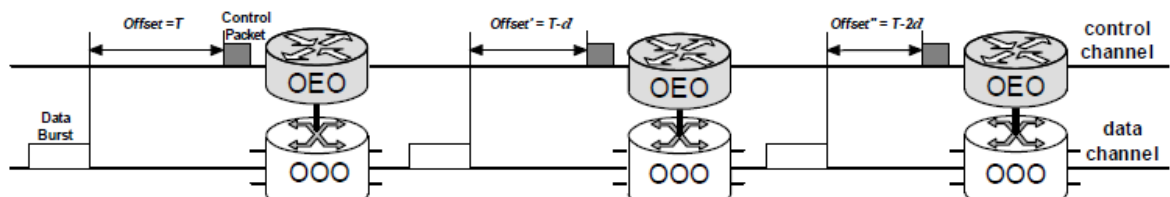


Figure 2 - Separated Transmission of Data and Control Signals

Burst assembly is the procedure of aggregating packets from various sources, such as an IP router, into bursts at the edge of an OSBI network. The architecture of a typical OSBI ingress node is shown in Figure 3. The switching unit forwards incoming packets to burst assembly units. The packets to the same OSBI egress node are processed in one burst assembly unit. Usually, there is one designated assembly queue for each traffic class (or priority). The burst scheduler is in charge of creating bursts and their corresponding control packets, adjusting the offset time for each burst, scheduling bursts on each output link and forwarding the bursts and their control packets to the OSBI core network.

Recent studies on burst assembly have shown that different assembly schemes affect the assembled burst traffic's characteristics. In the following subsections, I will describe several assembly algorithms and discuss statistical characteristics of the assembled burst traffic.

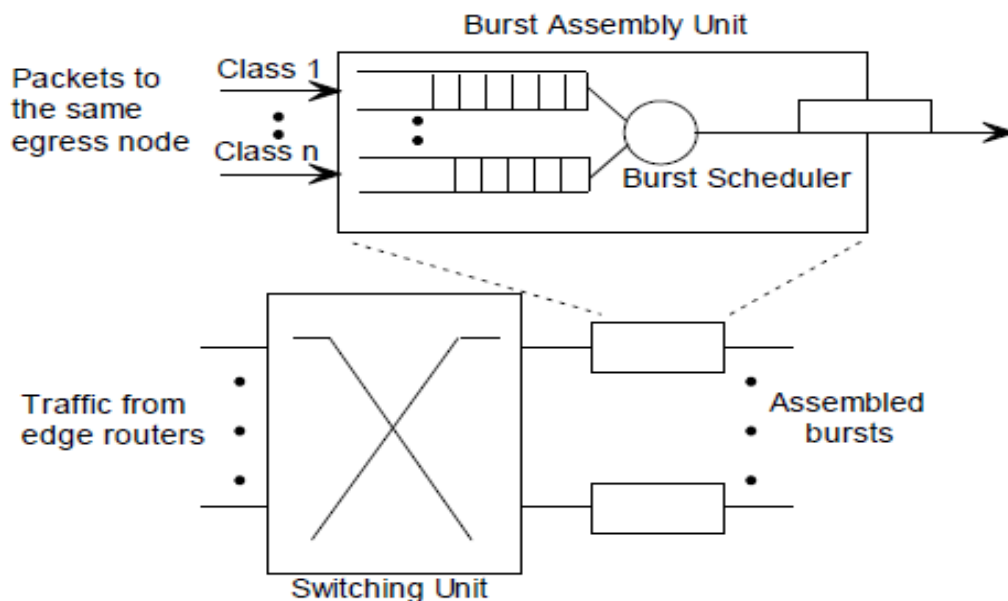


Figure 3 - Architecture of an OSBI Ingress Node

Usually, assembly algorithms can be classified as timer-based, burstlength-based and mixed timer/burstlength-based ones [4,5].

In the timer-based scheme, a timer starts at the beginning of each new assembly cycle. After a fixed time T , all the packets that arrived in this period are assembled into a burst. In the burstlength-based scheme, there is a threshold on the (minimum) burst length. A burst is assembled when a new packet arrives making the total length of current buffered packets exceed the threshold.

The time out value for timer-based schemes should be set carefully. If the value is too large, the packet delay at the edge might be intolerable. If the value is too small, too many small bursts will be generated resulting in a higher control overhead. While timer-based schemes might result in undesirable burst lengths, burstlength-based assembly algorithms do not provide any guarantee on the assembly delay that packets will experience. To address the deficiency associated with each type of the assembly algorithms mentioned above, mixed timer/threshold-based assembly algorithms were proposed in [4]. For example, in [5], a burst can be sent out when either the burst length exceeds the desirable threshold or the timer expires.

Adaptive assembly algorithms were also proposed to optimize the performance of OSBI networks in which either the time threshold or the burst length threshold or both are adjusted dynamically according to real time traffic measurements. They provide better performance especially with strongly correlated input packet traffic but have a higher operational complexity.

After a burst is generated using the algorithms mentioned above, the burst is buffered in the queue for an offset time before being transmitted to give its corresponding control packet enough time to make reservations at the downstream nodes as shown in Figure 2. During this offset period, packets may continue to arrive. Including those packets in the same burst is usually unacceptable because the reservation at the downstreams nodes may have already been made based on the original burst length record in the control packet. Leaving those packets for the next burst on the other hand, will increase the average delay especially when the traffic load is heavy. One way to minimize this extra delay is to perform burst length prediction: let the control packet carry a burst length of $l + f(t)$ instead of l , where l is the exact burst length when the control packet is sent out, and $f(t)$ is the predicted extra burst length as a result of additional packet arrivals during the offset time t . Assume that the total length of packets actually arriving during the offset time is $l(t)$. If $l(t) < f(t)$, part of bandwidth reserved will be wasted. Otherwise (i.e., if $l(t) > f(t)$), only a few extra packets (whose total length is about $l(t) - f(t)$) are delayed to be transmitted in the next burst.

If a timer-based assembly scheme is used, the bursts' inter-arrival time will be a constant. Furthermore, if a burstlength-based assembly algorithm is used, the variance of the inter-arrival time of the bursts coming from different edge nodes may become small when the traffic load is heavy. In such cases, undesirable persistent collisions of bursts from different sources might happen if these sources are adversely synchronized. Adding a randomized extra offset time at each edge node may prevent such synchronization among the sources.

REFERENCES

1. Гриньков Ю. Разработка имитационной модели для оптимизации функционирования полностью оптических сетей / Ю.Гриньков // ИТА. – Varna: ITHEA, 2012. – P.25-29
2. Grynkov Y. A possible approach to increasing the capacity of the telecommunications network / Y. Grynkov // 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. 262
3. Гриньков Ю.М. Деякі аспекти моделювання оптичних мереж / Ю.М. Гриньков // Збірник тез VI Міжнародної НТК «Проблеми телекомунікацій – 2012». – Київ: КПІ. – 2012. – С.57
4. X. Yu, Y. Chen, and C. Qiao, Study of traffic statistics of assembled burst traffic in optical burst switched networks, in *Proceeding of Opticomm*. - 2002, pp. 149–159.
5. A. Ge, F. Callegati, and L. Tamil, "On optical burst switching and Self-similar traffic," *IEEE Communications Letters*. – 2002. - Vol. 4, pp. 98–100

Секція 3. Інформаційні ресурси і мережі

CANDY: ACADEMIC RESEARCH PROJECT IN THE FRAME OF KNOWLEDGE TRANSFER TO SME'S

¹Andriy Luntovskyy (Prof. Dr. Sci. habil.), ²Dietbert Guetter(Dr. rer. nat.)

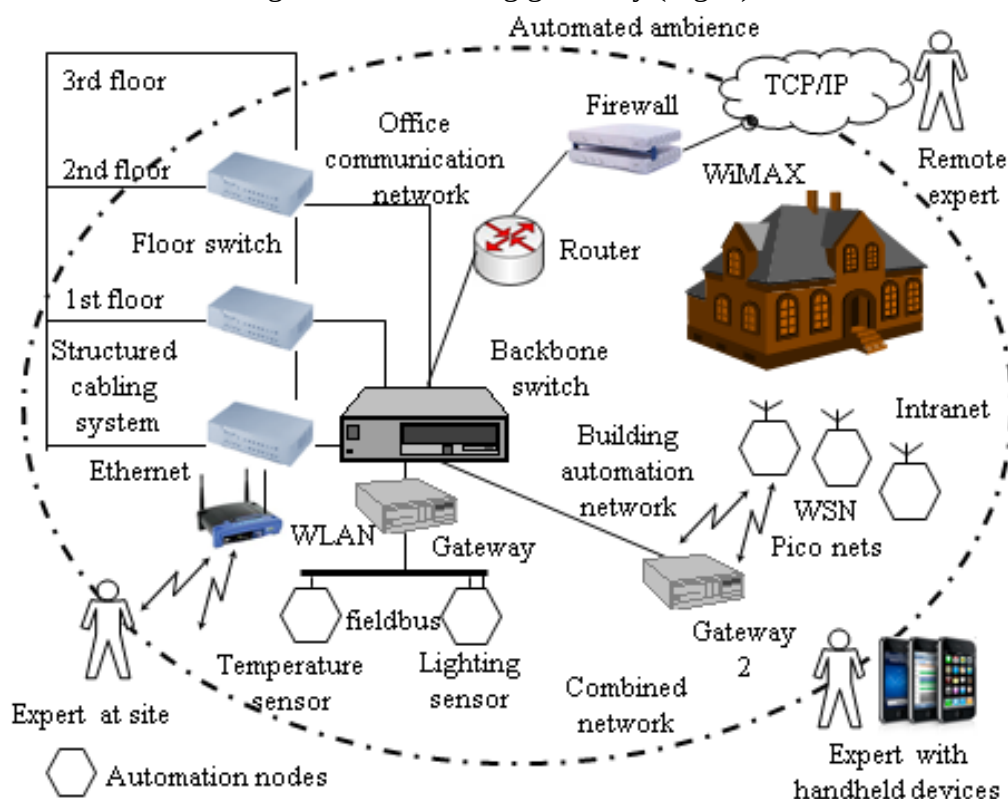
1- BA Dresden Univ. of Coop. Education, Dresden, Germany

2- Dresden Univ. of Technology, Dresden, Germany

Keywords: Network Design Markup Language, Workflow Support, High-Performance Computing, Cooperative Studies, SME Knowledge Transfer

Abstract:

The project CANDY has as its goal the development of network planning tools of new generation [1]. CANDY offers useful automated planning routines for all design steps for combined LAN/WLAN-structures (as well as WiMAX, wireless pico nets for Facility Management) and supports integrated workflow management. For each singular task some loose-coupled sub-tools exist, inter alia, for the planning of EN50173-conform structured cabling, power propagation in WLAN 802.11, WiMAX 802.16, ZigBee 802.15.4 systems, for constellation of access points, routers and switches, load simulation etc. Data exchange between the tools deploys generally recognized CAD-standards, e.g. ifcXML building geometry (Fig. 1).



Fieldbuses: LON – Local Operating Network, KNX – European Standardized Bus Automation Network

(EN 50090, ISO/IEC 14543); access devices: PDAs – Personal Digital Appliances;

integrated networking: ERP – Enterprise Resource Planning, EDP – Electronic Data Processing

Fig. 1. A combined office communication and building automation network

An XML-based language, titled NDML [1-5], was developed which allows describing of all aspects for design, relevant details and network products.

Previous versions (since 2003) have been implemented as JSP and RichClient- Java-applications [2-4]. The up-to-date CANDY-version [5] is consistently Web-oriented for user

comfort. Access to the CANDY-servers is realized by regular browsers, for various design tasks agile technologies like AJAX, HTML5, and PHP are used. For computationally intensive load simulations available resources of high-performance computing can be involved via AXIS Web Services [1, 5].

Such an academic research project requires the integration of theoretical knowledge and practical know-how that has been achieved through the close cooperation of Dresden University of Technology (TUD), BA Dresden University of Cooperative Education and their practice partners. TUD is distinguished thereby as responsible for the CANDY system and theoretical foundations, the BA and their practice partners (SMEs) for analysis of the practical requirements and result validation (Fig. 2).

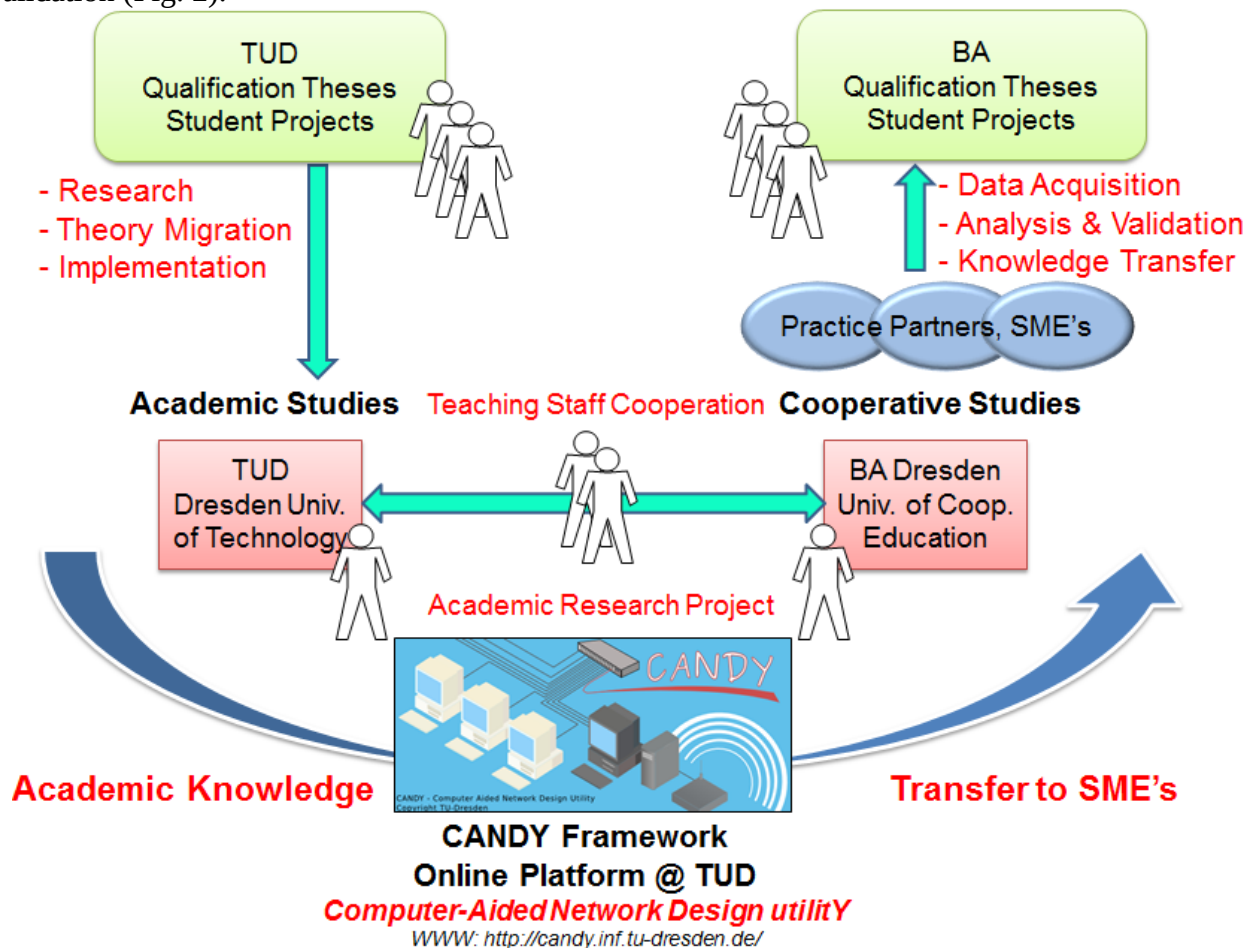


Fig. 2. The academic project and knowledge transfer to the partners via cooperative studies

The automatized design steps within CANDY Framework and Online Platform are presented in Fig. 3 (a-i). The design steps are supported via the developed tools and mini-tools aimed to topology editing, ifcXML data import/ export, wired (Eth, SCS) and wireless part planning, performance simulation via involved simulators (NS-2, OMNeT++) as well as to high-performance computing and costs bill calculation [1, 6, 7].

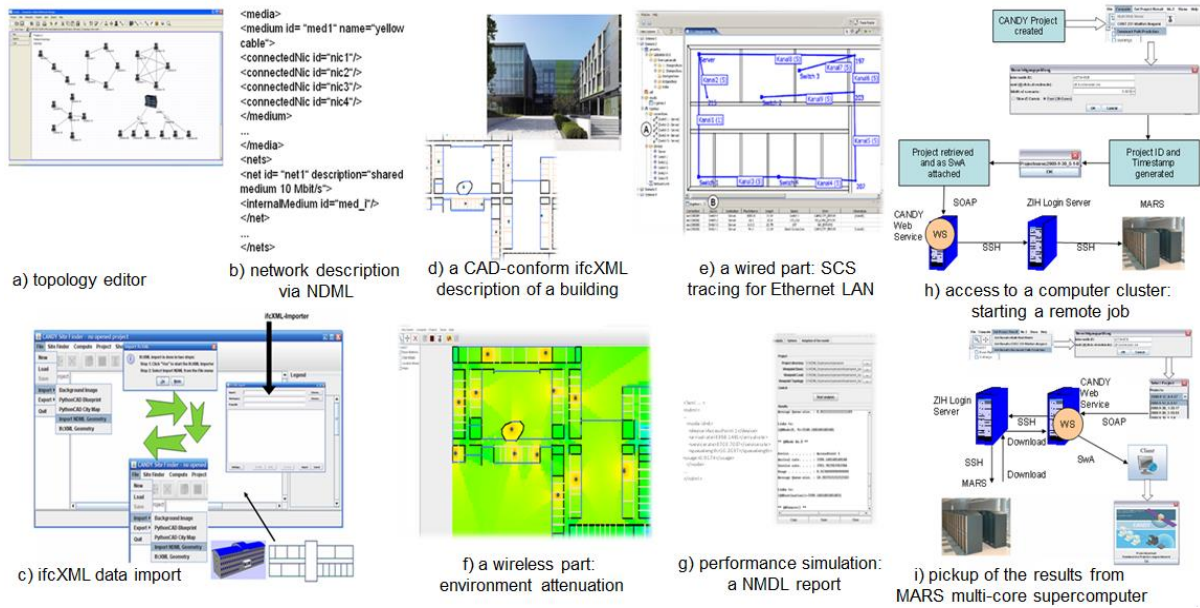


Fig. 3. Automatized design steps within CANDY Framework and Online Platform

References

1. Andriy Luntovskyy, Dietbert Guetter, Igor Melnyk. Planung und Optimierung von Rechnernetzen: Methoden, Modelle, Tools für Entwurf, Diagnose und Management im Lebenszyklus von drahtgebundenen und drahtlosen Rechnernetzen, Springer/Vieweg+Teubner Verlag Wiesbaden. – 2011, 411 p. (ISBN: 978-3-8348-1458-6, in German).
2. CANDY@CeBIT-2007. Common Stand “Research for the Future”, Hall 09/ D04, 2007.
3. Andriy Luntovskyy. Integration Concepts for Computer-Aided Design Tools for Wired and Wireless Local-Area Networks, Shaker Verlag Aachen, 2008, 196 p. (ISBN 978-3-8322-6968-5, in English).
4. CANDY@CeBIT-2008. Common Stand “Research for the Future”, Hall 09/ D04, 2008.
5. CANDY@CeBIT-2011. Common Stand “Research for the Future”, Hall 09/ D04, 2011.
6. Andriy Luntovskyy. Programming Technologies of Distributed Applications, DUKT University of Telecommunications, Kyiv. – 2010, 474 p. (ISBN 978-966-2970-51-7, in Ukrainian).
7. Andriy Luntovskyy, Mychaylo Klymash, Anatolii Semenko. Distributed Services for Telco Networks: Ubiquitous Computing and Cloud Technologies, State Technical University “Lvivska Politechnika”, Lviv. – 2012, 368 p. (ISBN 978-966-2405-87-3, in Ukrainian).

ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Смирнова А.С.

ОНАПТ ИХКиЭ им. В.С. Мартыновского, asya.smi@gmail.com

Предложен подход к построению модели пользователя информационных сетей как плохоформализованного объекта. В докладе представлены результаты, полученные с помощью разработанного программного продукта, в основе которого лежат методы растущих пирамидальных сетей и кластеризации. Эти результаты можно использовать для формирования классов пользователей информационных сетей, основываясь на их потребностях; также они могут быть использованы для дальнейшего моделирования информационных сетей в целом.

Approach to construction of Information networks' user model

An approach to the construction of Information networks' user model as fuzzy formalized object. The results received by the developed software, which is based on methods of growing pyramidal networks and clustering, can be used to create classes of information networks' user based on users' needs, which can be used for further modeling of information networks in general, are obtained in the report.

Основу жизни современного общества составляет возможность свободного и своевременного доступа к информации, образованию и знаниям. Стремительный переход современного общества от индустриального к информационному привел к необходимости создания сети, с помощью которой каждый человек сможет получить немедленный доступ к любому необходимому источнику информации, а также возможность создавать, распространять и получать знания тем самым реализуя свой потенциал, следуя духу «Всеобщей декларации прав человека».

Можно смело утверждать, что создание информационной сети (ИС) является краеугольным камнем информатизации общества. ИС предоставляет пользователям набор различных видов связи и услуг, как по обработке информации, так и ряд других, связанных с облегчением пользования связью и получения различной информации. В рамках концепции Глобальной Информационной Инфраструктуры пользователи являются источниками и потребителями информации, используют услуги ИС и создают потоки сообщений разного вида и назначения. Именно пользователи предъявляют к сети требования по доставке и обработке информации с соблюдением отдельных качественных и количественных показателей. Таким образом, можно утверждать, что центральным объектом ИС является пользователь.

Многочисленные социологические маркетинговые исследования в области информационных сетей направлены на понимание поведения, пожеланий и предпочтений потребителей, на определение принципа выбора услуг пользователями и последующего предложения и продвижения их на рынке. Однако задача определения влияния пользователя на сами ИС, на их синтез, построение и изменение является актуальной и своевременной, но малоисследованной.

В докладе предлагается подход, при котором пользователь представлен как плохоформализованный объект. Это обосновано тем, что плохоформализованные объекты обладают свойствами, неизвестными априори и меняющимися в процессе функционирования. Однако следует обратить особое внимание на то, что, несмотря на большое количество разработок в области системного анализа плохоформализованных объектов, нельзя сказать, что предлагаемые методы создали идеальный инструмент для проведения системного анализа. Методики различных ученых и аналитиков (Стенфорд Оптнер, Спартак Никаноров, Юрий Черняк, Анатолий Катренко [3-6]) разнятся, и одна из

причин этого – различные предметные области, в которых был применен системный анализ. Для информационных технологий такой методики пока не создано.

Одной из задач формализации пользователя ИС является необходимость определить ряд параметров, влияющих на поведение пользователя непосредственно, отбросив малозначительные и взаимозависимые. Памятуя о дуальной структуре плохоформализованного объекта необходимо рассмотреть две взаимодействующих среды – внешнюю и внутреннюю.

В рамках проведенной работы предложен ряд характеристик пользователя ИС, включающий в себя стандартную «паспортичку» (возраст, пол, образование, род деятельности), выступающую внутренней средой для объекта, и специфические характеристики (мобильность, стационарность, обучаемость, заинтересованность в новшествах и др.), выступающие внешней средой, с помощью которых можно однозначно охарактеризовать пользователя ИС как объект, воздействующий на построение и развитие ИС. Затем, путем анкетирования пользователей ИС, собрана выборка данных о пользователях ИС, которые были обработаны и описаны предложенным рядом характеристик.

Следующим шагом было определение формирования групп пользователей по предложенным характеристикам. Это сделано с помощью методов кластерного анализа, используя различные методы объединения (метод одиночной связи, полной связи, невзвешенного попарного среднего, взвешенного попарного среднего, медианы, Варда) и различные меры расстояния (метрика Эвклида, квадрат метрики Эвклида, метрика Чебышева, Манхеттенская метрика).

После этого разработан программный продукт, в основе которого лежит метод растущих пирамидальных сетей [7]. Прерогативами использования метода растущих пирамидальных сетей в разработке модели пользователя ИС стали его гибкость и простота в пополнении данными, способность совмещать процесс добавления информации с ее классификацией, быстрый поиск, способность выделения значимых признаков. Немаловажна и высокая ассоциативность — ведь, в зависимости от сегмента ИС, факторы, по которым характеризуются пользователи, будут меняться, то есть изменения будут и в перечне характеристик пользователей, перечень информационных услуг для таких групп также меняется, поэтому есть потребность в динамическом изменении списка признаков (описаний и потребностей пользователя ИС; описаний и списка услуг, которые может предоставить информационная сеть) и их характеристик (запрашиваемых в ИС параметров качества, стоимости, и свойств сети).

Фрагмент результатов, полученных в результате обработки данных о пяти объектах, графически отображенных методом растущих пирамидальных сетей представлен на рис. 1.

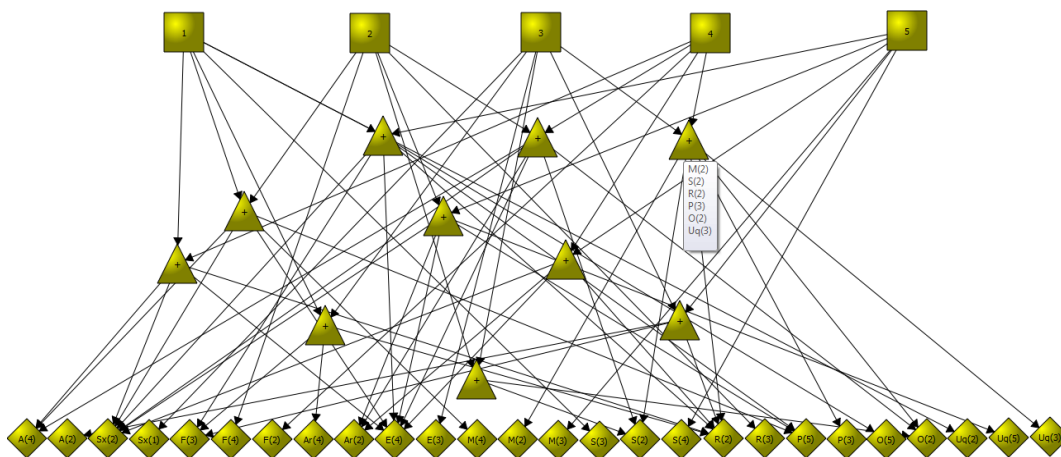


Рис. 1. – Фрагмент результатов построения растущей пирамидальной сети для выборки данных для 5 объектов.

Результаты исследования позволили:

- выделить характерные для различных классов пользователей совокупности признаков и их значения;
- сформулировать некоррелирующие взаимосвязи между признаками;
- сформулировать формализованную модель пользователя ИС как плохоформализованного объекта, способную динамически изменяться, пополняясь информацией, без значительных затрат в ресурсах и времени, и способную однозначно охарактеризовать объект исследования.

Предложенный в работе подход к построению модели пользователя ИС предполагает ее гибкой и динамичной для пополнения информацией, и компактной для дальнейшего внедрения в модель ИС в целом, отображая внутренние и внешние процессы взаимодействия этих моделей, что поможет в оптимизации, синтезе и управлении ИС.

Литература

1. *Гайворонська Г.С.* Інформаційна мережа як об'єкт аналізу і синтезу. // Одеса. ОДАХ, 2011. 46-50 с.
2. *Smirnova A.* Steps in the development of the information networks' user model as badly formalized object // Problem of computer intellectualization. Kyiv-Sofia. 2012. 64-70p.
3. *Никаноров С.* Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США // М.: Сов. радио, 1969.
4. *Оптнер. Ст. Л.* Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. // М.: Сов. радио, 1969.
5. *Черняк, Ю.И.* Системный анализ в управлении экономикой // М. : Экономика, 1975.
6. *Катренко А.В.,* Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. Навчальний посібник. // В.: Новий світ, 2000.
7. *Гладун В.П.,* Растущие пирамидальные сети // Новости искусственного интеллекта, 2004. С. 32-40.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ЦОД

¹Глоба Л.С., ²Донченко О. Ю.,

1- НТУУ "КПІ" ІТС

2-Johnson Controls Inc., Bratislava, Slovakia, donchenko.alex@gmail.com

Останнім часом центри обробки даних (ЦОД) стають все більш динамічними і активно інтегруються з системами віртуалізації. У зв'язку з цим адаптація класичного Ethernet стає все більш складним завданням. Віртуалізація і хмарні обчислення вимагають, щоб будь-який сервіс міг існувати в будь-якому місці, у будь-який час і переміщатися в будь-яке місце без переривання роботи. Це суттєве відхилення від парадигми минулих днів, коли "Сервер" і працюючи на ньому програми були розташовані в мережі статично. Коли програма має постійне місце, дуже легко побудувати навколо нього необхідну інфраструктуру. У старому "статичному" ЦОД ви наприклад можете використовувати L3 маршрутизацію на кордоні серверного сегмента, забезпечивши таким чином гарну масштабованість і обмеживши зону дії протоколу Spanning Tree, а також використовувати два маршрутизатора в режимі active / active забезпечуючи балансування трафіку і швидку збіжність маршрутів. Однак, в динамічних ЦОД неможливо обмежити серверний сегмент лише за допомогою L3 рівня.

Нове покоління ЦОД вимагає розширення другого рівня для будь віртуальної мережі (VLAN) на будь-якому порту будь-якого комутатора в будь-який час. Така необхідність виникає через вимоги кластерів Microsoft, Oracle RAC і VmWare VMotion мати зв'язність на рівні L2. У своїй більшості ЦОД це катастрофостійкі рішення, які розташовані на кількох географічних майданчиках. У зв'язку з цим виникають певні проблеми розширення кордонів рівня L2 між цими площадками.

В результаті, обладнання використовується при побудові ЦОД має бути масштабованим, надійним, високопродуктивним і найголовніше гнучким у налаштуваннях L2 зв'язності.

Традиційні технології L2VPN технології, такі як EoMPLS і VPLS, покладаються на тунелі. Замість того щоб створювати постійні тунелі, запропонований метод інкапсулює layer2 трафік з IP-заголовком і не створює ніяких фіксованих тунелів.

Для передачі інформації потрібно тільки IP-з'єднання між віддаленими сайтами центрів обробки даних, що дозволяє транспортній інфраструктурі працювати на Layer2, Layer3, або навіть за допомогою комутації міток (MPLS). IP-підключення є основною вимогою роботи протоколу маршрутизації MAC адрес (ПММА).

ПММА не вимагає для роботи ніяких змін в існуючих центрах обробки даних. Великою перевагою ПММА є його функціональна особливість управління обміну інформацією про доступність MAC адрес, а не покладатися на традиційне вивчення MAC адрес шляхом широкомовного розповсюдження. ПММА описує це поняття, як MAC-маршрутизація, чи MAC-в-IP-маршрутизація. MAC-в-IP маршрутизація здійснюється шляхом інкапсуляції Ethernet кадрів в IP-пакет, перш ніж передаватися через транспортну IP мережу.

Обмін MAC таблицями між граничними пристроями ПММА виконується наступним чином:

1. Граничний пристрій ПММА в ЦОДі А дізнається нові MAC-адреси (MAC-A, B і C у VLAN 100) зі свого внутрішнього інтерфейсу. Це відбувається за допомогою стандартного алгоритму вивчення MAC адрес.
2. Комутатор створює повідомлення Update повідомлення, яке містить інформацію про MAC адреси A, B і C. Це повідомлення інкапсулюються і передаються до транспорту 3-го рівня. Адресою джерела є IP інтерфейсу а адресою призначення широкомовна група ASM.
3. Через транспортну мережу яка дозволяє передачу широкомовних пакетів повідомлення направляється до кожного учасника широкомовної групи. Там ПММА пакети декапсулюються і передаються в системи управління ПММА.
4. Інформація щодо досяжності MAC адрес імпортується в таблиці MAC-адрес (CAM) граничних пристроїв. Інтерфейсом для досягнення MAC-A MAC-B і MAC-C є IP-адреса інтерфейсу граничного пристрою Сайту А ПММА.

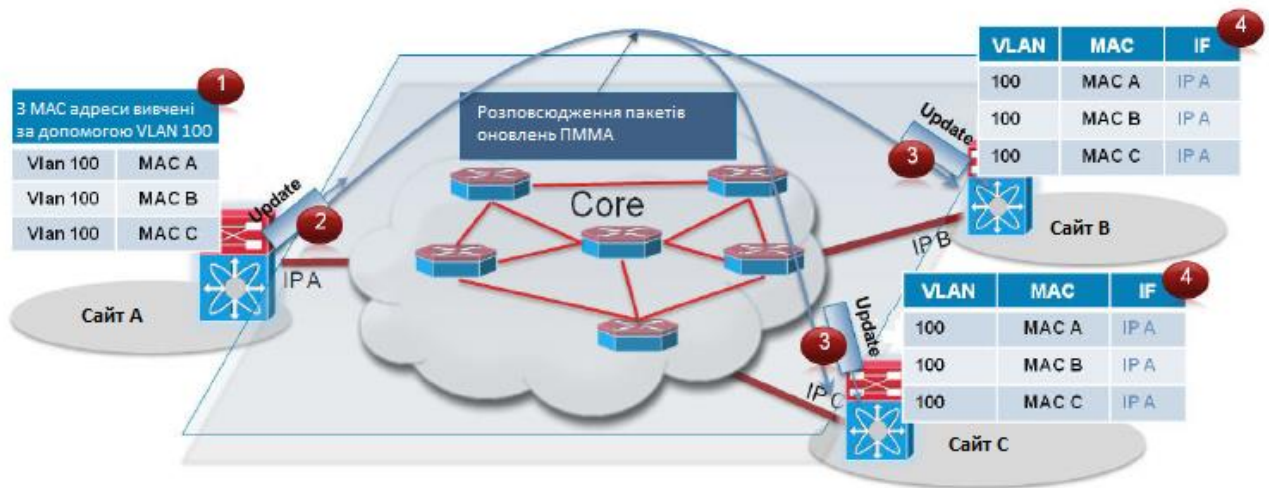


Рис. 1.1 Поширення таблиці MAC адрес між розподіленими ЦОД

Після встановлення сусідських відносин та обміну інформацією про наявність MAC адрес, між майданчиками можливе проходження трафіку.

Важливо зазначити, що локальний трафік не пройде через зовнішній інтерфейс тому, що адреса призначення знаходиться в локальній CAM таблиці.

Передача даних через ПММА

1. Layer2 кадр призначений для MAC адреси, отриманої через зовнішній інтерфейс, так як next-hop інтерфейс знаходиться за ним.
2. Оригінальний Layer2 кадр інкапсулюється в ПММА. IP-адреса джерела є адреса зовнішнього інтерфейсу. Адресаю призначення є IP не багатоадресної групи, а IP-адреса певного Join інтерфейсу, що анонсував MAC-3.
3. Unicast кадр передається через транспортну інфраструктуру безпосередньо до віддаленого граничного пристрою ПММА. Якби це був широкомовний пакет, він би дістався до всіх віддалених граничних ПММА пристроїв. Якби це був багатомовний пакет він би дістався до всіх учасників багатомовної групи ПММА.
4. Віддалений граничний ПММА пристрій декапсулює кадр вивількаючи з нього оригінальний Layer 2 пакет.
5. Віддалений ПММА виконує пошук у CAM таблиця для отриманого Ethernet пакета і визначає інтерфейс до якого його необхідно передати.
6. Кадр досягає її призначення.

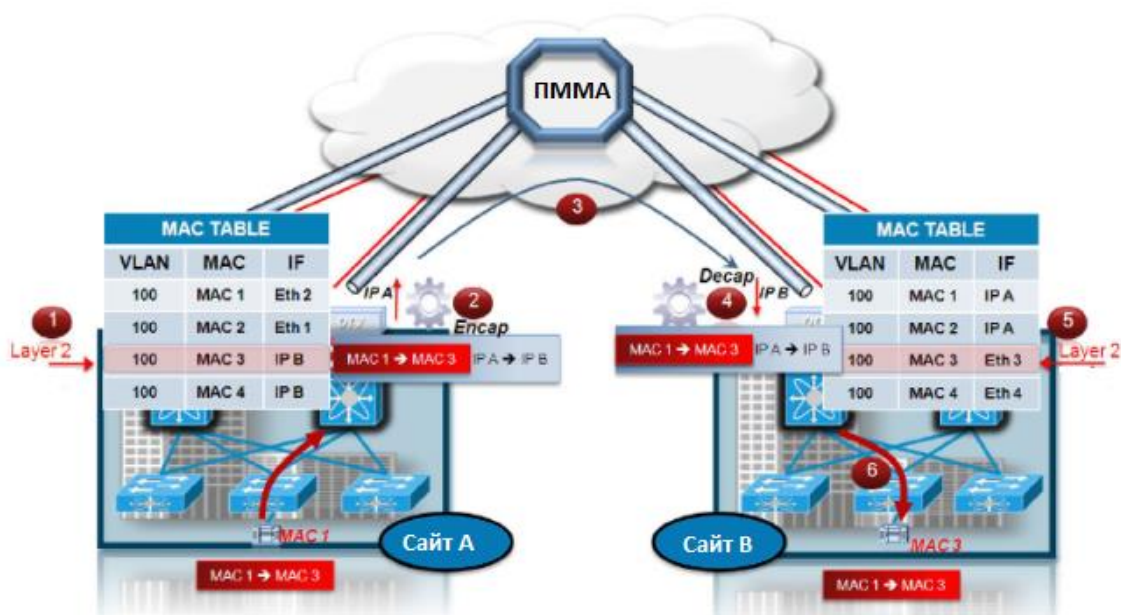


Рис.1.2. Передача даних через ПММА

Граничні пристрої ПММА не переслають пакети BPDU до зовнішньої мережі. ПММА обмежує область STP до кордонів кожного ЦОД. Це означає, що проблема STP зоні даного сайту не впливає на роботу віддалених центрів обробки даних. Це одна з найбільших переваг даного протоколу в порівнянні з іншими технологіями DCI. Це стало можливим завдяки обміну інформацією про MAC таблиці через протокол управління, а не за допомогою звичайного широкомовного розсилання пакетів. З розривом STP між сайтами, можливим використання на різних сайтах різних STP технологій. Тобто один сайт може працювати з MSTP, а інший працює з RSTP.

Література

1. Santiago Alvarez, "QoS for IP/MPLS Networks " Cisco Press, 2012, 1-58714-391-7.
2. Stefan Raab, Madhavi W. Chandra, "Mobile IP Technology and Applications" Cisco Press, 2013, 0-13-343311-0.
3. VPLS technology: <http://www.osp.ru/lan/2005/06/140696/>

РОЛЕ-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Приходько О.О.

*Дрезденский технический университет, ТУ Дрезден, Факультет информатики
01187, г. Дрезден, ул. Нёттницер 46, Германия, olya.prihodko@gmail.com*

Role-oriented approach to software design

The class concept is static, inflexible and not suitable for object design, in contrast the role concept is dynamic, flexible and central to object design. Most efforts on object design have been made to remedy the problems of classes. CRC-cards and many other concepts are all concerned with capturing object interactions in terms of roles, responsibilities and collaborations.

Самым популярным в разработке программного обеспечения (ПО) является объектно-ориентированный подход. Однако иногда разработка структуры системы и взаимодействия ее элементов становится тяжелой задачей. Основной причиной является то, что "классы" не подходят для описания сложных структур взаимодействия объектов. Использование "ролей" в разработке ПО может значительно упростить этап моделирования и улучшить результат.

Разработка ПО включает в себя определение и описание статических и динамических аспектов. Разработчик или клиент, который стремится понять структуру и динамику системы должны определиться с рядом проблем:

1. *Сложность классов.* Чтобы понять назначение класса, важно понять, как этот класс взаимодействует со своими клиентами. Каждый нетривиальный класс имеет ряд клиентов, которые используют его экземпляры для различных целей. Таким образом, методология разработки должна обеспечивать средства для описания интерактивного поведения экземпляров класса, что видно из определенного контекста использования. Неструктурированный интерфейс класса, который скрывает различные способы использования, не дает возможности определить варианты его использования в конкретных условиях.
2. *Кооперация объектов.* Чтобы понять, как работает структура, нужно понять, как ее объекты взаимодействуют между собой. Понимание поведения кооперации имеет важное значение как для использования ПО, а также для возможности его расширения. Таким образом, методология разработки должна обеспечивать средства для описания кооперации экземпляров классов.
3. *Разделение задач.* Кооперация объектов может быть комплексной и служить многим различным целям. Цели должны сохраняться отдельно, чтобы облегчить понимание и повторное использование. Методология разработки должна, следовательно, обеспечить способ определения одной цели кооперации, а также способ составления ее спецификаций.
4. *Клиентские ограничения.* Только в тривиальном случае клиент может использовать ПО не выдвигая к нему каких-либо требований. Чаще накладываются ограничения на поведение системы или ее производительность. Методология разработки должна позволять выразить такие ограничения.
5. *Непредвиденные условия.* Иногда, разработчики должны быть готовы к расширению в непредвиденных условиях, например, из-за требований клиента, которые не могли быть определены заранее. Таким образом, методология разработки должна обеспечивать концепции, которые позволяют легко и быстро вносить изменения в уже разработанную модель.

Для многих из перечисленных выше проблем существуют индивидуальные решения. Определение кооперации объектов вызывает большой интерес, и моделирование с использованием ролей является, вероятно, наиболее перспективным подходом.

Для представления отношений между объектами используют CRC-карты (Class-responsibility-collaboration card; «Класс-Ответственность-Кооперация») — метод, предназначенный для проектирования объектно-ориентированного программного обеспечения. Как правило, CRC-карты используются в тех случаях, когда сначала в процессе проектирования ПО определяются классы и способы их взаимодействий. Содержание CRC-карт:

1. Имя класса
2. Подклассы и суперклассы
3. Обязанности класса
4. Названия других классов, с которыми связан данный класс
5. Автор

Связь между ролевой моделью и CRC-картами заключается в следующем:

- ролевой модели соответствует набор CRC-карт;
- каждая роль представлена в виде CRC-карты;
- ролевая модель может быть использована для описания кооперации с каждой ролью, представленной CRC-картой.

Расширением CRC-карт являются RRC-карты (Role-Responsibility-Collaboration).

Предлагаемый подход к ролевому моделированию состоит из следующих шагов:

1. Определение контекста взаимодействия ролей в ролевой модели.
2. Описание ролей, ответственностей и кооперации используя RRC-карты.
3. Представление упорядоченных обязанностей и кооперации с использованием диаграмм взаимодействия.

Роле-ориентированный подход также поддерживается некоторыми новыми языками программирования, например Object Teams / Java (OT / J).

OT / J является расширением языка программирования Java, который реализует концепции роле-ориентированного подхода. OT / J представляет понятия ролей, которые интегрированы с объектно-ориентированными понятиями, такими как наследование и полиморфизм.

Таким образом, понятие класса является статическим, негибким и не подходит для описания сложных структур взаимодействия объектов. Для решения многих проблем объектно-ориентированного подхода предлагается использование понятия "роли". В отличие от класса, роль является динамической и гибкой. Хотя роле-ориентированный подход сегодня еще не получил популярности, но существует прочная теоретическая база для проведения серьезных проектных работ.

Литература

1. D. Riehle, T. Gross. Role Model Based Framework Design and Integration. Proc. 1998 Conf. On Object-oriented Programming Systems, Languages, and Applications (OOPSLA 98) ACM Press, 1998.
2. Liping Zhao. Designing Application Domain Models with Roles. In: Uwe AЯmann, Mehmet Aksit and Arend Rensink. Model Driven Architecture European MDA Workshops: Foundations and Applications, MDAFA 2003 and MDAFA 2004, Lecture Notes in Computer Science, Volume 3599, 2005, DOI: 10.1007/11538097

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ OSS/BSS СИСТЕМ

Терновой М.Ю., Штогрин Е.С.

Институт телекоммуникационных систем, НТУУ "КПИ", tenovoy@its.kpi.ua;

L_shtogrina@mail.ru

ONTOLOGIES USAGE FOR INTEGRAION SYSTEM DEVELOPMENT IN OSS/BSS

The paper describes the analysis of the approaches to the integration of OSS/BSS. Based on ontology approach is chosen. The possibility of the OSS/BSS ontology development based on existing ontologies is examined. The interrelation between existing ontologies and OSS/BSS ontology is proposed.

Для организации и поддержки своей работы предприятия связи используют OSS/BSS (Operation Support Systems/Business Support Systems) системы [1]. OSS/BSS системы включают системы автоматизации и поддержки операций на уровне сети, системы анализа и планирования, системы обнаружения и устранения неисправностей, системы контроля, системы работы с клиентом, системы управления продуктом, системы управления финансами и др. Эффективная работа предприятия связи предполагает не только автоматизацию отдельных направлений своей деятельности, но и взаимосвязанную работу OSS/BSS систем в целом [2].

Для решения указанных проблем интеграции международной организацией TeleManagement Forum (TMF) предложены подходы и стандарты разработки, внедрения, эксплуатации и развития OSS/BSS систем – Framework [3]. Использование Framework определяет для предприятий связи полную интеграционную структуру для развития старых и обеспечения возможности внедрения новых систем, которые разработаны согласно принятым стандартам.

Некоторые производители программного обеспечения предлагают свои решения для интеграции. Например, фирмой IBM предложены два взаимосвязанных решения для трансформации архитектуры OSS/BSS систем. Это «Платформа для запуска услуг» (Service Delivery Platform) и «Автоматизация бизнес-процессов от заказа до счета» (Order2Cash) [4].

В случае использования новых систем наряду со старыми, а также систем разработанных разными поставщиками на различных платформах, подходы к интеграции предполагают реинжиниринг существующих систем для включения их в общую архитектуру OSS/BSS систем предприятия связи [2]. Так как в процессе функционирования OSS/BSS системы подлежат постоянному изменению, расширению, масштабированию и адаптации к текущим условиям, механизмы интеграции должны быть гибкими и иметь возможность настраиваться на такие изменения с минимальным участием человеческих ресурсов.

В работах [5, 6] предлагаются подходы к интеграции информации, которые удовлетворяют вышеописанным условиям функционирования систем. Данные подходы основаны на использовании онтологии, как ключевого связующего звена между системами. Для возможности интеграции с другими существующими системами онтология должна основываться на ранее разработанных онтологиях для конкретных предметных областей, общепринятых онтологиях и учитывать существующие стандарты описания телекоммуникационных объектов. В данной работе проводится анализ существующих онтологий и стандартов с точки зрения возможности их использования при построении онтологии OSS/BSS систем.

Различные системы могут содержать информацию об одних и тех же объектах. Эти объекты являются областью пересечения и состыковки систем. Такими основными объектами, которые присутствуют в большинстве OSS/BSS систем, являются «клиенты», «поставщики» и «партнеры», «сотрудники», «ресурсы», «услуги».

Рассмотрим возможность описания вышеназванных общих объектов с помощью существующих общепринятых онтологий. Объекты «клиент», «сотрудник», «поставщик» и «партнер» могут быть как людьми, так и организациями. Для описания таких сущностей

возможно использовать существующие онтологии FOAF (Friend of a Friend) [7] и vCard [8].

При описании объектов «услуга», «продукт», «ресурс» возможно основываться на существующих онтологиях, стандартах, таксономиях, тезаурусах и приведенных ниже. Для описания объектов «ресурс» возможно использовать Дублинское ядро — принятый на международном уровне стандарт метаданных для описания сетевых ресурсов [9]. The United Nations Standard Products and Services Code (UNSPSC) – стандарт разработанный United Nations Development Programme и Dun&Bradstreet Corporation, описывающий классификацию товаров и услуг для электронной коммерции [10]. Electro Technical Information Model (ETIM) – классификация электрических и электронных изделий [11]. eClassOWL онтология для описания типов и свойств товаров и услуг [12], используется для электронной коммерции в сочетании с онтологией GoodRelations, которая описывает коммерческие аспекты предложения и спроса, например, цены, оплаты или доставки [13]. OWL Web Ontology Language for Services (OWL-S) – онтология веб-сервисов, которая описывает базовый набор конструкций языка разметки для описания свойств и возможностей веб-сервисов [14]. Также возможно использование онтологий ИТ-услуги предложенной в работе [15] и онтологий телекоммуникационной услуги описанной в работе [16].

На примере систем работы с клиентом, управления продуктом и управления финансами на Рис. 1 показано взаимодействие между разрабатываемой онтологией для описания этих систем, а также общепринятыми онтологиями FOAF, vCard, Dublin Core, а также онтологией, для описания услуги разработанной на основе вышеприведенных стандартов и онтологий.

В работе рассмотрены возможности построения онтологии OSS/BSS систем на основе существующих онтологий. Система интеграции, основанная на онтологии, разработанной предложенным образом, позволит в дальнейшем проводить интеграцию с внешними источниками информации и с информационными системами других предприятий. Дальнейшим развитием работы будет уточнение и расширение онтологии, которая будет описывать все подсистемы OSS/BSS, и основываться на указанных выше онтологиях.

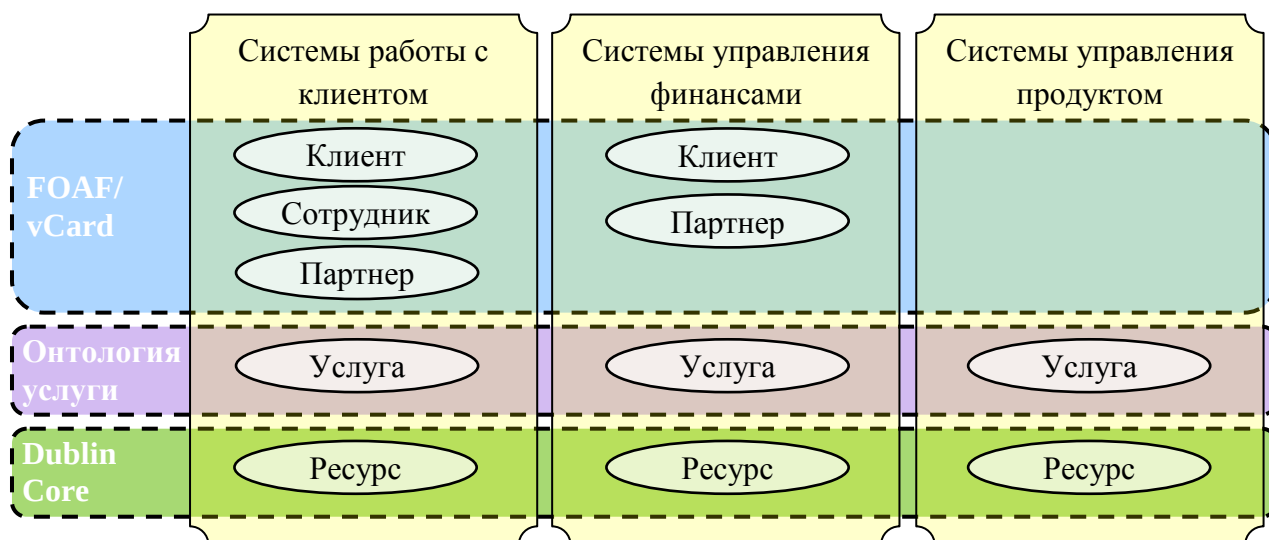


Рисунок 1. Взаимосвязь существующих онтологий и онтологии OSS/BSS систем

Литература

1. OSS line <http://www.ossline.com/2010/12/definition-oss-bss>
2. The changing requirements of telecom operations and business support systems <http://searchcloudprovider.techtarget.com/feature/The-changing-requirements-of-telecom-operations-and-business-support-systems>
3. TM Forum Frameworx <http://www.tmforum.org/TMForumFrameworx/1911/home.html>
4. Решения IBM для трансформации архитектуры OSS/BSS систем <http://www.ibm.com/industries/telecom/ru/oss-bss.shtml>

5. L. Globa, M. Ternovoy, O. Shtogrina, "An Ontology-Based Integration for Knowledgebases and Relational Databases", Proceedings of the XI-th International conference CADSM 2011. – Lviv-Polyana, 2011. – pp. 289-290.
6. Ontology <http://ontology.com/>
7. The Friend of a Friend (FOAF) project <http://www.foaf-project.org/>
8. Representing vCard Objects in RDF <http://www.w3.org/Submission/vcard-rdf/>
9. The Dublin Core® Metadata Initiative <http://dublincore.org/>
10. The United Nations Standard Products and Services Code <http://www.unspsc.org/>
11. ETIM International <http://www.etim-international.com/ETIMInternational/Concept/tabid/266/language/en-US/Default.aspx>
12. eClassOWL - The Web Ontology for Products and Services <http://www.heppnetz.de/projects/eclassowl/>
13. GoodRelations The Web Vocabulary for E-Commerce <http://www.heppnetz.de/projects/goodrelations/>
14. OWL Web Ontology Language for Services (OWL-S) <http://www.w3.org/Submission/2004/07/>
15. J. Freitas, A. Correia, F. Brito e Abreu, "An Ontology for IT Services", <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.153.3985>
16. P. Alipio, J. Neves, P. Carvalho "An Ontology For Network Services" Computing and Informatics, Vol. 26, 2007, 543–561.

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭКСТРЕННОЙ ПОМОЩИ НАСЕЛЕНИЮ ПО ЕДИНОМУ НОМЕРУ 112

Скулиш М.А.

Національний технічний університет України "КПІ", Київ, Україна, mb_s@ukr.net

IMPLEMENTATION CHALLENGES OF EMERGENCY SERVICES RENDERED IN NUMBER 112

The paper highlights the key issues the construction of "Systems-112" provides a method for call processing using the weighted queuing algorithms.

Проблема повышения качества обслуживания людей, оказавшихся в чрезвычайной ситуации, обеспечение оперативного реагирования на происшествие с одной стороны. И уровень развития систем связи с другой, на сегодняшний день позволяет внедрять современные решения в работу экстренных служб, обеспечивать организацию обслуживания и перенаправления вызовов, поступающих на единый номер. Так в Украине была создана единая система экстренной помощи населению, ее работа регламентируется законом Верховной Рады Украины от 13.03.2012 г «Про систему екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112» (1).

В соответствии со статьей 6 данного закона центры 112 обеспечивают:

- прием и обработку экстренных вызовов;
- определение подразделений экстренной помощи населению, которые привлекаются для предоставления экстренной помощи;
- передачу информации об экстренных вызовах оперативным диспетчерским службам;
- взаимодействие подразделений экстренной помощи населению во время предоставления такой помощи;
- ведение учета и формирования статистической отчетности, сохранения информации об экстренных вызовах.

Оперативно-диспетчерские службы обеспечивают:

- прием экстренных вызовов и информацию про них от центров 112;
- Формирование и оперативную передачу информации об экстренных вызовах подразделениям экстренной помощи населению;
- Информационную поддержку и координацию действий подразделений экстренной помощи населению и контроль за предоставлением такой помощи;
- Информирование центров 112 про время прибытия на место происшествия подразделений экстренной помощи населению и результаты предоставления такой помощи;
- Круглосуточное дежурство.

Для развертывания систем обслуживания вызовов используются опыт программных систем управления взаимоотношениями с клиентами (CRM - Customer Relationship Management), производится модернизация диспетчерских служб, внедрение информационных технологий в их работу. Цели такой модернизации очевидны – обеспечение эффективной обработки обращений, координация работы нескольких служб, контроль работы по обращениям, исключение фактов неприятия мер по обращениям граждан.

Система 112 должна обеспечивать не только прием и запись вызова от граждан, но так же должна быть информирована о реагировании экстренных служб на вызов. Функционал приема собственно телефонного вызова (или даже обращения, отправленного с использованием современных медиа, таких как SMS или e-mail) составляет лишь часть (хотя и весьма существенную) современной системы обслуживания экстренных вызовов.

Рассмотрим основные подсистемы, которыми должна быть оснащена система-112, обеспечивающая взаимодействие и координацию работы всех профильных служб и ведомств экстренного реагирования.

Итак, коммутационная подсистема системы 112 должна быть построена на основе пакетной телефонии. Технологии пакетной коммутации позволяют максимально эффективно строить распределенные системы, организовывать удаленные рабочие места. Отдельное место в работе занимает система приема и коммутации вызовов, которая преследует цель обеспечения доступности и надежности работы системы в целом. Например, любой шлюз, обеспечивающий стык с телефонной сетью общего пользования или мобильными операторами, должен обладать встроенной подсистемой маршрутизации вызовов для обеспечения перенаправления вызовов на резервные направления при недоступности основного центра обслуживания вызовов или невозможности перенаправить вызов на конкретного оператора экстренной службы.

Другой важнейшей подсистемой, входящей в состав системы-112, является подсистема автоматизации обработки информации по обращениям. Данная подсистема должна обладать встроенным модулем системы поддержки принятия решений, позволяющим диспетчеру оптимальным образом построить диалог с абонентом, получить от него всю необходимую информацию и принять правильное решение о дальнейшей процедуре работы по заявке.

В процессе проектирования системы обслуживания вызовов рассчитывается оптимальное количество рабочих мест операторов для обслуживания поступающей нагрузки с заданными показателями качества. При оценке параметров нагрузки учитываются имеющиеся статистические данные и результаты прогнозов. Очевидно, что при возникновении редких, но существенных всплесков нагрузки, связанных с чрезвычайными происшествиями, возникает практически важная задача обслуживания вызовов при минимальной потере важной информации о ситуации, а также других происшествий, требующих помощи экстренных служб.

В статье 6 (1), для обеспечения обработки экстренных вызовов разрешается операторам центров 112 использовать следующую информацию: для абонента фиксированной телефонной связи – абонентский номер, ФИО, наименование и адрес, для абонента подвижной (мобильной) связи – абонентский номер и месторасположение на момент осуществления звонка.

На рис. 1 красными квадратами показаны очаги возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Если возникает масштабное происшествие, резко возрастает количество вызовов поступающих в службу 112 из зоны ЧС, которые обеспечиваются абонентами фиксированной и мобильной связи, операторы связи перенаправляют вызова в Службу 112. Однако, это не исключает потребность в экстренном реагировании службы 112 на вызова поступающих из других мест происшествий. Пострадавшие, а также свидетели, при возникновении экстренной чрезвычайной ситуации, связываются через операторов фиксированной и(или) мобильной связи, затем вызова перенаправляются в Службу 112.

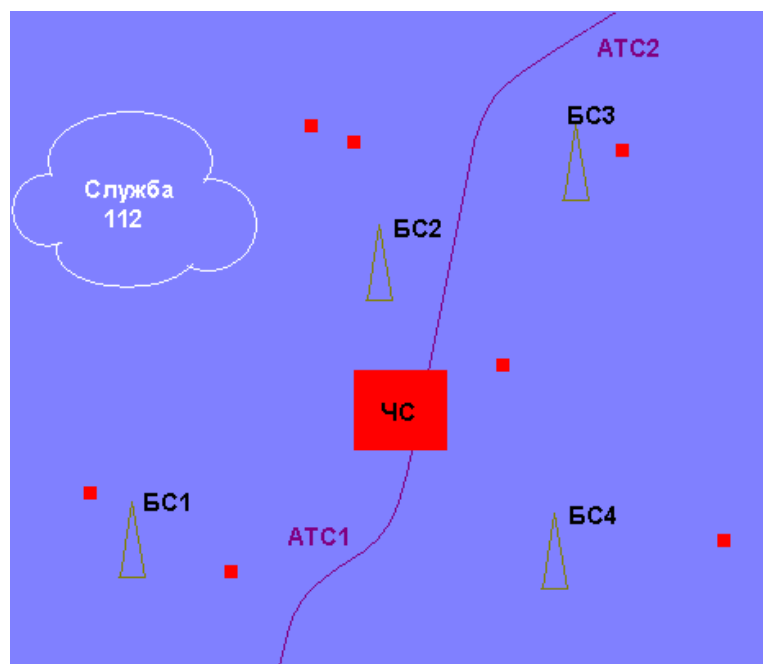


Рис.1 Схема возникновения чрезвычайных ситуаций

При возникновении резко возросшей нагрузки, операторы не в состоянии вовремя обработать все вызова, которые поступают с мест происшествий. Для оптимизации процесса обслуживания информационного потока на сегодняшний день применяются следующие средства:

- внедрена система распознавания голоса, которая позволяет автоматически, без участия оператора распределять вызовы с номера 112 по ключевым словам прямо на требуемую службу. То есть абонент, например, если все операторы заняты, может произнести слово «пожар», и система соединит его прямо со службой 101.

- абоненту предлагается положить трубку, если он собирается обратиться в «Систему - 112» с информацией о возникновении известной ЧС (2).

Здесь так же целесообразно применять группировку вызовов согласно месту расположения, таким образом можно будет применять методы взвешенного обслуживания (3) очередей, что позволит снизить процент потерянных вызовов от абонентов, которые попали в немасштабные происшествия и требуют помощи экстренных служб.

Литература

5. Закон Верховной Рады Украины «Про систему екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112» от 13.03.2012 г.
6. Кабаков М.В. Метод ограничения резко растущей нагрузки в «Системе-112» / Кабаков М.В. Леваков А.К. Соколов Н.А. // Вестник связи – 2012. - №8. – сс. 23-25.
7. 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

MATHEMATICAL REPRESENTATION OF COMPUTING RESOURCES DYNAMIC ALLOCATION IN THE CLOUD

Gaieviy V., Kyrylkov V.

TU Dresden, Faculty of Computer Science, vadymg@outlook.com, v.kirilkov@gmail.com

Mathematical representation of computing resources dynamic allocation in the Cloud

This paper describes mathematical model of the information infrastructure, based on the main principles of Private Cloud. The method of computing resources dynamic allocation in the Cloud is mathematically represented.

For a better understanding of the processes and mechanisms of high-performance computing in distributed information systems consider an information infrastructure of Private Cloud.

The overall data center DC can be divided into several smaller objects - physical servers S_i , which are not dependent on each other and report to the management system SM , where i - is the unique identifier of the physical server $i = \overline{1, n}$, numbering increases from the lower level ($i = 1$) To the upper ($i = n$). In fact, n define the number of physical servers S in the data center DC .

Each physical server S_i has its own computing resources:

$$R_{S_i} = \langle M_{S_i}, P_{S_i}, D_{S_i} \rangle :$$

M_{S_i} – RAM amount of S_i ;

P_{S_i} – CPU resource of S_i ;

$P_{S_i} = \bigcup_{j=1}^{k_i} P_{ij}$, where P_{ij} – power of j -th processor in server S_i , k_i - the number of processors of server S_i

D_{S_i} – Disk capacity of server S_i

Then the total computing power $R_{DC} = \langle M, P, D \rangle$ of data center DC will be equal to:

$$M = \bigcup_{i=1}^{n_i} M_{S_i} ; P = \bigcup_{i=1}^{n_i} P_{S_i} ; D = \bigcup_{i=1}^{n_i} D_{S_i} .$$

Within each physical server S_i can run multiple virtual servers V_{im} , with computing power:

$$R_{V_{im}} = \langle M_{V_{im}}, P_{V_{im}}, D_{V_{im}} \rangle$$

$$\begin{cases} M_{V_{im}} = f_M(I_l), \bigcup_{m=1}^{m_i} M_{V_{im}} \subset M_{S_i}, M_{V_{im_k}} \cap M_{V_{im_p}} = \emptyset \forall k, p : k \neq p \\ P_{V_{im}} = f_P(I_l), \bigcup_{m=1}^{m_i} P_{V_{im}} \subset P_{S_i}, P_{V_{im_k}} \cap P_{V_{im_p}} = \emptyset \forall k, p : k \neq p \\ D_{V_{im}} = f_D(I_l), \bigcup_{m=1}^{m_i} D_{V_{im}} \subset D_{S_i}, D_{V_{im_k}} \cap D_{V_{im_p}} = \emptyset \forall k, p : k \neq p \end{cases}$$

where I_l - l -th service that is running in the data center DC , m - number of the virtual server, m_i - the maximum number of running virtual servers V_{im} on a physical server S_i at the moment: $f(I):S \rightarrow V$

Dynamic allocation of computing resources problem statement in general form can be written as follows:

Given:

$DC = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n\}$ – data center;

$R_{DC} = \langle M, P, D \rangle$ – Total computing power data center DC

$I = \{I_1, I_2, \dots, I_l\}$ – set of services or tasks, which should be running in the data center DC.

Search for:

Dynamic allocation of computing resources method R_{DC} in infrastructure DC.

The solution to this problem lies in the sequential solution of several subproblems, namely:

1. Initial allocation of computing resources

Let every problem I_l need to provide the necessary initial computational resources:

To do this, run each task to implement the appropriate virtual server V_m , which is running on one physical server S_i , where m - the unique identifier of the virtual machine. Then computing resources given by the task I_l can be written as [1]:

$$R_{V_m} = \langle M_{V_m}, P_{V_m}, D_{V_m} \rangle, M_{V_m} = f_{M_{I_l}}(M_{I_l}), P_{V_m} = f_{P_{I_l}}(P_{I_l}), D_{V_m} = f_{D_{I_l}}(D_{I_l}).$$

2. Elastic addition and subtraction memory in real time

If the service I_l need more RAM ($M_{V_m} \leq M_{I_l}$), the management system SM dynamically provides the necessary memory.

If the service I_l do not need this amount of memory ($M_{V_m} \geq M_{I_l} + k\Delta M$), the management system SM dynamically consuming the available memory.

Algorithm for addition and subtraction memory in real time is shown in Fig. 1.

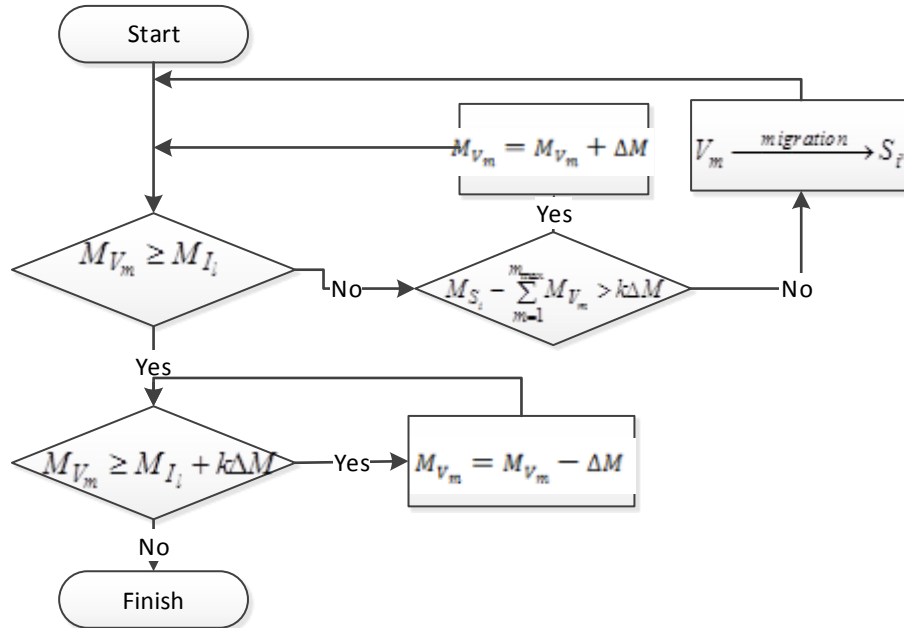


Fig. 1 Algorithm for addition and subtraction memory

3. Dynamic migration of virtual machines

In case of physical server S_i end memory $M_{S_i} - \sum_{m=1}^{m_{\max}} M_{V_m} \leq k\Delta M$, and the service I_l need more RAM, the virtual machine in which V_m running I_l begins migration to another physical server $S_{i'}$: $V_m \xrightarrow{\text{migration}} S_{i'}$ so that it had enough RAM, ie: $M_{S_{i'}} - \sum_{m=1}^{m_{\max}} M_{V_m} > k\Delta M$

In further work it is planned to improve this model, in particular the implementation of dynamic allocation of computing resources taking into account not only the current changes and the addition of forecasting possible changes and respond to them.

Literature

1. Foster I. Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared / I. Foster, S. Lu, I. Raicu, Y. Zhao // Grid Computing Environments Workshop: proceedings of the 4th GCE Workshop – 2008, Oregon, November 12 – 16 2008. – Oregon, 2008. P. 1–10.
2. Dasmalchi G. Cloud Computing: IT as a Service / G. Dasmalchi, D. Fu, G. Lin, J. Zhu, // IT Pro Magazine. 2009. – № 11 (4). P. 10–13.

АЛГОРИТМ АДАПТАЦИИ СУБД MYSQL С ЦЕЛЬЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

¹Бондаренко В. Ю., ²Алексеев Н.А.

1- Факультет информатики, Дрезденский технический университет,
volodymyr.bondarenko.ua@gmail.com

2- Институт телекоммуникационных систем, НТУУ «КПИ», alexeyev@its.kpi.ua

Algorithm of DBMS MySQL Adaptation to Avoid Peak Load

This work concerns main problems and universal solutions connected with high load and big data processing in web applications using MySQL DBMS.

Вступление

Эффективная работа веб приложений во многом зависит от конфигурации системы управления базами данных. В настоящее время одной из самых распространенных СУБД для создания веб-сайтов является программный продукт Oracle MySQL. Однако в процессе функционирования таких сайтов возникают проблемы потери производительности СУБД, особенно с ростом числа запросов, работающих с большими объемами данных. Данная статья посвящена анализу наиболее часто встречающихся причин возникновения критической нагрузки базы MySQL и способов их устранения.

Основная часть

В ходе работы над созданием веб приложений, в которых обрабатываются большие массивы данных, были накоплены объемные статистические данные случаев возникновения критической нагрузки. В базе данных под управлением MySQL веб-приложение может хранить информацию, например, о каталогах видеофайлов, данные о сотрудниках и их взаимосвязи, интерактивные данные пользователей, статистическую и аналитическую информацию больших объемов.

В ходе анализа ситуаций возникновения пиковой нагрузки на сервер были отмечены различные проблемы с системой управления базами данных. В то время как другими вычислительными процессами виртуального сервера потреблялось не более 5% WCPU, процесс mysql полностью занимал доступное процессорное время. Такая критическая нагрузка способствовала отказу сервера, что в свою очередь делало веб приложение недоступным для работы. Такая ситуация возникала по ряду причин, анализ которых позволил успешно реализовать алгоритмы взаимодействия приложения с базой данных, позволившие избежать неработоспособности в случае возникновения критической нагрузки СУБД MySQL.

Большое количество запросов к базе данных. Опираясь на результаты проведенных в данной работе исследования проблемы возникновения критической нагрузки на СУБД веб-приложений вследствие роста количества запросов к базе данных рекомендуется решать внедрением технологии кэширования повторяющихся результатов запросов к СУБД, тем самым снижая соответствующую нагрузку. Рассмотрев основные сильные и слабые стороны существующих решений, было принято решение использовать Memcached, который обеспечивает универсальный подход к кэшированию информации. В зависимости от ситуации можно кэшировать любую информацию по алгоритму «ключ-значение».

Большое количество кортежей в таблицах. Одним из способов решения этой проблемы является реализация набора индексов, т.е. создание схем таблицы с использованием только тех атрибутов, которые часто используются в SELECT запросах. Данный подход является эффективным, однако, только при условии высокой частоты SELECT запросов (наличие индексов замедляет редактирование данных) и ограниченного количества кортежей. Более эффективным является логическое разделение данных по подтаблицам, используя встроенные функции партиционирования MySQL. Проведенные тесты не показали значительного прироста в производительности при использовании встроенных возможностей MySQL, и рекомендацией в данном случае может послужить технология разбивания таблиц на подтаблицы логика работы которой реализуется самим веб-

приложением непосредственно в процессе накопления данных. Такой подход позволяет добиться высокого уровня масштабируемости данных.

Большое количество одновременных запросов к базе данных. Для получения статистической и аналитической информации СУБД приходится обрабатывать высокое число (до 100 тыс.) SQL запросов за одну итерацию. Такое количество моментальных запросов способно полностью загрузить базу данных. В работе протестирован и внедрен универсальный способ разбиения обработки данных на n итераций, относительно легко реализуемый на языке JavaScript, который является одним из самых распространенных языков сценариев в веб-приложениях.

Использование группировки и сортировки кортежей в таблицах. После детального анализа стало понятно, что некоторые группировки и сортировки быстрее будут выполняться на стороне веб приложения [1]. Таким образом, для достижения максимального быстродействия необходимо каждый запрос проверять на целесообразность применения сортировок и группирования элементов непосредственно в базе.

Использование вложенных запросов и запросов, объединяющих несколько таблиц. В некоторых случаях логика работы веб приложения позволяет заменить сложный SQL запрос несколькими простыми. Тем не менее, при использовании оператора JOIN, следует изучить возможные алгоритмы работы данной функции и для конкретной выборки данных использовать наиболее подходящий из них.

В ходе исследования была реализована работа трех основных алгоритмов объединения таблиц: nested loops join, merge join, hash join на языке C++ и протестирована на конкретных данных, хранящихся в СУБД веб-приложения. Графические результаты представлены на рис. 1.

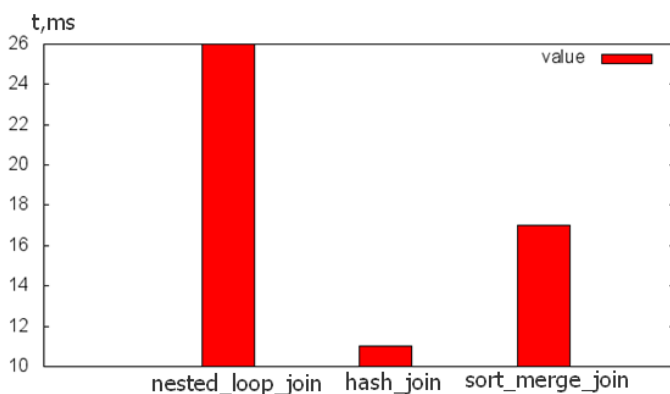


Рис. 1 — Графики объединения двух таблиц с 80000 записей в каждой.

Очевидно, что производительность каждого из алгоритмов напрямую зависит от количества записей в таблице. Однако, Nested loops join проигрывает в любых таблицах больше 10 кортежей. Merge join эффективнее hash join при относительно небольшом количестве кортежей. Для обработки больших объемов данных лучше всего использовать hash join.

Анализ фактов возникновения критической нагрузки на базы данных веб-приложений, использующих СУБД MySQL позволил выделить наиболее часто встречающихся их причины. Рассмотренные в работе технические решения могут служить универсальной методикой их устранения.

Литература

1. Aliksieiev Mykola. Analysis of Approaches Used to Raise Productivity of PHP Programs / Mykola Aliksieiev, Volodymyr Bondarenko. Modern Problems of Radio Engineering Telecommunications and Computer Science (TCSET'2012). – Lviv – Slavske: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2012. – P.349

УДК 004.7

ЗАСТОСУВАННЯ СИГНАТУРНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

Івлєв Ю.В., Кононенко В.М.

Інститут телекомунікаційних систем, НТУУ «КПІ», rideron@amonis.com.ua

Signature method of definition intelligent agents in Internet

The use of signature-based method at the HTTP protocol. An example of the implementation algorithm.

Застосування сигнатурного методу на рівні HTTP протоколу дає змогу з великою вірогідністю визначити інтелектуального агента. Даний метод ідентифікації ґрунтується на відповідності службових заголовків клієнта заздалегідь визначеним критеріям. Сигнатурою в даному випадку виступає результат перевірки відповідності критеріям, що записаний в визначеному алгоритмом порядку. Маючи заздалегідь підготовлений список сигнатур можна ідентифікувати відповідного клієнта.

Треба зауважити, що один клієнт може мати більше однієї сигнатури. Це пов'язано з різними принципами формування службових заголовків HTTP запиту в залежності від типу запрошених даних та стадії діалогу з сервером.

Довжина сигнатури (рис. 1) фіксована і складає 48 біт, 6 байт або 12 знаків в шістнадцятиричному представленні.

Рисунок 1 — Приклад сигнатури

Структура даних, що містяться в сигнатурі:

1-8 біт (8) — інформація щодо підтримки клієнтом останніх протоколів обміну даними, наявності обов'язкових заголовків та відсутності аномалій.

9-12 біти (4) — флаги, що відносять клієнта до визначених категорій (“був використаний проксі-сервер”, “це мобільний пристрій”, “має виражені ознаки інтелектуального агента”, “має невиражені ознаки інтелектуального агента”).

13-16 біти (4) — особливі ознаки клієнта, підтримка специфічних протоколів, синтаксис даних, тощо.

17-24 біти (8) — наявність заголовків з визначеного переліку (from, user-agent, host, connection, accept, accept-encoding, accept-language, accept-charset).

25-48 біти (24, 8 по 3) — порядок слідування заголовків, перелічених вище.

Перелік критеріїв, що були використані в алгоритмі, відсортовані за порядком відповідних біт:

- 1) Версія HTTP протокола не дорівнює 1.0, якщо заголовок “accept” містить “text/html”.
- 2) Присутні заголовки: “host”, “connection”, “user-agent”, “accept”.
- 3) В заголовку “connection” присутній “keep-alive” та не присутній “close”.
- 4) Довжина заголовку “user-agent” більша за 16 символів та в ньому присутній знак “(”.
- 5) В заголовку “accept” обов'язково присутній елемент “*/*”, в заголовку “accept-language” не присутній знак “*” та в заголовку “accept-charset”, якщо він є, присутній символ “*”.
- 6) В заголовку “accept-encoding” відсутні елементи “identity”, “x-gzip”, “te”, “keep-alive”, “z-uidh”;
- 7) В заголовку “accept-encoding” присутній елемент “gzip”.
- 8) В заголовку “accept-encoding” присутній елемент “deflate”.

- 9) Присутній мінімум один з заголовків: "x-forwarded-for", "via", "x-bluecoat-via", "x-proxy-id", "x-piper-id", "clientip", "proxy-connection".
- 10) Присутній мінімум один з заголовків: "x-operamini-features", "x-operamini-phone", "x-operamini-phone-ua", "x-nokia-musicshop-version", "x-nokia-musicshop-bearer", "x-wap-profile", "x-att-deviceid", "x-ebo-ua", "device-stock-ua". Або в заголовку "user-agent" присутній елемент: "android", "bada", "iphone", "ipad", "ipod", "symbian", "windows ce".
- 11) Присутній заголовок "from", чи "x-goog-source". Або в заголовку "user-agent" присутній елемент "craw", "bot", "slurp", "spider", "agent".
- 12) В заголовку "user-agent" присутній елемент "libwww", "curl", "wget", "lynx", "urllib", "ruby", "php", "perl", "python", "java", "http://". Або не вірний 4-й, чи 5-й критерій. Або не вірний 10-й критерій та присутній тег "pragma" або відсутні "host", "connection", чи "user-agent".
- 13) Заголовок "accept" не дорівнює "*"/*" та в ньому відсутній елемент "text/html".
- 14) В заголовку "accept-encoding" присутній елемент "sdch".
- 15) В заголовку "connection" присутні літери в верхньому регістрі.
- 16) В заголовку "accept-encoding" відсутній знак " ".
- 17) Наявність заголовку "from".
- 18) Наявність заголовку "user-agent".
- 19) Наявність заголовку "host".
- 20) Наявність заголовку "connection".
- 21) Наявність заголовку "accept".
- 22) Наявність заголовку "accept-encoding".
- 23) Наявність заголовку "accept-language".
- 24) Наявність заголовку "accept-charset".

Приклад HTTP запиту:

GET / HTTP/1.1

Host: amonis.com.ua

Connection: keep-alive

Cache-Control: max-age=0

User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.11 (KHTML, like Gecko) Ubuntu Chromium/23.0.1271.97 Chrome/23.0.1271.97 Safari/537.11 AlexaToolbar/alxg-3.1

Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,/*;q=0.8*

Accept-Encoding: gzip,deflate,sdch

Accept-Language: ru,en;q=0.8,en-US;q=0.6,uk;q=0.4

Accept-Charset: windows-1251,utf-8;q=0.7,;q=0.3*

Cookie: amonis_referer_uid=22; CMSSESSIDecac594d=rcv4i9k35rqeg2tv5ug5adf1; __utma=162383276.2038554394.1358177981.1358599988.1358614364.31; __utmc=162383276; __utmz=162383276.1358614364.31.6.utmcsr=google|utmccn=(organic)|utmcmd=organic|utmctr=(not%20provided); PHPSESSID=gaor36crqac4nhj3kf80vq03m6

If-Modified-Since: Sat, 15 Sep 2012 19:23:41 GMT

В HTTP запиті фігурує заголовок User-Agent, який містить інформацію щодо програмного забезпечення клієнта та його версій. За допомогою сигнатурного методу є змога перевірити достовірність вказаної в заголовку інформації. Отримавши сигнатуру повідомлення клієнта ми зіставляємо її з сигнатурами, що відповідають програмному забезпеченню вказаному в заголовку User-Agent. Тобто, якщо клієнт захоче видати своє програмне забезпечення за інше з великою вірогідністю ми зможемо зафіксувати підміну.

Висновки

Сигнатурний метод може застосовуватися для перевірки достовірності програмного забезпечення вказаного HTTP клієнтом в заголовку повідомлення. Представлений алгоритм дає змогу зберігати ключові параметри запиту в стислому вигляді та надає результати їх попереднього аналізу.

Оскільки метою було показати можливість застосування сигнатурного методу для ідентифікації інтелектуальних агентів в мережі Інтернет були зібрані відповідні сигнатури інтелектуальних агентів компаній Google, Yandex, Yahoo та Bing.

Перелік сигнатур до обраних інтелектуальних агентів:

1) Googlebot 2.1	ff33fc4e0340
2) Googlebot Mobile	ff73fc4e0340
3) Google Translate	9e316d9d1a00
4) Google Web Preview	b73b744cd000, 9f316c86a000, 973964350000
5) Bingbot 2.0	ff33fc728440, ff337c72a200
6) Yahoo Slurp 3.0	ff317f466bd8, ff317f466bd8
7) YandexBot 3.0	f733fe4e5c40
8) YandexNews 3.0	943970458000
9) YandexFavicons 1.0	903b70688000

Таким чином проведений в даній роботі огляд дає загальне представлення, щодо застосування сигнатурного методу ідентифікації до клієнтів, що працюють за HTTP протоколом. Докладно представлено розроблений алгоритм реалізації даного методу та надані результати його тестування.

Література:

- Юрій Івлєв. Ідентифікація поісковых роботов. Ел. ресурс: <http://amonis.com.ua/articles/informatsionnaya-bezopasnost/identifikatsiya-poiskovyh-robotov>.
- *Алексей Лукацкий*. Предотвращение сетевых атак: технологии и решения. Ел. ресурс: <http://citforum.ru/security/articles/ips/>

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПАРАЛЕЛЬНОГО ОБЧИСЛЕННЯ ВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДАНИХ MAPREDUCE

Т.В.Борис, М.О.Алексєєв

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», poooshta@ukr.net; alexeyev@its.kpi.ua

Comparative analysis technologies of parallel computing of large data sets MAPREDUCE

Проведено порівняльний аналіз сучасних технологій, які направлені на вирішення задач обробки структурованих і неструктурованих даних значних обсягів, так названих «Великих Даних». Зроблені висновки про доцільність вибору конкретної технології у залежності від типів задач аналізу даних та їх особливостей.

1. Вступ

Проблема збору даних, їх інтеграції та аналізу гостро стоїть на даний час. Саме тому питання використання технологій масивно-паралельних СКБД, рішень класу бізнес-аналізу (Business Intelligence), нетрадиційних СКБД NoSQL та альтернативних рішень для побудови систем, що забезпечують розподілену обробку даних, є дуже актуальним. Серед таких рішень особливою популярністю користується парадигма MapReduce, і побудований на її концепціях програмний каркас Hadoop. Згідно концепції технології обробка даних розділяється на велику кількість елементарних завдань, які виконуються на різних вузлах кластера і, в остаточному підсумку, зводиться в єдиний результат. В статті здійснено порівняльний аналіз MapReduce технології з традиційними рішеннями в обробці даних великого об'єму.

2. Порівняння MapReduce з іншими системами

а. Системи керування базами даних

Традиційним рішенням для використання в аналітичних системах і сховищах даних з обсягами даних від сотень гігабайт до сотень терабайт були реляційні СКБД. На противагу рішенням в аналізі даних СКБД з великою кількістю дисків – накопичувачів, MapReduce виграє на апаратному рівні. Причина в особливості роботи накопичувачів на жорстких дисках, а саме те, що час пошуку даних прискорюється повільніше, ніж швидкість їх передачі. Процес пошуку характеризується затримкою дискових операцій, в той час як швидкість передачі даних залежить від пропускної здатності диска. Якщо модель доступу до даних переважає над пошуком, то процес займе більше часу, щоб зчитати або записати великі частини набору даних, ніж час, затрачений на прохід через їх, який управляється швидкістю передачі даних.

У багатьох відносинах MapReduce можна розглядати як доповнення до СКБД (табл. 1.). MapReduce добре підходить для задач, в яких необхідно проаналізувати весь набір даних в пакетному представленні. Перевагу СКБД слід надати при роботі з одиночними запитамі або оновленнями, в яких набір даних був проіндексований для доставки з низькою затримкою на пошук і часом оновлення для відносно невеликих об'ємів даних. З іншого боку, для оновлення невеликої частини записів в базі даних ефективно використовуються традиційні B-Tree (структури даних в реляційних базах даних, які обмежені по швидкості виконання пошуку). Проте при роботі з більшістю баз даних, B-Tree виявились менш ефективними, ніж MapReduce, який використовує сортування – злиття (Sort-Merge) для перебудови бази даних. Тобто, СКБД MapReduce підходить для додатків, де дані записуються один раз, а зчитуються багато разів, в той час як реляційні бази даних, ефективні для обробки наборів даних, які постійно оновлюються.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика СКБД та MapReduce

Інструментарії Характеристики	MapReduce	Традиційні СКБД
Розміри даних	Петабайти	Гігабайти
Доступ	Пакетний	Пакетний
Оновлення	Записати один раз, зчитувати багато раз	Зчитувати та записувати багато раз
Структура	Динамічна схема	Статична схема
Інтегрованість	Низька	Висока
Масштабованість	Лінійна	Нелінійна

Реляційні дані часто нормалізуються для забезпечення своєї цілісності і видалення надлишковості. В MapReduce зчитування записів є нелокальною операцією, що робить використання нормалізації проблематичним.

Log веб-сервера є вдалим прикладом великої кількості ненормованих записів - це обґрунтовує зручність аналізу log - файлів будь-якого типу за допомогою MapReduce. MapReduce є лінійномасштабованою моделлю програмування[1]. Важливо, що для написаних програмістом функцій map та reduce не важливі особливості кластера, на якому здійснюється обробка чи розмір даних, які опрацьовуються. Вони можуть залишатися незмінними як для невеликого набору даних чи для масиву. Особливість в тому, що рішення подвоїти розмір вхідних даних призведе до уповільнення виконання завдання вдвічі (рис.1 а). В той же час подвоєння розміру кластера поверне попередню швидкість, що не властиво для SQL запитів (рис.1 б).

Однак, відмінності між реляційними базами даних і MapReduce системи стираються - як і в реляційних базах даних почали враховувати ідеї з MapReduce (наприклад, бази даних Greenplum, засновані на доопрацьованій PostgreSQL для бази даних з масивно-паралельною архітектурою), так і, з іншого боку, на основі MapReduce розробили мову запитів високого рівня (такі, як Pig і Hive).

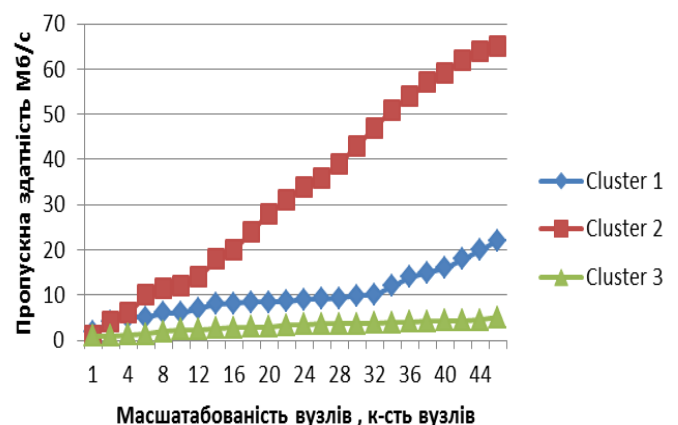
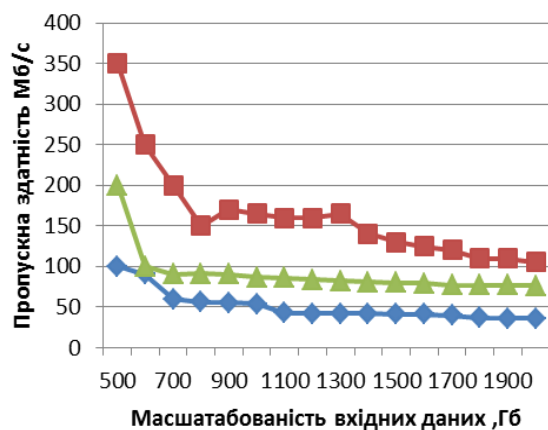


Рис.1 Графіки залежності пропускної здатності для кластерів різної конфігурації від масштабованості (а) вхідних даних (б) кількості вузлів в кластері

б. Комп'ютерні обчислення, реалізовані на ГРІД-системах

Високопродуктивні обчислення (HPC) і співтовариство Grid Computing здійснювали великомасштабні обробки даних протягом багатьох років, використовуючи такі API, як Message Passing Interface (MPI). Такий підхід ефективно працює переважно з інтенсивними обчисленнями, але виникають проблеми, коли вузли повинні отримати доступ до великих обсягів даних (для розмірів від сотні гігабайт), так як пропускна здатність мережі є слабким місцем і обчислювання на вузлах переходить в стан простою. MapReduce розподіляє дані так, щоб вони знаходились поряд з вузлом, який здійснює обчислення, з метою забезпечити швидкий доступ, оскільки доступ до даних є локальним. Всі MapReduce-реалізації строго притримуються цієї властивості явно моделюючи топологію мережі, так як пропускна здатність мережі є найціннішим ресурсом в середовищі дата – центру.

Використання MPI дозволяє програмісту контролювати процес, але натомість вимагає від нього явної обробки механіки потоку даних доступних через сокети та низькорівневі підпрограми C. MapReduce працює тільки на високому рівні [2]: програміст обдумує функції пари <ключ,значення>, але при цьому потік даних не є явним. Проблематичною являється координація процесів для великомасштабних розподілених обчислень, особливо, коли мова йде про обробку часткової відмови. За такої відмови продовжує виконуватися загальне обчислення. За рахунок того, що MapReduce має нерозподілену архітектуру, програміст обробляє невиконаний процес та перенаправляє виконання на робочі машини тоді, коли не виконано map чи reduce завдання. Таким чином, з точки зору програміста, порядок, в якому повинна явно контролювати своєю реєстрацією наведення і відновлення. В такому випадку, основний контроль реалізує програміст, що ускладнює написання MPI програм.

с. Волонтерські комп'ютерні обчислення [3]

В певних питаннях схожі до MapReduce завдання вирішують проекти групи @Home Network. В них добровольці надають у безкоштовне використання системою розподілених обчислень процесорний час власних комп'ютерів. Ідея розбиття проблеми на самостійні частини, які окремо опрацьовуються, присутня і в MapReduce, проте існує суттєва відмінність: ресурсомісткість (CPU-intensive) проектів @Home Network робить його придатним лише для роботи на сотнях тисяч комп'ютерах по всьому світу, за умови коли час передачі одиниці роботи незначний в порівнянні з часом її виконання. MapReduce призначений для виконання завдань, які тривають кілька хвилин або годин на спеціалізованих апаратних засобах в єдиному центрі обробки даних з дуже високою сукупною пропускною здатністю з'єднань.

3. Висновки

Представлення проблеми в формі Map-Reduce дозволяє відносно легко розпаралелювати обчислення, направляти дані до процесорів і балансувати навантаження між ними. Деталі всіх цих питань можуть бути приховані від користувача, а можливості паралелізму на рівні задач та рівні команди легко ідентифікуються.

MapReduce створена з розрахунку на використання кластерної апаратної архітектури для вирішення задачі паралельної роботи з Великими Даними. Застосування даного підходу обробки даних на противагу традиційним рішенням обґрунтовано такими перевагами як висока продуктивність та можливість опису обробки зрозумілим кодом. Як показав проведений аналіз, можливості коду MapReduce набагато ширші за SQL, навіть без використання спеціалізованих рішень.

Представлений огляд даних технологій розподілених обчислень обґрунтовує вибір саме технології MapReduce для здійснення обробки великих масивів даних у формі не ітеративних алгоритмів, де вузли потребують невеликого обміну інформацією (не ітеративні та не залежні). Масивно-паралельні СКБД виграють у роботі з структурованими даними, які часто записуються, а також за рахунок інтегрованості системи. Надати перевагу MPI системам варто при необхідності контролю процесу в тонкій деталізації та інтенсивних обчисленнях задач, в той час, як MapReduce добре зарекомендував себе в обробці задач з великим об'ємом даних.

У подальшій роботі планується дослідити реалізації парадигми MapReduce на C#, Ruby, Java на прикладі каркасу Hadoop для створення програмних додатків розподілених інформаційних систем. Очікується, що конвергенція MapReduce з іншими технологіями для обробки великих масивів даних дозволить підвищити продуктивність створених програмних додатків.

Литература.

1. Tom White «*Hadoop: The Definitive Guide*» O'Reilly Media.-Boston,USA,2009, с.72-92
2. Jackson H.C. Yeung¹, C.C. Tsang¹, K.H. Tsoi¹, Bill S.H. Kwan¹, Chris C.C. Cheung², Anthony P.C. Chan² and Philip H.W. Leong «*Map-reduce as a Programming Model for Custom Computing Machines.*» in Proc. IEEE Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM), 2002, pp. 13–21.
3. Korpela, E., Werthimer, D., Anderson, D., Cobb, J., and Leboisky, M., “*SETI@home-Massively Distributed Computing for SETI,*” Computing in Science and Engineering 3, 78–83 (Jan/Feb 2001).

ОНТОЛОГИЯ СИСТЕМЫ БИЛЛИНГА

Анцибор Д.В., Терновой М.Ю.

Институт телекоммуникационных систем, НТУУ «КПИ», andanya@gmail.com,
ternovoy@its.kpi.ua

Billing system ontology

In this paper billing system ontology is proposed. Its constraints and role characteristics are described. Based on them the description logic SRIF(D) for billing system ontology is chosen.

Введение

В связи с развитием рынка телекоммуникаций и ростом конкуренции поставщикам телекоммуникационных услуг необходимо повышение эффективности своей работы, в том числе за счет применения новых улучшенных методов для доступа к информации, хранящейся в системах биллинга и других системах OSS/BSS.

Предложенные TM Forum стандарты разработки OSS/BSS систем [1] позволяют частично решить проблему доступа и обмена информацией. Однако, существование ранее внедренных в телекоммуникационных компаниях систем, а также разработка и внедрение новых систем, не соответствующих предложенным стандартам, усложняет интеграцию информации из различных систем OSS/BSS. Существуют альтернативные подходы к интеграции информации OSS/BSS систем с использованием технологий Semantic Web [2], но такие подходы реализованы в виде прикладных программ и являются коммерческой тайной.

В работе [3] предложено создавать систему интеграции OSS/BSS на уровне доступа к информации в них с использованием онтологии. Общая онтология строится на основе онтологий конкретных систем OSS/BSS. От корректности построенных на каждом этапе онтологий будет зависеть последующая работа всей системы интеграции.

В данной работе рассмотрено построение онтологии системы биллинга, которая является одной из основных составных частей OSS/BSS.

Основная часть

Одной из главных задач, которая ставится при построении онтологии, является определение дескрипционной логики, которая будет использоваться. Это необходимо для выбора языка описания онтологии, а также возможности последующего ее использования.

При построении онтологии системы биллинга, которая отвечает за учет объема потребляемых абонентами услуг, их тарификацию и расчет денежных средств [4], были выделены такие основные классы: «Провайдер», «Пользователь», «Учетная запись», «Счет», «Тарифный план», «Услуга». Взаимоотношения между классами можно видеть на рис. 1.

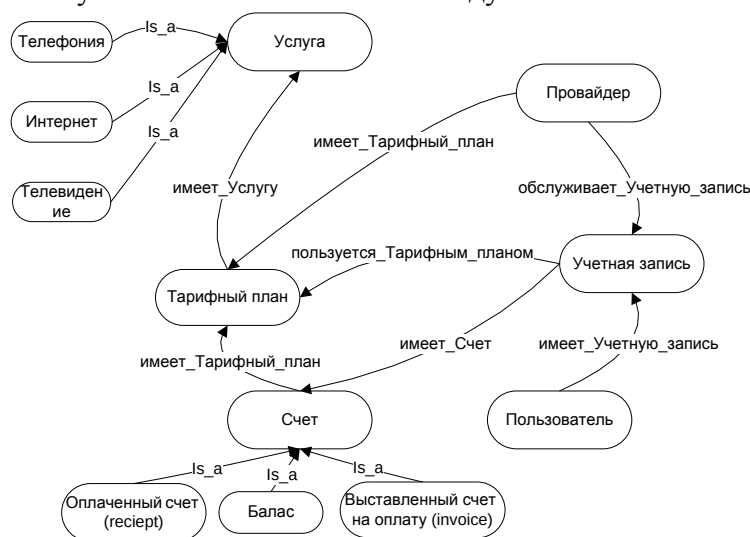


Рис. 1 Схематическое изображение онтологии биллинга

Для определения дескрипционной логики и соответственно языка, который необходим для описания данной онтологии, определим какие типы свойств и ограничений есть в данной онтологии:

- инверсия свойств $R \equiv S^-$ (некоторые свойства имеют явно определенные обратные свойства, например, свойства «имеет_Счет» и «является_Счетом»);
- иерархия свойств $R \subseteq S$ (например, свойства «имеет_Услугу_Интернет», «имеет_Услугу_Телефония» и «имеет_Услугу_Телевидение» являются подсвойствами «имеет_Услугу»);
- симметричность $R \subseteq (R^-)$ и асимметричность свойств $R \subseteq \text{not } (R^-)$ (свойство «имеет_отношения» между классами «Пользователь» и «Провайдер» является симметричным. Асимметричными является большинство свойств, например, свойства «имеет_Тарифный_план» и «обслуживает_Учетную_запись»);
- функциональность свойств ($\leq 1 R$) (большинство типизированных свойств являются функциональными, например свойство «имеет_пароль» для класса «Учетная_запись»);
- иррефлексивность свойств (при отсутствии рефлексивных свойств, все свойства данной онтологии являются иррефлексивными, для предотвращения ошибок);
- композиция свойств $R \circ S$ (используется для определения свойств «имеет_отношения», определенного как композиция свойств «имеет_Учетную_запись» и «inverse обслуживает_Учетную_запись», а так же «пользуется_услугой», определенного как композиция свойств «имеет_Учетную_запись», «пользуется_Тарифным_планом» и «имеет_Услугу»);
- свойства типов данных.

Для данной онтологии достаточно выразительности логики SRIF(D), где буквы SR – означают наличие транзитивности, композиции и характеристики (симметричность, рефлексивность и т.д.) ролей, I – инверсию, F – функциональность, (D) – свойства типов данных [5]. Так как в онтологии используются композиции свойств, а они были добавлены только в версии языка OWL 2, то для дальнейшего построения онтологии был выбран этот язык.

Онтология была построена в редакторе онтологий Protege версии 4.2, который поддерживает OWL 2. Для получения логических следствий был использован логический анализатор Hermit версии 1.3.6, поддерживаемый Protege. На основе используемых типов свойств, иерархии классов и свойств, сложных классов логическим анализатором были добавлены новые отношения для экземпляров классов, такие как «имеет_отношения», «пользуется_услугой», обратные свойства «является_Счетом», «является_Услугой» и др.

Заключение

В данной работе предложена онтология биллинга, в которой использовались типы свойств и ограничения соответствующие дескрипционной логике SRIF(D).

В дальнейшем планируется построение онтологий остальных составных частей OSS/BSS и общей объединенной онтологии, которые станут основой системы интеграции информации.

Литература

1. TM Forum Framework. Эл. ресурс: <http://www.tmforum.org/TMForumFramework/1911/home.html>
2. Ontology. Эл. ресурс: <http://ontology.com/>
3. Globa L, Novogradskaya R., Ternovoy M., Shtogrina O. Ontologies in OSS/BSS // Proceedings of the XII-th International conference CADSM 2013. – Lviv-Polyana, 2013
4. Биллинговые системы: основные понятия. Эл. ресурс: <http://www.ixbt.com/mobile/review/billing.shtml>
5. Pascal Hitzler. Knowledge Representation for the Semantic Web. Эл. ресурс: <http://www.semantic-web-book.org/w/images/2/2d/W2011-06-DLs.pdf>

АЛГОРИТМ MAPREDUCE, И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В БИЛЛИНГОВЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛИЗАЦИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Жданенко А.В.

Дрезденский технический университет (TU Dresden), Факультет информатики
aleksandr.zd@gmail.com

MapReduce algorithm and its implementation in billing systems for parallelization of computing

В современном мире телекоммуникаций многие задачи требуют вычислений с большим количеством операций, которые занимают значительные ресурсы даже современной техники, более того, можно с уверенностью считать, что каких бы скоростей ни достигла вычислительная техника, всегда найдутся задачи, на решение которых потребовалось значительное время. Многие из таких сложных задач требуют, чтобы результат был получен за как можно меньшее время или даже строго ограниченное. С другой стороны представляет большую техническую проблему уменьшение времени исполнения каждой операции в микропроцессоре.

Очевидным способом увеличить скорость является применение не одного вычислительного устройства, а нескольких, работающих совместно над решением одной задачи используя параллельные вычисления.

В статье рассматриваются математические основы алгоритма параллельных вычислений MapReduce и предлагается применение данного алгоритма в биллинговых системах для параллельного вычисления израсходованных средств для post-paid абонентов.

Предложенная учеными из лаборатории компании *Google* концепция параллельных вычислений *MapReduce* имеет важное прикладное и научное значение, что демонстрируется, в частности, ее успешным применением для построения поисковой системы *Google*. Во-первых, данная концепция может считаться универсальной: существует большое количество задач в области генерации и анализа данных, извлечения информации, машинного обучения и сортировки, успешно решаемых при помощи данной модели. Во-вторых, применение концепции *MapReduce* позволяет сделать прозрачными для разработчиков программного обеспечения такие механизмы, как параллелизация, динамическое распределение нагрузки по узлам кластера и обеспечение устойчивости к ошибкам передачи данных и выходу из строя оборудования. [1,2].

Однако, чтобы эффективно использовать данную концепцию, необходимо понимать накладываемые ею ограничения и область ее применимости. Для этого необходимо знать математические понятия, лежащие в ее основе и их взаимосвязь между собой.

Рассмотрим два алгоритма. Первый - алгоритм, который вычисляет значение следующего выражения:

$$a_1 \# (a_2 \# (\dots (a_n \# e) \dots)) \quad (1),$$

где a_i - i -й элемент списка a , n - длина списка a , e - некоторое начальное значение. Данное значение может быть единицей операции $\#$, но это не обязательно.

Второй алгоритм вычисляет значение следующего выражения:

$$(((\dots (e \# a_1) \dots) \# a_{n-1}) \# a_n) \quad (2)$$

Первый алгоритм называется *правой сверткой*, а второй, соответственно, - *левой сверткой*. Из выражений (1) и (2) видно, что свертка имеет два параметра - e , являющийся значением свертки на нулевом шаге алгоритма и $\#$ - бинарная операция, выполняемая над элементами структуры и результатом свертки на предыдущем шаге алгоритма. Будем обозначать первый алгоритм как *foldr # e*, а второй - как *foldl # e*.

Применительно к программированию операция свертки позволяет отделить процедуру обхода сколь угодно сложной структуры данных от процедуры выполнения некоторой операции над элементами этой структуры.

Теперь рассмотрим понятие списочного гомоморфизма, которое лежит в основе концепции *MapReduce*.

Определение 1: Списочным гомоморфизмом называется функция h от результата конкатенации конечных списков, для которой существует бинарный оператор $\#$, такой, что для всех списков x и y выполняется равенство

$$h(x ++ y) = h(x) \# h(y) \quad (3), \text{ где } ++ - \text{ операция конкатенации списков. [3]}$$

Из определения гомоморфизма следует, что операция $\#$ должна быть ассоциативной, поскольку операция $++$ является ассоциативной. Операция $h []$ требует наличия единицы для операции $\#$ на области определения функции h , поскольку $[]$ является единицей для операции $++$ (здесь и далее $[]$ обозначает пустой список).

Обозначать гомоморфизм будем следующим образом: $hom(\#) f e$, где $\#$ ассоциативная операция, f - функция, являющаяся суперпозицией функции h и функции построения списка из одного элемента (обозначается так: $[.]$). Т.е. $f(a) = h([a])$ (a - атомарный элемент). e - единица операции $\#$. Например, $sum = hom(+) id 0$.

Существует три теоремы о гомоморфизме, которые лежат в основе концепции *MapReduce*. Первая теорема, фактически, вводит определение *MapReduce*, а вторая и третья показывают связь между гомоморфизмом и свертками. Рассмотрим эти теоремы подробнее, но для этого нам потребуется ввести следующие определения:

Определение 2: Функция, которая может быть представлена в форме $hom(\#) id e$ для некоторой операции $\#$ называется *редукцией* [3,4].

Определение 3: Для заданной функции f , функция $hom(++) ([.]^f) []$ записывается как $map f$ и называется *отображением* [4]. В определении символ $[.]$ обозначает функцию создания списка из одного элемента, а символ $^$ обозначает суперпозицию (композицию) функций.

Теорема 1: Каждый гомоморфизм может быть записан как композиция редукции и отображения:

$$hom(\#) f e = hom(\#) id e \wedge map f$$

Верно и наоборот: каждая такая композиция является гомоморфизмом.

Теорема 2: Каждый гомоморфизм можно представить в виде и левой, и правой свертки. Это верно, потому что операция $\#$ ассоциативна.

$$hom(\#) f e = foldr (@) e, \text{ где } a @ s = f(a) \# s \\ = foldl (\%) e, \text{ где } r \% a = r \# f(a)$$

Две вышеизложенные теоремы отвечают на вопрос "Как вычислить гомоморфизм". Однако, перед тем как вычислить гомоморфизм, его необходимо распознать и/или построить. [1,3]

Теорема 3: Если функция h представима в виде и правой, и левой свертки с разными операциями $@$ и $\%$, но с одинаковым начальным элементом свертки e , то функция h является гомоморфизмом.

Частным случаем применения третьей теоремы о гомоморфизме является левая и правая свертки с одинаковой операцией $(\#)$. Для того, чтобы левая и правая свертки давали одинаковый результат, необходимо, чтобы выполнялось несколько условий:

1. Операция $\#$ должна получать и возвращать аргументы одного и того же типа.
2. Операция $\#$ должна быть ассоциативной.
3. Начальное значение e должно коммутировать с функцией $\#$, т.е. $e \# x = x \# e$. В общем случае это возможно, если операция $\#$ коммутативна [4].

Прикладное значение третьей теоремы о гомоморфизме следующее: если необходимо выполнить гомоморфную функцию h над списком x , то можно разделить список x на

подписки u и w , вычислить значение функции h от каждого подписка параллельно и объединить эти значения с помощью операции $\#$.

Концепцию *MapReduce* можно эффективно применить в биллинговых системах для параллельного вычисления израсходованных средств для post-paid абонентов. Количество израсходованных средств для post-paid абонентов вычисляется один раз в месяц, в начале или в конце, и является очень ресурсоемкой операцией, до этого вся информация о сессиях каждого абонента записывается в базу данных в виде {идентификатор сессии, идентификатор пользователя, количество израсходованных средств за сессию, время начала сессии, время конца сессии, ... }

Задача сводится к следующей последовательности операций, которую необходимо осуществить:

1. Получить из БД данные об израсходованных средствах всех post-paid абонентов.
2. Выделить для каждого абонента записи о его сессиях.
3. Просуммировать все значения израсходованных средств для каждого абонента.

Выполним проверку на то, возможно ли выполнить операцию сложения используя левую и правую свертки:

1. Операция сложения (+) оперирует над числами и возвращает число.
2. Операция сложения является ассоциативной.
3. Начальное значение свертки - 0 коммутует с операцией +: $x + 0 = 0 + x = x$.

Таким образом можно сделать вывод: суммарный объем израсходованных средств можно вычислить с помощью операции правой и левой свертки с начальным значением 0. Соответственно, по третьей теореме о гомоморфизме, вычисление израсходованных средств абонентов есть гомоморфизм и его можно вычислять параллельно, объединяя результаты с помощью общей операции правой и левой свертки, в данном случае это - операция сложения.

Соответственно можно переписать список операций, необходимый для решения задачи, используя параллельные вычисления:

1. Получить из БД данные об израсходованных средствах всех post-paid абонентов.
2. Разделить полученный результат на n серверов, таким образом, что первых m/n записей ($1 - m/n$) отправить на первый сервер, ($2 * m/n - 3 * m/n$) на 2-й сервер и т.д., где m – суммарное количество записей о сессиях.
3. На каждом сервере выполнить действия:
 - 3.1 Отсортировать полученный массив по идентификатору пользователя.
 - 3.2 Выполнить функцию *map* (сгруппировать значения для одного пользователя в подмассивы)
 - 3.3 Отправить полученный массив обратно на центральный сервер.
4. После получения массивов объединить их используя *MergeSort* (т.к. все массивы отсортированы), и по принципу указанному в п.2 опять отправить на n серверов для параллельной обработки.
5. На каждом сервере выполнить действия:
 - 5.1. Выполнить функцию *reduce* (Просуммировать сгруппированные, функцией *map*, значения израсходованных средств для каждого абонента)
 - 5.2. Отправить полученный массив обратно на центральный сервер.

При реализации тестовых моделей вычисления средств абонентов с использованием концепции *MapReduce* и без, использовался язык Java, обрабатывался массив, имитирующий записи о сессиях абонентов, параллельные вычисления проводились в 8 потоков. При этом время обработки массива с использованием технологии *MapReduce* занимало в 2.8 раза меньше времени, что свидетельствует о его эффективности.

Рассмотрев понятие свертки и списочного гомоморфизма, а также взаимосвязь между данными понятиями, можно сделать следующие выводы.

1. Если функция является списочным гомоморфизмом, то ее можно вычислить параллельно для каждого подписка и объединить результаты вычислений с помощью некоторой операции.

2. Так как вычисление израсходованных средств post-paid абонентов оператора связи является гомоморфизмом, то выполнение этой операции, можно реализовать параллельно, с использованием алгоритма MapReduce, что позволит уменьшить время ее выполнения, и улучшить балансировку нагрузки на серверах.

Литература

1. J. Dean, S. Ghemawat. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. / In Proceedings of the USENIX Symposium on Operating Systems Design & Implementation (OSDI), pp. 137-147. 2004

2. J. Urbani, S. Kotoulas, E. Oren, F. van Harmelen. Scalable Distributed Reasoning using Map Reduce. / Proceedings of the International Semantic Web Conference (2009) Volume: 5823, Publisher: Springer, Pages: 293-309

3. S. Gorlatch. Extracting and implementing list homomorphisms in parallel program development / Science of Computer Programming, Volume 33, Issue 1, Pages 1-27

4. J. Gibbons. The Third Homomorphism Theorem. / J. Functional Programming 1 (1): 1 - 000, May 1995.

СОЗДАНИЕ УКРАИНСКОГО ПОРТАЛА АНТАРКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л., Привар О.А.

Институт телекоммуникационных систем , kceno4ka@ukr.net

Рассмотрены этапы анализа и сравнительная характеристика порталов Антарктических данных разных стран. На основе полученных результатов выбрана основа для структуры Украинского портала Антарктических данных национального Антарктического научного центра.

Изучение Антарктиды занимает все более важное место в исследованиях ученых всего мира. Исследования украинских ученых занимают заметное место в изучении этого континента. За все время работы украинский ученых в Антарктиде была проделана огромная работа по изучению биоресурсов, систематизации первичных образцов, картографических материалов и многое другое. В связи с этим возникает актуальная проблема о том, как поделиться полученными данными и наработками как с украинскими учеными во время зимовок, так и с учеными других стран. Для оптимизации и облегчения обмена данными было принято решение о создании Украинского портала Антарктических данных.

Логически портал должен состоять из двух частей, первая с данными для ученых и посетителей, вторая часть должна содержать материалы для предоставления их международному сообществу. Соответственно и базу данных, в которой будет храниться информация, можно поделить на две логических части.

Одним из важнейших этапов создания портала является разработка его структуры. Как известно Украина не единственная страна, ведущая исследование Антарктиды, в связи с этим есть смысл проанализировать уже существующие порталы Антарктических данных и создать украинский портал, базируясь на полученных результатах.

Был проанализирован международный портал NASA [3], содержащий в себе статьи с результатами исследований 20 стран. Каждая из стран, представленных на портале, проводит исследования в следующих областях (Рис.1):



Рис. 1. Классификация областей исследования

Проанализировав порталы стран, было замечено, что их структура в большинстве случаев совпадает со структурой портала NASA, из-за чего было принято решение использовать такую-же классификацию отраслей исследования и в украинском портале.

Функционал портала для зарегистрированных пользователей будет включать в себя следующие возможности: загрузка статей, загрузка первичных данных и результатов обработки этих данных, кроме того важно присутствие определенных средств анализа

информации, загрузка и изменение отчетов о проведенных исследованиях. Незарегистрированные пользователи будут иметь возможность просматривать новости, опубликованные на сайте статьи и отчеты об исследованиях с прикрепленными к ним файлами. Для удобства поиска необходимой информации будет доступен поиск по категориям исследований, используемым платформам, оборудованию, годам исследования.

При помощи разработанного веб-сервиса, заполненные отчеты об исследованиях будут передаваться на портал NASA, где множество людей со всего мира смогут ознакомиться с результатами работы украинских ученых.

Следующим пунктом создания портала является проектирование структуры отчета, представляемого на портале и дизайна. В этом вопросе важно как мнение самих ученых, которые будут использовать портал, так и соответствие этого отчета определенным международным стандартам (перечислены в документации SCAR). Информация, передаваемая в отчете влияет на строение базы данных портала и заполнение самого портала.

После анализа существующих отчетов и рекомендаций по их созданию была разработана следующая структура отчета, содержащая всю необходимую информацию как для ученых так и для всех заинтересованных в этой информации посетителей портала. На портале он будет представлен как в виде DIF (Рис.2) – страницы так и в виде XML (Рис.3), который при помощи веб-сервиса будет пересылаться на международный портал.

Platform / Платформа
TERRA > Earth Observing System, TERRA (AM-1) ♦
AQUA > Earth Observing System, AQUA
Instrument / Инструменты
MODIS > Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer
Metadata Version
Version 1.0
Project / Проект
7 th Expedition
Access Constraints / Особливості доступу
XXXXXXXX
Use Constraints / Особливості використання
Publications of research results utilizing these data must acknowledge the UNASC

Рис. 2. Часть структуры отчета DIF

```

- <Temporal_Coverage>
  <Start_Date>2007-03-03</Start_Date>
  <Stop_Date>2007-06-04</Stop_Date>
</Temporal_Coverage>
- <Temporal_Coverage>
  <Start_Date>2007-11-06</Start_Date>
  <Stop_Date>2007-12-31</Stop_Date>
</Temporal_Coverage>
- <Spatial_Coverage>
  <Southernmost_Latitude>-62.21666667</Southernmost_Latitude>
  <Westernmost_Longitude>-58.78333333</Westernmost_Longitude>
</Spatial_Coverage>
- <Location>
  <Location_category>Continent</Location_category>
  <Location_Type>Antarctica</Location_Type>

```

Рис. 3. Часть структуры отчета XML

Выводы. Портал находится на стадии разработки, уже функционирует информационный сайт НАНЦ и портал в тестовом режиме. Полученная в результате анализа информация помогла сделать портал максимально удобным как для ученых так и для простых пользователей. Передача информации международным ресурсам повышает известность разработок украинских ученых и благотворно влияет на имидж страны. Портал создается при помощи программного обеспечения Microsoft SharePoint Products и планируется к запуску в реальной среде в 2013 году.

Литература:

1. Портал Антарктических данных NASA: [Электронный ресурс]. URL: http://gcmd.nasa.gov/KeywordSearch/amd/nadc_portals.html (Дата обращения: 21.12.2012)
2. Портал Антарктических данных Кореи: [Электронный ресурс]. URL: <http://scimec.kopri.re.kr/> (Дата обращения: 21.12.2012)

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ НА ПОРТАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО АНТАРКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ДАННЫХ

Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л., Баскенова К.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ", lgloba@its.kpi.ua

В статье представлен подход к построению интернет-портала знаний антарктических исследований. В качестве информационной модели портала используются онтологии. Особое внимание уделяется необходимости создания объединенного информационного пространства Антарктических исследований, которое несомненно обеспечит существенные экономические преимущества внутри страны посредством коммерциализации уникальных антарктических данных.

Ключевые слова: интернет-портал Антарктических данных, представление знаний, модель, онтология, Антарктические исследования.

Введение

В век глобализации одним из основных вопросов является свободный обмен информацией. Антарктика – один из самых наименее изученных уголков планеты, поэтому она активно исследуется. Полученные в результате исследований бесценные теоретические и практические данные, к сожалению, зачастую доступны узкому кругу лиц. Непроизвольно происходит процесс сосредоточения знаний.

Резолюции 4.1 XXII АТСМ 1998 года требует, чтобы все Стороны Договора об Антарктике, которые осуществляют антарктические исследования, создали Национальные центры Антарктических Данных (НЦАД). Украине также необходимо создать такой центр, что позволит решить ряд проблем связанных со сбором, хранением, обработкой и передачей, как первичных данных, так и обработанных результатов антарктических исследований широкому кругу ученых и научным учреждениям в Украине, а также заинтересованным зарубежным научным организациям.

Из всего вышесказанного следует необходимость построение качественной модели представления знаний на портале. В качестве модели представления знаний на портале использовались онтологии.

1. Онтология портала

Формально онтология может быть задана как: $O = \{C, A, R, T, F, D\}$,

где C – множество классов, описывающих понятия предметной области;

- A – множество атрибутов (атрибуты описывают классы по определенным характеристикам. Каждый атрибут имеет, по крайней мере, имя и значение, и используется для хранения информации, которая специфична для объекта и привязана к нему), описывающих свойства понятий и отношений;

- R – множество отношений, заданных на классах (отношения устанавливают связи (описывающие зависимости) между элементами онтологии. Обычно отношением является атрибут, значением которого является другой объект):

$R = \{R_{AS}, R_{IA}, R_n, R_{CD}\}$ - отношения следующих типов:

- R_{AS} - ассоциативное (ассоциативное отношение – это отношения задаваемые пользователем. Наличие таких отношений позволяет осуществлять содержательный поиск),

R_{IA} - «часть-целое» (отношение часть-целое – это отношение позволяет устанавливать связи между классами на уровне иерархии. При поиске информации, связанной отношениями такого типа, осуществляется транзитивное замыкание),

- R_n - наследования (отношение наследования – это отношение, позволяющее осуществить передачу всех отношений и атрибутов от родительского класса дочернему),

• R_{CD} - «класс-данные» (Отношение вида класс-данные – это отношение позволяющее связывать конкретные экземпляры понятий с классом);

T – множество стандартных типов значений атрибутов;

F – множество ограничений на значения атрибутов понятий и отношений; D – множество экземпляров классов [Загорулько Ю.А. и др, 2007].

Определенная таким образом онтология может служить для представления понятий, необходимых как для описания знаний в области антарктических исследований, так и для выполняемой в ее рамках обработки данных.

1.1. Онтология портала “Национального Центра Антарктических Данных”

Онтология портала в области антарктических исследований состоит из четырех онтологий:

- онтологии внешнего пользователя,
- онтологии антарктического знания ,
- онтология данных для передачи в NASA(Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства),
- онтология исследователя ,
- онтология предметной области (рис. 1).

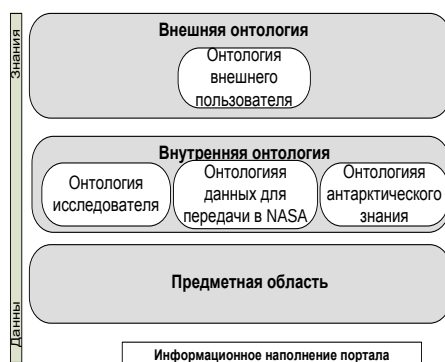


Рисунок1 –Онтология портала «Национальный Центр Антарктических Данных»

Онтология внешнего пользователя (ОВП) включает классы, относящиеся к организации доступа внешнего пользователя к материалам портала.

Онтология антарктического знания (ОАЗ) содержит следующие метапонятия, задающие структуры для описания рассматриваемой предметной области.

Онтология данных для передачи в NASA (ОД) содержит метапонятия, задающие структуры для предоставления материалов в международный центр NASA.

Онтология исследователя (ОИ) описывает возможности, предоставляемые исследователям на портале по доступу и обработке размещенных на портале материалов.

Онтология предметной области (ОПО) отражает общие знания о предметной области, такие как иерархия классов понятий, семантические отношения на этих классах. [Глоба Л.С.,и др., 2011]

1.2. Онтология данных для передачи в NASA

Передача данных в центр NASA является одним из самых важных заданий при разработке

портала Национального Антарктического центра данных. Ведь NASA требует, чтобы данные были стандартизированы и должны быть представлены следующие пункты:

- ID проекта
- краткое описание
- связанные URL
- географическое покрытие
- ссылки на информацию о сборе данных
- сроки проекта
- ключевые слова расположения
- информация о данных
- научные ключевые слова
- ISO тематическая категория
- платформа
- инструменты
- проект
- качество
- ограничение доступа
- ограничения использования
- вспомогательные ключевые слова
- информация о состоянии проекта
- название центра
- информация центра
- доставка
- участники проекта
- публикации/ссылки
- даты создания и проверки

Наличие строгого шаблона предоставления данных для NASA обязал нас добавить онтологию данных для передачи в NASA, который будет помогать конвертировать данные, полученные в ходе исследования, фильтровать их, определять права доступа и представлять по шаблону в главный центр NASA.

Заключение

Рассмотрена возможность построения информационного портала “Национальный Центр Антарктических Данных”. Информационную основу портала составляют онтологии, с помощью которой осуществляется систематизация и структуризация информации, организовывается эффективный поиск и навигация по информационному пространству портала Национального Центра Антарктических Данных.

ЛИТЕРАТУРА:

[Загорулько Ю.А. и др, 2007] Загорулько Ю.А., Боровикова О.И Технология построения онтологий для порталов научных знаний / Загорулько Ю.А., Боровикова О.И // Весник НГУ. Серия: Информационные технологии. - Том 5, выпуск 2. – С.12–15.

[Глоба Л.С.,и др., 2011]. Глоба Л.С., д.т.н., проф., Новогрудская Р.Л. Модель интернет-портала «Прочность материалов» / Глоба Л.С., д.т.н., проф., Новогрудская Р.Л // Международный научно-технический сборник «Надежность и долговечность машин и сооружений».- Київ; - 2011, стр. 183-189

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ПУБЛИКАЦИИ МЕТАДАННЫХ В УКРАИНСКОМ АНТАРКТИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ

Олексенко А.О., Глоба Л.С.

Институт телекоммуникационных систем, НТУУ «КПИ», alexo_o@ukr.net

Development of the metadata publication procedure in Ukrainian Antarctic Centre

In this paper the metadata publication procedure in Antarctic Master Directory and Data Interchange Format were analyzed, goals of publication web-service were defined and technology for web-service was chosen.

Одним из основных путей развития антарктического сообщества является создание системы глобального обмена знаниями в области антарктических исследований. Эту функцию выполняет Global Change Master Directory (GCMD) - портал, который находится в структуре NASA и в который входит Antarctic Master Directory (AMD). Он предоставляет структурированные метаданные для облегчения поиска в глобальном информационном пространстве антарктических исследований. Полные данные размещаются локально на Национальных Центрах Антарктических Данных (NACD). Структура работы такой системы показана на рис.1.

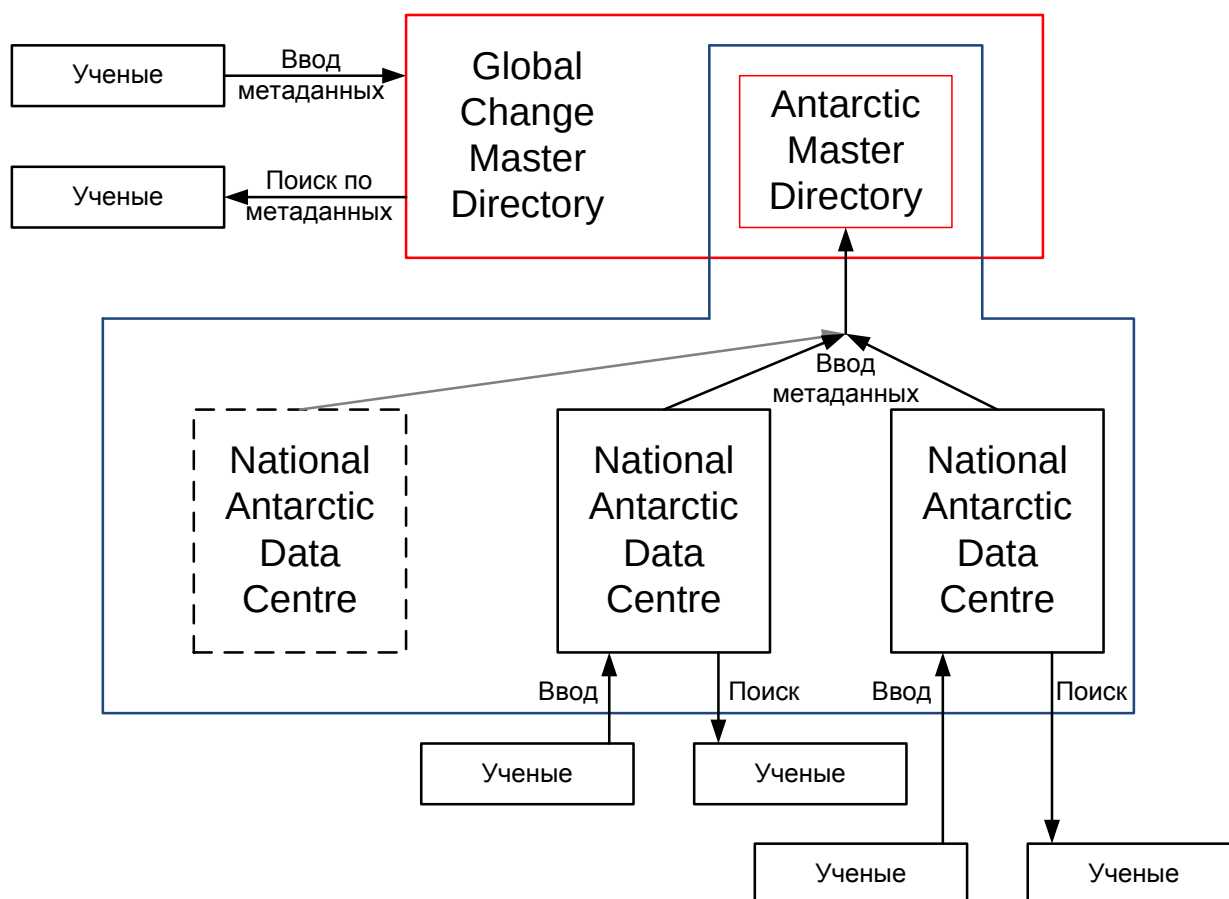


Рис. 1 Структура обмена метаданными

Из рис.1 следует, что возможен поиск по метаданным как глобально в GCMD, так и локально в Национальных Центрах. Кроме того, существует два варианта ввода метаданных - в GCMD и в NADC.

Элементом этой системы является создаваемый Украинский Национальный Центр Антарктических Исследований. Основным его задачами являются:

- обеспечение открытого доступа к данным об антарктических исследованиях;
- обеспечение возможности публикации данных об антарктических исследованиях;
- ввод, хранение и поиск по метаданным;
- автоматическое предоставление метаданных для AMD;
- информационная и аналитическая поддержка работы украинских ученых в области антарктических исследований;
- обмен информацией со станцией Академик Вернадский.

Таким образом, для обеспечения указанных требований портал должен состоять из трех основных частей:

- раздел NADC, предназначенный для ввода, хранения и передачи метаданных;
- раздел публикации данных об антарктических исследованиях;
- раздел информационной и аналитической поддержки исследований.

Одной из основных задач раздела NADC является автоматизация процесса передачи метаданных. Она осуществляется с помощью стандартного интерфейса передачи метаданных Directory Interchange Format (DIF), который имеет вид XML документа со стандартными полями.

DIF не является альтернативным стандартом для метаданных. Это просто контейнер для элементов метаданных, которые содержатся в базе данных AMD, с поддержкой валидации (проверки соответствия XML-схеме) обязательных полей, ключевых слов, авторства и т.д.

Формат используется для создания записей каталога AMD, которые описывают группу данных. Он состоит из совокупности полей, которые подробно описывают определенную информацию о данных. В DIF восемь полей являются обязательными, остальные расширяют и разъясняют информацию. Некоторые из полей являются текстовыми, другие требуют использования определенных ключевых слов.

Формат позволяет пользователю понять содержание набора данных и вмещает в себе те поля, которые необходимы пользователю для принятия решения о том, какой из наборов данных может быть полезен для его нужд.

Для передачи метаданных в соответствии с DIF используется веб-служба, которая выполняет следующие задачи:

- получение метаданных из NADC;
- преобразование метаданных и формирование XML-документа в соответствии с DIF;
- передача данных в AMD.

К технологии, которая будет использоваться для создания веб-службы, представляются следующие требования:

- технология должна быть бесплатной или требовать минимальных затрат;
- необходима возможность автоматизации процесса обработки и реинженерии как веб-службы, так и платформы;
- должно быть обеспечено максимальное быстродействие системы;

В соответствии с данными требованиями в качестве технологии реализации веб-службы было выбрано комбинацию языка Python и Django, как высокоуровневой платформы для создания веб-приложений.

Основным преимуществом является то, что эталонная реализация Python - интерпретатор CPython, распространяется под свободной лицензией Python Software Foundation License, позволяющей использовать его без ограничений в любых приложениях, включая проприетарные.

Важным преимуществом является высокая скорость разработки. Синтаксис языка Python и богатый набор библиотек позволяют значительно быстрее разрабатывать приложения по сравнению с такими языками программирования как Java или C/C++. Кроме того, ускорению разработки способствует использование платформы Django, с помощью

которой автоматизируются такие стандартные задачи разработки веб-приложений, как создание схем баз данных, реализация записи и извлечение данных из базы, анализ адресов URL и т.д.

Интерпретатором CPython поддерживается большинство существующих платформ, что позволяет значительно упростить перенос проекта при необходимости на сервер с другой операционной системой.

Выводы

Вследствие проведения анализа структуры глобальной системы обмена знаниями в области антарктических исследований было определено место Украинского Антарктического Центра, его задачи и функции, а также определены основные элементы архитектуры Центра. Исследовано интерфейс передачи метаданных в AMD, основным элементом которого является DIF. Определены основные задачи формата и его структура.

Для передачи метаданных было выбрано реализацию с помощью веб-службы, для которой установлены основные задачи и требования. В соответствии с ними для веб-службы выбрано Django, платформу для создания веб-приложений на языке Python. Указаны причины и преимущества данного выбора.

В дальнейшем будет детально разработана архитектура веб-службы и проведено внедрение в структуру Украинского Антарктического Центра.

Литература

4. Globa L.S., Litvinov V.A., Moroz I.V. National antarctic data centre as an essential part of ukraine researches in antarctica. Український Антарктичний Журнал, № 10-11, 2011, с. 339-342
5. Directory Interchange Format (DIF) Writer's Guide. Ел. ресурс: <http://gcmd.nasa.gov/User/difguide/difman.html>
6. Форсье Дж., Биссекс П. Чан У. Django. Разработка веб-приложений на Python. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2010. - 456 с., ил.
7. Глоба Л.С. В.Б. Ковгар, В.Є. Козлітін, Є.С. Серединін. Автоматизована система Національного Центру антарктичних даних. V Міжнародна Антарктична Конференція «Антарктика і глобальні системи землі: нові виклики та перспективи», Київ- 2011, Збірник тез, стор. 10-13.
8. Глоба Л.С. Створення єдиного інформаційного середовищ даних антарктичних досліджень. V Міжнародна Антарктична Конференція «Антарктика і глобальні системи землі: нові виклики та перспективи», Київ- 2011, Збірник тез, стор. 131-132.
9. Globa L.S., Novogradskaya R.L. Approach to Scientific Portal Development. “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunication and Computer Science” Proceedings of the XI-th International Conference TCSET’2012, February 21-24 2012, Lviv-Slavske, Ukraine, Lviv, Publishing House of Lviv Polytechnic, p. 387.

ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОГО ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ НА ПОРТАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО АНТАРКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ДАННЫХ

Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л., Бубнов Н.С.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ", lgloba@its.kpi.ua

В данной статье представлен подход к организации поиска информации на интернет-портале знаний антарктических исследований. В качестве информационной модели портала используются онтологии. Особое внимание уделяется проблеме недостатка объединенного информационного пространства Антарктических исследований, создание которого может обеспечить условия для существенных экономических сдвигов внутри страны посредством коммерциализации уникальных антарктических данных.

Ключевые слова: интернет-портал Антарктических данных, поиск по онтологии, представление знаний, Антарктические исследования.

Введение

Изучение Антарктиды занимает все более важное место в исследованиях ученых всего мира. Исследования украинских ученых занимают заметное место в изучении этого континента. За все время работы украинских ученых в Антарктиде была проделана огромная работа по изучению биоресурсов, систематизации первичных образцов, картографических материалов и многое другое. В связи с этим возникает актуальная проблема, связанная со сбором, хранением и передачей полученных данных. Для оптимизации и облегчения обмена данными было принято решение о создании Украинского портала Антарктических данных.

Из всего вышесказанного следует необходимость применения эффективного поиска информации по онтологии портала Национального антарктического центра данных. В качестве модели представления знаний на портале использовались онтологии, в следствии чего рассмотрим применимый в данном случае поиск по онтологии.

2. Онтология портала

Формально онтология может быть задана как: $O = \{C, A, R, T, F, D\}$, где:

- C – множество классов, описывающих понятия предметной области;
- A – множество атрибутов (атрибуты описывают классы по определенным характеристикам. Каждый атрибут имеет, по крайней мере, имя и значение, и используется для хранения информации, которая специфична для объекта и привязана к нему), описывающих свойства понятий и отношений;
- R – множество отношений, заданных на классах (отношения устанавливают связи (описывающие зависимости) между элементами онтологии. Обычно отношением является атрибут, значением которого является другой объект):

$R = \{R_{AS}, R_{IA}, R_n, R_{CD}\}$ - отношения следующих типов:

- R_{AS} - ассоциативное (ассоциативное отношение – это отношения задаваемые пользователем. Наличие таких отношений позволяет осуществлять содержательный поиск),
- R_{IA} - «часть-целое» (отношение часть-целое – это отношение позволяет устанавливать связи между классами на уровне иерархии. При поиске информации, связанной отношениями такого типа, осуществляется транзитивное замыкание),
- R_n - наследования (отношение наследования – это отношение, позволяющее осуществить передачу всех отношений и атрибутов от родительского класса дочернему),

- R_{CD} - «класс-данные» (Отношение вида класс-данные – это отношение позволяющее связывать конкретные экземпляры понятий с классом);
- T – множество стандартных типов значений атрибутов;
- F – множество ограничений на значения атрибутов понятий и отношений;
- D – множество экземпляров классов [2].

Определенная таким образом онтология может служить для представления понятий, необходимых как для описания знаний в области антарктических исследований, так и для выполняемой в ее рамках обработки данных.

3. Технология построения поискового запроса

Поиск информации базируется на онтологии, благодаря чему пользователь имеет возможность задавать запрос не только и не столько по ключевым словам, сколько в знакомых ему терминах предметной области портала. Основными элементами такого поискового запроса являются основные понятия онтологии: ее классы, атрибуты и экземпляры классов, а так же отношения, связывающие одни понятия с другими понятиями онтологии [4]. Сформулированный таким образом поисковый запрос представляется простым для задания пользователем, а так же полным в плане найденной информации. Например, поисковый запрос: «Найти результаты исследования, проводимые с пингвинами, направленные на определение средней массы тела в зависимости от ареала обитания, полученные Николайчуком Н. И. в 2008 году» формально будет выглядеть следующим образом:

Класс «Результат исследования»

Отношение «проводится с»:

Класс «Объект исследования»

Атрибут «Объект исследования» = «пингвины»

Отношение «направлено на»:

Класс «Назначение исследования»

Атрибут «Назначение исследования» = «ареал обитания»

Отношение «полученные»:

Класс «Персона».

Атрибут «ФИО» = «Николайчуком Н. И.»

Класс «Результат исследования»

Атрибут «год» = «2008»

Покажем, как будут выглядеть термины поискового запроса в понятия онтологии, приведем их формальное описание. Зададим следующие переменные:

$C_1 = \{ \text{Результат исследования} \},$

$R_{AS_1} = \{ \text{проводится с} \},$

$C_2 = \{ \text{Объект исследования} \},$

$A_{C_2} = \{ \text{пингвины} \},$
 $R_{AS_2} = \{ \text{направлено на} \},$
 $C_3 = \{ \text{Назначение исследования} \},$
 $A_{C_3} = \{ \text{ареал обитания} \},$
 $R_{AS_3} = \{ \text{полученные} \},$
 $C_{4_1} = \{ \text{Персона} \},$
 $A_{C_{4_1}} = \{ \text{Николайчуком Н. И.} \},$
 $C_{4_2} = \{ \text{Результат исследования} \},$
 $A_{C_{4_1}} = \{ 2008 \}.$

Для реализации поискового запроса актуально следующее описание классов: $C_2(A_{C_2}, D_{C_2}, R_{C_2})$, $C_3(A_{C_3}, D_{C_3}, R_{C_3})$, $C_4(A_{C_4}, D_{C_4}, R_{C_4})$, $C_5(A_{C_5}, D_{C_5}, R_{C_5})$, $C_6(A_{C_6}, D_{C_6}, R_{C_6})$, $C_7(A_{C_7}, D_{C_7}, R_{C_7})$ Для реализации поискового запроса существуют следующие отношения:

отношение вида класс-данные: $R_{IA_{56}} \leftarrow C_5 \subset C_6$, ассоциативные отношения:

$R_{AS_1} = \{ C_1 \times C_2 \}, \quad R_{AS_2} = \{ C_1 \times C_3 \}, \quad R_{AS_3} = \{ C_1 \times C_4 \}, \quad R_{AS_4} = \{ C_1 \times C_5 \},$
 $R_{AS_5} = \{ C_5 \times C_7 \} [1].$

Заключение

Рассмотрена технология организации эффективного поиска по онтологии на интернет-портале “Национальный Центр Антарктических Данных”. Информационную основу портала составляют онтологии, с помощью которой осуществляется систематизация и структуризация информации, организовывается эффективный поиск и навигация по информационному пространству портала Национального Центра Антарктических Данных.

Список литературы

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. Боровикова О.И., Загорюлько Ю.А., Сидорова Е.А. Подход к автоматизации сбора онтологической информации для интернет-портала знаний // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: Труды международной конференции Диалог'2005 (Звенигород, 1-5 июня 2005 г.). – Москва: Наука, 2005.
3. Загорюлько 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.
4. Боровикова О.И., Загорюлько Ю.А. Организация порталов знаний на основе онтологий. // Труды международного семинара Диалог'2002 “Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии”. Протвино, 2002. Т.2, С.76-82.

АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ WEB ПОРТАЛІВ НА ПЛАТФОРМІ SHAREPOINT

Глоба Л.С., Новогрудська Р.Л., Наконечний В.М.

Інститут телекомунікаційних систем , v.m.nakonechny@gmail.com

В статті приведено опис Microsoft Share Point Products and Technologies та принципи застосування продукту при створенні інформаційного порталу для Національного антарктичного центру України.

В наш час відбувається процес зосередження отриманих знань в окремих галузях науки, і вони стають доступними лише вузькому колу вчених і фахівців. Дуже важливим негативним чинником процесу доступу до знань є погана систематизація і слабка структурованість великих обсягів інформації в існуючих на даний момент системах зберігання.

У зв'язку з цим актуальним завданням в даний момент стає узагальнення, систематизація, приведення до єдиних форматів отриманих даних і, виходячи з цього, надання можливості користування цими знань широким колам вітчизняної та зарубіжної наукової громадськості, для яких вони призначені.

Тому виникає потреба в швидкій і надійній побудові великої кількості веб орієнтованого програмного забезпечення.

SharePoint може бути використаний для створення порталів знань, що надають користувачам можливість для спільної роботи. Створювані на платформі SharePoint портали можуть бути використані в якості сховища інформації, знань і документів, а також використовуватися для виконання веб- орієнтованого програмного забезпечення, таких як вікі і блоги, що полегшують взаємодію. Користувачі можуть керувати і взаємодіяти з інформацією в списках і бібліотеках документів використовуючи елементи управління, що називають веб-частинами (SharePoint WebParts).

Microsoft Share Point Products and Technologies — це колекція програмних продуктів і компонентів від корпорації Microsoft, яка включає в себе:

- Набір веб- орієнтованого програмного забезпечення для організації спільної роботи
- Функціональність для створення веб-порталів
- Модуль пошуку інформації в документах і інформаційних системах
- Функціональність управління робочими процесами і систему керування вмістом масштабу підприємства
- Модуль створення форм для введення інформації
- Функціональність для бізнес-аналізу

Загалом до сайту SharePoint можна застосовувати три рівні налаштувань.

- Налаштування за допомогою браузера
- Налаштування за Microsoft SharePoint Designer 2010 і Microsoft InfoPath 2010 , Office, як Access 2010, Excel 2010 і Visio 2010.
- Налаштування за допомогою Microsoft Visual Studio.

Зрештою, спосіб налаштування визначається потребами організації. В деяких випадках більшість потреб можна задовольнити за допомогою наявних функцій служби в початковому вигляді або з незначними налаштуваннями.

Вивчення Антарктиди займає все більш важливе місце в дослідженнях вчених усього світу. Україна займає помітне місце у вивченні цього континенту, щороку українські вчені їздять на зимівлю на антарктичну станцію Академік Вернадський. Для оптимізації і полегшення обміну даними і було прийнято рішення про створення Українського порталу Антарктичних даних.

На сьогоднішній день існує сайт Українського Антарктичного центру, який практично не функціонує через: величезну кількість статичних сторінок, важкість в оновленні

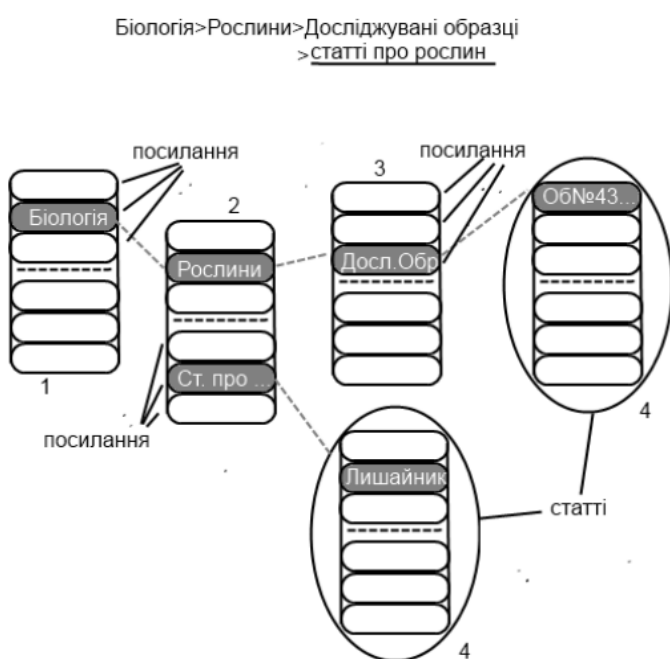
інформації, малу кількість функцій (обмежується лише статичним зображенням інформації). Побудова порталу на платформі SharePoint повинна вирішити всі ці проблеми і надати порталу певної інтерактивності.

Проаналізувавши вимоги до порталу про створення архітектури порталу на базі вже існуючої, з додаванням дочірнього порталу, який буде займатись питаннями інтерактивного оброблення та структуризації інформації. Цим досягнута глибша інкапсуляція наукових даних, що дає змогу забезпечити вищий рівень безпеки.

Зрештою основною проблемою при створенні порталу для Антарктичного наукового центру (як і для любого порталу, метою якого є збір і структурування інформації) є створення масштабованої структури. Оскільки необхідно забезпечити гнучку структуру для динамічного її розгортання.

Пропонується вирішення даної проблем шляхом побудови структури даних антарктичних досліджень у вигляді наборів бібліотек посилань, кожне з яких посилається або на наступну бібліотеку (нижче коліно ієрархії), або безпосередньо на бібліотеку даних. Дане рішення розглянемо на прикладі списку напрямків наукових досліджень (1), в якому містяться посилання на бібліотеки досліджень відповідних напрямків(2). В цих бібліотеках містяться посилання як на бібліотеки досліджень наступного рівня ієрархії(3) так і посилання на бібліотеки статей безпосередньо(4).

На даний момент проводиться тестування порталу та підготовка до запуску у всесвітній мережі. На стадії розробки знаходиться додатковий модуль завантаження відповідних даних в



ASP.NET - 2010

Приклад ієрархії статей

XML-форматі до світового порталу Антарктичних досліджень (що є вимогою Українського Антарктичного Центру)

Джерела що використовувались:

1. <http://msdn.microsoft.com/en-US/>
2. <http://sharepoint.microsoft.com/ru-ru/Pages/>
3. <http://uac.gov.ua/>
4. http://gcmd.nasa.gov/KeywordSearch/amd/nadc_portals.html
5. <http://scimec.kopri.re.kr/>
6. Dave Milner - Pro ASP.NET SharePoint 2010 Solutions - Techniques for Building SharePoint Functionality into

РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЕНОГО WORKFLOW НА ПРИКЛАДІ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ «ОБРОБКА ДАНИХ НАНЦ»

Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л., Щасливий С.П.

Інститут телекомунікаційних систем, НТУУ «КПІ», S4aslivyfamily@yandex.ru

This article provides an overview of technologies for creating automated workflows for working with distributed knowledge portals. Also in the proposed approach to automate data collected by national scientists of National Arctic Scientific Center (NASC).

Розвиток ІТ-технологій у наш час дозволяє автоматизувати більшу частину задач у виробничому чи науковому процесі будь-якої організації чи установи. В той же час сучасний стан в галузі телекомунікацій вимагає від організацій створення такого інформаційного середовища, яке б задовольняло високим вимогам масштабованості, надійності, безпеки, продуктивності обчислень, та забезпечувало достатні умови для збору, обробки, збереження та доступу до усіх необхідних даних. Широкого розповсюдження за даних умов набувають розподілені системи. Таким чином гостро постає питання автоматизації робочих процесів в розподілених системах. Отже, технології, що дозволяють побудувати автоматизовані робочі процеси в розподілених системах та забезпечити ефективне управління необхідними обчислювальними ресурсами є надзвичайно актуальними та важливими для підвищення загальної продуктивності та покращення результатів роботи організацій.

Метою даною роботи є запропонування оригінального підходу до створення автоматизованого робочого процесу в розподіленому інформаційному середовищі Національного Арктичного Наукового Центру (НАНЦ), що базується на розробленій моделі, що дає можливість реалізувати робочий процес в гетерогенному середовищі.

Практичне значення даної роботи полягає у виконанні програмної організації робочого процесу «Обробка даних НАНЦ» під час створення розподіленого порталу знань для Національного Арктичного Наукового Центру. Даний workflow планується реалізувати за допомоги технології Microsoft Windows Workflow Foundation, на базі платформи Office SharePoint 2010. Такий workflow повністю або частково замінить потоки завдань, що раніше виконувалися вручну і, найчастіше, малоефективними способами.

Наукові робочі процеси (НРП) набувають все більшої важливості в зв'язку з тим, що в науці збільшується кількість завдань пов'язаних з обчисленнями великих масивів даних. Такі масиви даних накопичуються при проведенні досліджень НАНЦ у вигляді документів, графічних файлів, мап, тощо. Ці дані повинні пройти певний шлях обробки для остаточного представлення на порталі НАНЦ. Для забезпечення простоти та оптимізації роботи, а також для спрощення процесу обробки таких даних, до розробки workflow пред'явлені наступні вимоги:

- Зручний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що настроюється при запуску процесу.
- Гнучка настройка робочого процесу з можливістю внесення змін під час його виконання.
- Універсальність робочого процесу, можливість пристосовувати його для різних типів контенту, завдань, видів робіт.
- Можливість повторного використання цього ж робочого процесу на інших сайтах, бібліотеках, списках.
- Збереження процесу у вигляді шаблону для розгортання його на інших вузлах або в подібних системах.

Можна виділити наступні компоненти в даній реалізації:

1. **Входом** процесу є збір науковцем станції ім.. Академіка Вернадського певної дослідницької інформації для подальшої обробки;
2. **Виходом** – готова наукова стаття, захищена авторським правом та представлена на порталі НАНЦ;

3. **Керування** процесом здійснюється науковцями, відповідальними за певні етапи обробки інформації на відповідних етапах;
4. **Ресурсами** процесу є наукові співробітники НАНЦ, інші науковці.

Для наочності та спрощення побудови моделі робочого процесу його схематично зображено на рис. 1.

Рис. 1. Робочий процес «Обробка даних НАНЦ»



Для побудови моделі робочого процесу буде використаний математичний апарат Мереж Петрі, адаптований для моделювання workflow. Він носить назву WF – net та вперше він був запропонований Ван дер Аальстом.

Класичні мережі Петрі представляють собою дводольний орієнтований мультиграф з двома типами вузлів: позиції (places) та переходи (transitions). Вузли поєднані між собою орієнтованими дугами (ребрами). Позиції можуть бути пустими або маркованими та визначають стан мережі. Переходи визначають дії. Орієнтовані ребра графу задають зв'язки між позиціями та переходами. Не дозволяється поєднувати ребрами два вузли однакового типу. Позиції зображуються кругами, а переходи – прямокутниками.

Мережа Петрі являє собою трійку $(P; T; F)$, де:

- P – кінцева множина позицій,
- T – кінцева множина переходів ($P \cap T = \emptyset$),
- $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ – множина ребер.

Робочий процес являє собою множину станів, задач та переходів між ними. Для побудови моделі різниця задач між собою за наявності чи відсутності в них тригера є не принциповою. Отже, модель даного робочого процесу матиме вигляд:

$$WF_{од}(P, T, F, SubP);$$

де $WF_{од}$ – робочий процес «Обробка даних НАНЦ», P – множина станів процесу, T – множина завдань, F – множина переходів між станами, $SubP$ – множина підпроцесів, які включає основний workflow.

$$P = \{Input, p1, p2, \dots, Output\}; \text{ при цьому } \bullet Input = Output \bullet = \emptyset;$$

$T = \{t_1, t_2, \dots, \text{SubP1}, \dots\}$; де підпроцес має властивості звичайного завдання, входом якого є стан основного процесу, і вихід якого повертається знову до стану основного процесу, і $S \cap T = \emptyset$;

$$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P);$$

Підпроцес має такі ж властивості як і основний процес, та його модель має вигляд: $\text{SubP}(\text{Sub\_S}, \text{Sub\_T}, \text{Sub\_F})$; де

$$\text{Sub\_S} = \{\text{Sub\_p}_i\}; \text{Sub\_T} = \{\text{Sub\_t}_i\}$$

$$\text{Sub\_F} \subseteq (\text{Sub\_P} \times \text{Sub\_T}) \cup (\text{Sub\_T} \times \text{Sub\_P});$$

Для моделювання використовуватиметься програмний інструмент WoPeD 2.5.0, розроблений для дизайну, симуляції та аналізу workflow за допомогою апарату WF-net.

Висновки

Впровадження розробленої в роботі схеми робочого процесу «Обробка даних НАНЦ» дозволить повністю або частково замінити потоки завдань, що раніше виконувалися вручну і, найчастіше, малоефективними способами. Отже, після втілення в життя даної схеми значно виросте ефективність роботи співробітників НАНЦ, зменшиться час виконання такої роботи, з'явиться можливість практично в режимі online проводити роботу, що раніше проводилась застарілими морально методами.

Література

1. Van der Aalst. The application of Petri nets to workflow management. / WMP Van der Aalst // Journal of Circuits Systems and Computers 8, 1998. – с. 21-66.
2. Workflow Petri Net Designer. [Електронний ресурс]. – Електронні текстові дані – Режим доступу: <http://193.196.7.195:8080/woped/WorkflowNets>, Wednesday, 25 May 2011, 13:28:25.
3. SharePoint 2010. [Електронний ресурс]. – Електронні текстові дані – Режим доступу: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd776256.aspx>, Tuesday, 24 May 2011, 18:04:56.

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТЬЮ

А.С. Савченко, Т.В. Холявкина

Национальный авиационный университет, alina@inet.ua

Method of stability control system corporate network

The improved method of bringing the system over is in-process offered to the stable state at the changes of delay of alarm and managing information. The results of calculations of dynamic descriptions of control the system by a network are resulted depending on the type of function of smooth introduction of poles into a single circumference.

Эффективность современных корпоративных сетей, передающих разнородный трафик, зависит от степени развития средств управления сетью, как сложной системой. В работе [1] предложена концептуальная модель такой системы, основными задачами которой являются мониторинг и прогноз состояния сети в реальном времени, выработка оптимальных управляющих воздействий, их реализация с последующим анализом эффективности.

Сложность решения поставленных задач заключается в наличии случайных задержек управляющей и сигнальной информации, неполноте априорной информации о параметрах и состоянии сетевого оборудования. Это может приводить к осцилляциям нагрузки на сетевые узлы и потере устойчивости системы управления. Поэтому разработка метода обеспечения устойчивости системы управления корпоративной сетью является актуальной задачей.

Вычислительные сети являются дискретными системами с запаздыванием, и в соответствии с общей теорией управления [2], процессы обмена информацией между управляемыми объектами S_i сети и системой управления могут быть описаны дифференциально-разностными уравнениями или уравнениями с отклоняющимися аргументами [1]:

$$y_{asi}(n) \approx y_{asi}(n-1) + b_i y_{asi}(n-k) + u_i(n-m), \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

где $y_{as}(n)$ - функция состояния объекта; $u(n-m)$ - управляющий сигнал; k и m являются задержками сигналов состояния и управления соответственно. В общем случае $n \neq m$.

Системная функция объекта, описываемого уравнением (1), имеет вид:

$$H(z) = \frac{z^{-m}}{1 - z^{-1} - bz^{-k}}. \quad (2)$$

Характеристический полином системной функции (2) в результате задержек информации приобретает специфический вид:

$$z^k - z^{k-1} - b = 0. \quad (3)$$

Ограничением предложенной модели является риск потери устойчивости при случайных изменениях задержек, то есть порядка уравнения (3), а также при попытке достижения нужного качества управления путем простого увеличения коэффициента усиления b в контуре обратной связи. Поэтому необходим постоянный контроль устойчивости системы управления и приведения ее к устойчивому состоянию при необходимости.

Известно [2], что амплитудно-частотные характеристики, а, следовательно, и динамические свойства, устойчивой и неустойчивой систем идентичны. Учитывая это свойство цифровых динамических систем можно реализовать принудительное зеркальное отображение полюсов, находящихся за пределами единичной окружности z -плоскости, внутрь ее. Алгоритм включает такие шаги [3].

1. Задается порядок уравнения и коэффициент обратной связи.
2. Вычисляются корни уравнения r_i , $i = \overline{1, k}$, находятся модули корней.
3. Если модуль $r_{\text{mod}} > 1$, находится отраженный корень $r_{\bar{i}}$:
 - для вещественного корня $r_{\bar{i}} = 1/r_i$;
 - для комплексного корня $r_i = a_i \pm jd_i$: $r_{\bar{i}} = \frac{a_i}{a_i^2 + d_i^2} \pm j \frac{d_i}{a_i^2 + d_i^2}$.
4. Если модуль $r_{\text{mod}} = 1$, уменьшаем $r_{\bar{i}} = 1 - \varepsilon$, $\varepsilon \ll 1$.
5. Вычисляются коэффициенты нового полинома с полюсами, отраженными внутри единичной окружности z-плоскости.

Однако при скачкообразном изменении коэффициентов цифровой системы в моменты скачков возникают разрывы сигнала ошибки, что приводит к пульсациям Гиббса и, как следствие, к перерегулированию в системе управления. Для уменьшения эффекта Гиббса необходимо изменять коэффициенты плавно на конечном интервале. От вида функции плавного перевода системы в область устойчивости зависят вид, качество и параметры переходных процессов в системе управления.

Исследованы динамические характеристики системы управления при различных гармонических и экспоненциальных функциях плавного возврата полюсов в область устойчивости. Поскольку такие функции являются дифференцируемыми бесконечное число раз, то при любых видах возмущений разрыв непрерывности в функции управления не будет иметь места. По результатам анализа определены функции наиболее адекватные для решения поставленной задачи:

$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \cos \frac{2\pi n}{N} + k_{\min}, \quad (4)$$

$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \left(\sin \frac{2\pi n}{N} + \sin \frac{8\pi n}{N} \right) + k_{\min}, \quad (5)$$

$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \cos \left[\frac{2\pi n}{N} \right] + k_{\min}, \quad (6)$$

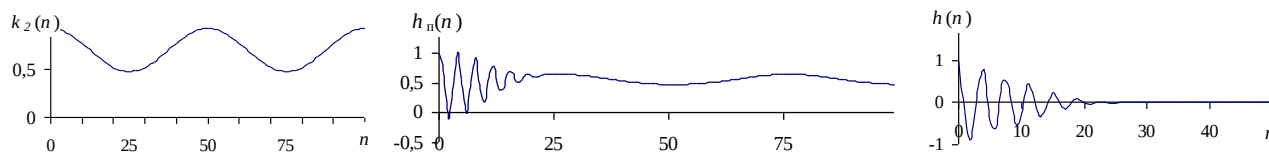
$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) e^{-n} + k_{\min}. \quad (7)$$

В табл. 1 приведены основные динамические характеристики переходного процесса при использовании функций вида (4) – (7) для плавного введения полюсов внутрь единичной окружности. Для всех случаев принято, что $k(n)$ – коэффициент, меняющийся от начального значения $k_0 > 1$ до обратного (минимального) значения $k_{\min} \leq 1/k_0$ с периодом $N = 50$; $n = 0, 1, 2, \dots$.

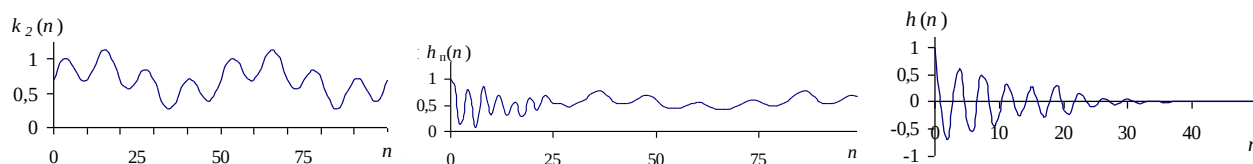
Таблица 1. Динамические характеристики переходного процесса

Функция изменения коэффициентов	Дисперсия динам. ошибки, $\sigma_{\text{дин.}}^2$	Величина перерегулирования, δ	Длит. перех. процесса, n	$k_{2 \min}$
Функция вида (4)	0,020	0,838	22	0,475
Функция вида (5)	0,019	0,672	30	0,271
Функция вида (6)	0,026	0,895	25	0,475
Функция вида (7)	0,010	0,840	20	0,7

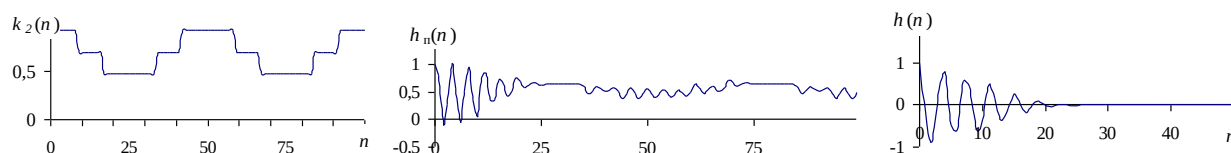
На рис. 1 приведены графики изменения коэффициента обратной связи (слева), переходная (по центру) и импульсная (справа) характеристики системы при использовании функций вида (4) – (7).



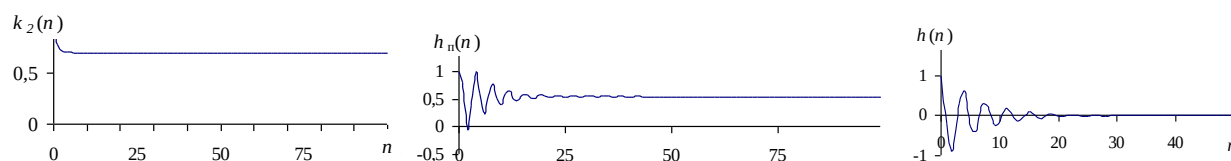
а) применение функции вида (4)



б) применение функции вида (5)



в) применение функции вида (6)



г) применение функции вида (7)

Рис. 1. Графики изменения коэффициента обратной связи, переходные и импульсные характеристики

Выводы

Сложность управления корпоративными сетями заключается в наличии случайных задержек управляющей и сигнальной информации. Это может приводить к потере устойчивости системы управления. Устойчивость можно обеспечить путем зеркального отражения полюсов, внутрь единичной окружности.

При скачкообразном изменении коэффициентов цифровой системы в моменты скачков возникают разрывы сигнала ошибки, что приводит к пульсациям Гиббса и, как следствие, к перерегулированию в системе управления.

Вид функции плавного введения полюсов внутрь единичной окружности напрямую влияет на качество переходных процессов в системе управления.

Результаты анализа графиков (рис. 1) подтверждают, что для функций вида (4) – (7) при неограниченном росте n импульсная характеристика системы асимптотически приближается к нулю, а переходная – к стационарному значению, следовательно, на интервале наблюдения система является глобально устойчивой.

Анализ динамических характеристик переходного процесса (табл. 1), приводит к выводу, что использование функций вида (4) – (6) позволяет отражать полюса до меньшего значения, чем обратное и гарантирует дополнительную устойчивость системы. Применение функции вида (7) обеспечивает высокое быстродействие системы, с наименьшим значением динамической ошибки.

Литература

1. Савченко А.С. Концептуальная модель системы управления крупной корпоративной сетью // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2011. – Вип. 2(34). – С. 120-128.
2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – М.: Наука, 1975. – 768 с.
3. Лукашенко В.В. Характеристики системы управления корпоративной сетью при наличии случайных задержек доставки управляющей и сигнальной информации // Наукові записки УНДІЗ: Зб. наук. праць. – К.: УНДІЗ, 2011. – Вип. 3(19). – С. 62-68.

Секція 4. Засоби телекомунікаційних систем

УДК 621.372.543

МИКРОПОЛОСКОВЫЕ ФИЛЬТРЫ НА ПОДЛОЖКАХ С ВЫСОКОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ ДЛЯ СИСТЕМЫ GPS

Корпач В.Н., Пинчук Л.С., Захаров А.В.

Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ» , v.korpach@mail.ru

Microstrip filters on substrates with high dielectric constant for GPS system

The results of modeling narrowband microstrip filters for GPS system are presented. Thick substrates with $\epsilon_r = 100$, step-impedance resonators and low shield were used in the filters.

Микрополосковые полосно-пропускающие фильтры играют существенную роль в современных радиотехнических устройствах [1]. Они часто используются как широкополосные фильтры, а также как электрически перестраиваемые фильтры. Использование их для реализации узких полос пропускания (менее 2%) весьма ограничено из-за низкой добротности резонаторов и больших габаритных размеров. В качестве узкополосных используются фильтры на дискретных коаксиальных резонаторах и в моноблочном исполнении. Ниже предпринимается попытка создания узкополосных микрополосковых фильтров для системы связи GPS (Global Position System).

Собственная добротность микрополосковых резонаторов Q_0 может быть рассчитана по формулам, приведенным в [1]. В табл.1 содержатся значения Q_0 микрополосковых резонаторов на центральной частоте системы GPS $F_0 = 1575,4$ МГц, которые выполнены на подложках различной толщины h и ширины w , с $\epsilon_r = 100$ и $\text{tg}\delta = 0,0003$.

Таблица 1

h , мм	1		2		3		4	
w , мм	2	3	2	3	2	3	2	3
Q_0 , ед	269	314,5	365,8	450	417,7	529,3	450	581,5

Данные табл.1 показывают, что Q_0 возрастает по мере увеличения h и w .

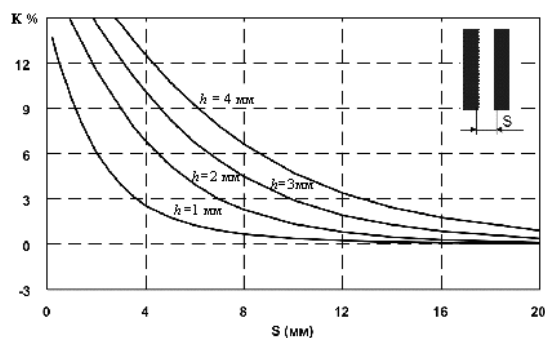
При построении фильтров важно знать зависимость коэффициента электромагнитной связи между резонаторами K от их взаимного удаления S . Величина K может быть вычислена по известной формуле [1]

$$K = \frac{F_2^2 - F_1^2}{F_2^2 + F_1^2}, \quad (1)$$

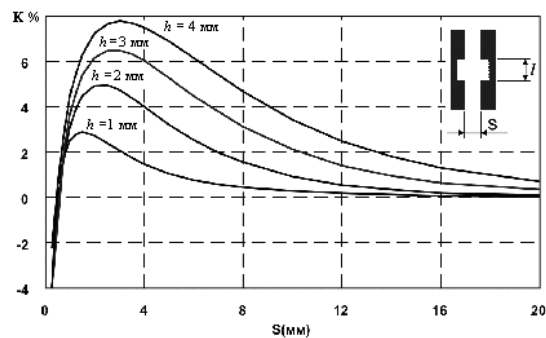
где F_1 и F_2 – частоты связи резонаторов. Они определялись моделированием с помощью компьютерной программы MWO компании AWR.

На рис. 1а построена зависимость $K = K(S)$ для регулярных микрополосковых резонаторов. При построении было принято: длина резонаторов $L = 10$ мм; их ширина $w = 3$ мм; $\epsilon_r = 100$, $h = 1 \dots 4$ мм. Эта зависимость показывает, что увеличение толщины подложки приводит к увеличению взаимного удаления резонаторов для реализации заданного значения K , что приводит к увеличению поперечных размеров фильтра. Ситуация существенно изменяется при использовании микрополосковых ступенчато-импедансных резонаторов с двумя разомкнутыми концами (“полуволновый” тип), имеющих более высокое характеристическое сопротивление в средней их части. Для этих резонаторов на рис. 1б построена зависимость $K = K(S)$, которая показывает, что малые значения K реализуются при существенно меньших значениях S . Зависимость $K = K(S)$ не является монотонной, K

принимает как положительные (индуктивная связь), так и отрицательные (емкостная связь) значения. Заданное значение $|K|$ реализуется при трех различных значениях S .



а)



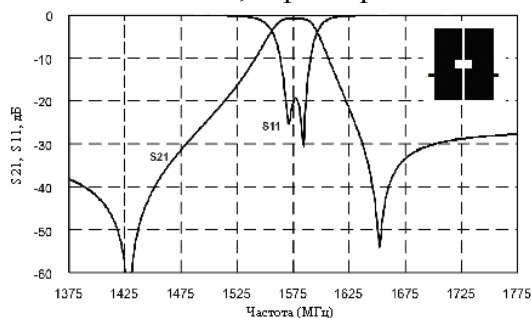
б)

Рисунок 1- Коэффициенты связи микрополосковых резонаторов: а) регулярных; б) ступенчато - импедансных.

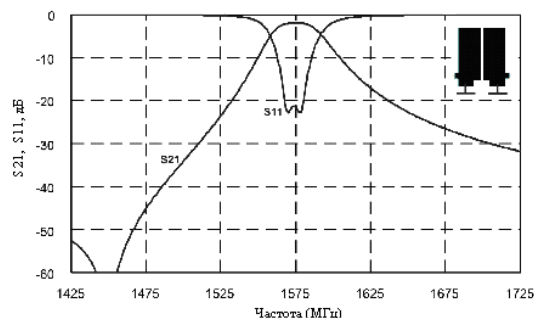
Используя закономерности поведения K ступенчато-импедансных резонаторов “полуволнового” типа (рис. 1б) был разработан двухрезонаторный фильтр для системы GPS. Толщина подложки $h = 2,5$ мм, $\epsilon_r = 100$, $w_1 = 4$ мм, $w_2 = 3$ мм, высота экрана над подложкой принята равной толщине подложки $H = h$. Размеры фильтра составили $12\text{мм} \times 10\text{мм} \times 5\text{мм}$, его промоделированные частотные характеристики изображены на рис. 2а. Добротность резонаторов при моделировании принята равной $Q_0 = 450$.

Заметим, что ступенчато-импедансные резонаторы с одним короткозамкнутым концом (“четвертьволновый” тип) характеризуются такими же как на рис. 1б закономерностями изменения $K(S)$, если имеют повышенное характеристическое сопротивление в области короткого замыкания. Двухрезонаторный микрополосковый фильтр со ступенчатыми резонаторами “четвертьволнового” типа реализован на подложке с $h = 1,5$ мм, $\epsilon_r = 100$, $w_1 = 2,2$ мм, $w_2 = 1,5$ мм. Добротность резонаторов при моделировании принята равной $Q_0 = 300$. Частотные характеристики фильтра показаны на рис. 2б.

Спецификации разработанных микрополосковых фильтров со ступенчатыми “полуволновыми” и “четвертьволновыми” резонаторами приведены в первой строке табл. 2 и табл. 3, соответственно. В этих же таблицах для сравнения представлены спецификации двухрезонаторных керамических фильтров для системы GPS, выпускаемых компанией Токо, Япония [2]. Фильтр 4DFA-1575B-14 содержит дискретные коаксиальные резонаторы сечением 5×5 мм, а фильтр TDF3A-1575B-10A является моноблочным толщиной 3 мм.



а)



б)

Рисунок 2 - Частотные характеристики микрополосковых фильтров для системы GPS: а) с резонаторами “полуволнового” типа; б) с резонаторами “четвертьволнового” типа.

Таблица 2

Фильтр	BW, МГц	$IL_{\text{макс}}$ дБ	Неравно- мерность, дБ	Избиратель- ность, дБ (МГц)	КСВН	Размер, мм
Микрополосковый, “полуволновые” резонаторы	$F_0 \pm 5$	2,0	0,5	$17(F_0 \pm 50 \text{ МГц})$	1,5	$12 \times 10 \times 5$
Токо, 4DFA-1575B-14 дискретные резонаторы	$F_0 \pm 5$	2,5	0,8	$17(F_0 \pm 50 \text{ МГц})$	2	$12,5 \times 10 \times 5$

Таблица 3

Фильтр	BW, МГц	$IL_{\text{макс}}$ дБ	Неравно- мерность, дБ	Избиратель- ность, дБ (МГц)	КСВН	Размер, мм
Микрополосковый, “четвертьволновые” резонаторы	$F_0 \pm 5$	2,5	0,5	$30(F_0 \pm 140)$	1,5	$6,1 \times 5,4 \times 3$
Токо, TDF3A-1575B-10A моноблочный	$F_0 \pm 5$	2,7	0,5	$28(F_0 \pm 140)$	2,0	$5,7 \times 5,4 \times 3$

Сравнение показывает, что микрополосковые фильтры для системы GPS, выполненные на толстых подложках и содержащие ступенчато-импедансные резонаторы, по техническим характеристикам и габаритным размерам не уступают другим керамическим фильтрам, выполненным на дискретных резонаторах или в моноблочном исполнении.

Использование толстых подложек, ступенчато-импедансных резонаторов, низко расположенного металлического экрана ($H = h$) позволило спроектировать узкополосные малогабаритные фильтры микрополосковой конструкции для системы GPS. Сравнение показало, что они являются конкурентноспособными по сравнению с моноблочными керамическими фильтрами и фильтрами на дискретных коаксиальных резонаторах.

Литература

1. Hong J.-S. Microstrip Filters for RF/Microwave Application, 2nd edition // New York: Wiley, 2011.
2. <http://www.toko.com>

МИКРОПОЛОСКОВЫЕ УСТРОЙСТВА С КОЛЬЦЕВЫМ РЕЗОНАТОРОМ

БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ – НОВЫЙ КЛАСС В ТЕХНИКЕ СВЧ

Э.Н.Глушеченко

ПАО “НПП “Сатурн”, г.Киев, gen-nto @ ukr.net

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие радиоэлектронных средств в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ). Ввиду расширения сфер применения СВЧ радиоэлектроники (космическая, спутниковая, персональная, сотовая связь, телекоммуникационные и тера-битовые системы) возникает необходимость в миниатюризации СВЧ устройств.

В период экономического кризиса выделение на проведение НИОКР бюджетных средств весьма проблематично. Такое положение дел характерно не только для Украины, но и для большинства платежеспособных, экономически развитых и стабильных государств, в том числе Европы и США. Поэтому в Европейском Оборонном Агентстве был подготовлен обзор «На правильной волне: СВЧ- и ВЧ-техника для обороны». Приведенные в обзоре тенденции развития СВЧ- и ВЧ-техники для обороны отражают точку зрения широкой группы технических экспертов наиболее развитых стран (США, ЕС, Россия, Китай и Израиль) и могут рассматриваться в качестве основных тенденций развития радиоэлектронной отрасли.

В соответствии с этими тенденциями исследования, направленные на развитие новейших (упреждающих) технологий, должны быть сконцентрированы на вопросах разработки определяющих компонентов (в том числе – фильтров), на что и направить инвестиции.

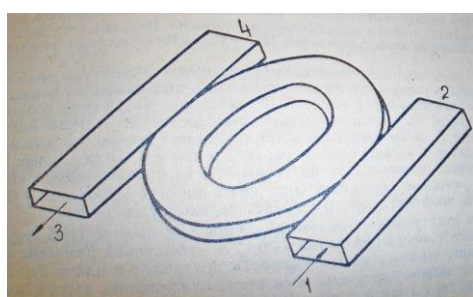
В технике СВЧ возможны только два режима распространения электромагнитной энергии – бегущей или стоячей волны. В первой половине 20-го века в основном применялись крупногабаритные устройства на основе волноводных и коаксиальных линий передачи, в которых реализовывались оба режима распространения волны. Необходимость миниатюризации обусловила развитие интегральной СВЧ техники, в первую очередь благодаря широкому применению устройств на основе микрополосковых линий передачи (МПЛ).

Последние 50 лет большинство СВЧ устройств реализовывались на основе МПЛ, в которых электромагнитная энергия распространяется в режиме стоячей волны.

Однако разработчики СВЧ систем сталкиваются с необходимостью создания новых разновидностей устройств, удовлетворяющих современным требованиям. В качестве одного из подобных новых (фактически забытых старых) решений предложено использовать МПЛ-устройства, функционирующие в режиме бегущей волны.

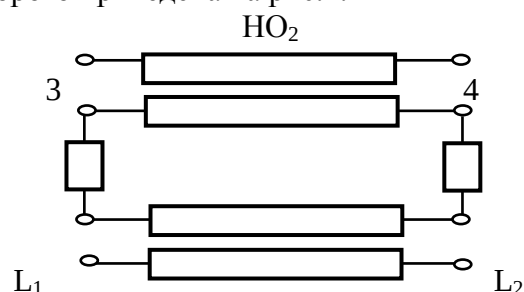
Пассивные устройства СВЧ трактов, реализующие режим бегущей волны в объемном (волноводном или коаксиальном) исполнении, известны давно. Однако, хотя такие устройства обладают рядом существенных преимуществ, их широкое применение было ограничено в связи с тем, что в объемном исполнении они габаритны и сложны в изготовлении.

Классическим примером устройств упомянутого класса является направленный фильтр бегущей волны (НФБВ), структурная схема которого приведена на рис.1.



а)

1



НО₁

б)

2

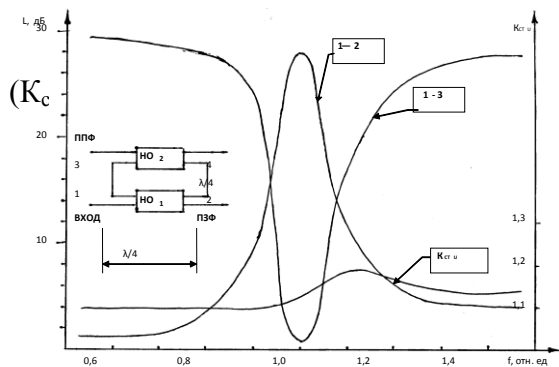
Рис.1. Направленный фильтр бегущей волны:

а – вариант волноводной реализации; б – структурная схема фильтра

Как видно из приведенной структурной схемы, НФБВ представляет собой СВЧ устройство, содержащее два направленных ответвителя (НО₁ и НО₂), вторичные каналы которых с четвертьволновыми отрезками линии передачи L₁ и L₂ образуют кольцевой резонатор.

Поскольку НО₁ и НО₂ тоже имеют четвертьволновую длину, то в классическом варианте НФБВ этот резонатор бегущей волны будет иметь электрическую длину, равную длине волны в линии передачи на резонансной частоте.

Если в плечо 1 НФБВ подать широкополосный СВЧ сигнал, то на выходе плеча 2 НФБВ реализуется полосно-заграждающий фильтр (ПЗФ), а на выходе 3 НФБВ – полосно-пропускающий фильтр (ППФ). При этом к полюсу 4 НФБВ необходимо, во избежание переотражений, подключить согласованную нагрузку (СН). Типичные характеристики классического НФБВ приведены на рис. 2.



Из рис.2 следует, что НФБВ отличается хорошим согласованием с регулярным СВЧ трактом: потери в ППФ-канале $\alpha \leq 0,1$ дБ, а заграждение в ПЗФ-канале $\alpha \approx 30,0$ дБ. Следовательно можно сделать вывод о существенных преимуществах НФБВ по сравнению с известными реализациями СВЧ фильтров: такое устройство является многофункциональным, реализуя в одном конструктиве одновременно две функции –ППФ и ПЗФ. Кроме того, низкое значение $K_{отн}$ НФБВ, т.е. хорошее согласование с регулярным трактом, исключает необходимость вклю-

Рис. 2. Типичные характеристики НФБВ

дополнительных раз-вязывающих устройств (вентилей, циркуляторов).

Входное плечо 1 НФБВ является неотражающим, если другие его плечи нагружены на линии передачи СВЧ с импедансом $Z = 50$ Ом, т.е. НФБВ представляет собой устройство с постоянным сопротивлением. Поскольку ответвители НО₁ и НО₂, образующие НФБВ, являются взаимными устройствами, то и сам НФБВ является взаимным устройством, т.е. его свойства можно использовать независимо от того, какое плечо принять за входное.

Известны выражения для определения уровня сигналов на ППФ и ПЗФ полюсах НФБВ относительно нормированного уровня входного сигнала:

$$E1=1; \quad E2=\frac{\sqrt{1-C_1^2}-e^{-\alpha l}\sqrt{1-C_2^2}}{1-e^{-\alpha l}\sqrt{1-C_1^2}\sqrt{1-C_2^2}}; \quad E3=\frac{C_2e^{-3\alpha l/2}}{1-e^{-\alpha l}\sqrt{1-C_1^2}\sqrt{1-C_2^2}}; \quad E4=0,$$

где C_1 и C_2 –коэффициенты связи по напряжению НО₁ и НО₂ соответственно, а α – постоянная затухания на единицу длины линии передачи НФБВ.

В той же работе отмечено, что для реализации НФБВ необходимо применять НО с переходным ослаблением порядка 3 дБ. Однако для НО на двух связанных МПЛ с переходным ослаблением 3 дБ на подложке из поликора с диэлектрической проницаемостью $\epsilon \approx 10$ и толщиной $h = 1$ мм необходимо при ширине связанных МПЛ $w = 114$ мкм иметь зазор между ними $s \approx 15$ мкм, а это реализовать практически невозможно как технологически, так и в свя-

зи с особенностями электромагнитного поля в области связи НО. Поэтому именно это требование стало фактором, препятствующим дальнейшему развитию устройств этого класса.

Следует отметить, что в интегральной (микрополосковой) СВЧ технике известны только три топологии реализации НО с переходным ослаблением 3 дБ – шлейфный, на основе многопроводной МПЛ [3] и НО типа “тандем” [4], образованный двумя НО на двух связанных МПЛ с ослаблением 8,34 дБ и двумя четвертьволновыми отрезками МПЛ.

Шлейфный НО теоретически использовать для микрополоскового НФБВ (МНФБВ) невозможно, так как он не имеет собственного вторичного канала, который необходим для реализации МНФБВ. Поэтому его не имеет смысла рассматривать. НО на основе многопроводной МПЛ не позволяет реализовать МНФБВ, так как один из полюсов его основного канала окажется внутри кольцевого резонатора и не может быть подключен к основному СВЧ тракту. Вторичный канал НО типа “тандем” имеет разрыв МПЛ, в результате чего невозможно обеспечить в образованном кольцевом резонаторе режим бегущей волны.

Возникшую проблему удалось решить, модифицировав топологию НО типа “тандем”. Характер этой модификации можно оценить, сравнив структурные схемы классического (рис. 3.а) и модифицированного (рис. 3.б) НО типа “тандем”.

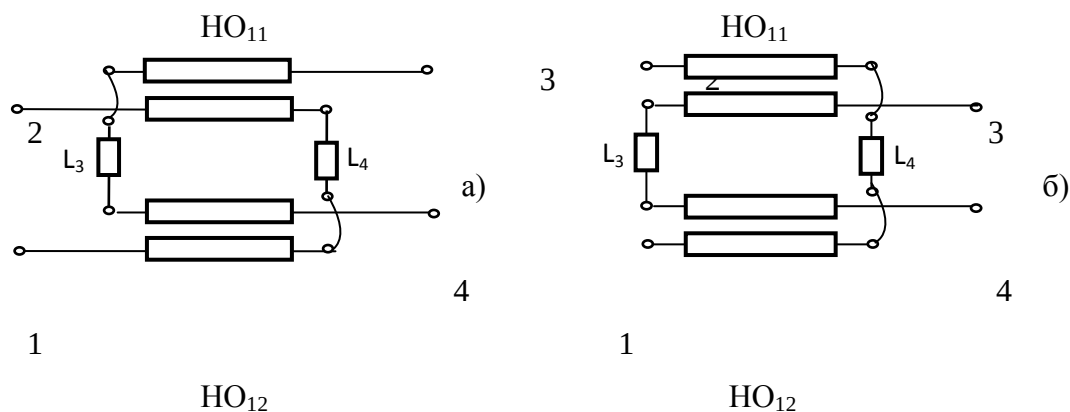


Рис.3. Структурные схемы направленного ответвителя типа “тандем”: классического (а) и модифицированного (б)

Из рис.3.б видно, что после модификации НО типа “тандем” его вторичный канал позволяет реализовать замкнутый кольцевой резонатор бегущей волны. В результате структурная МНФБВ и его базовая топология примут вид, приведенный на рис.4.а и на рис.4.б.

Согласованная нагрузка

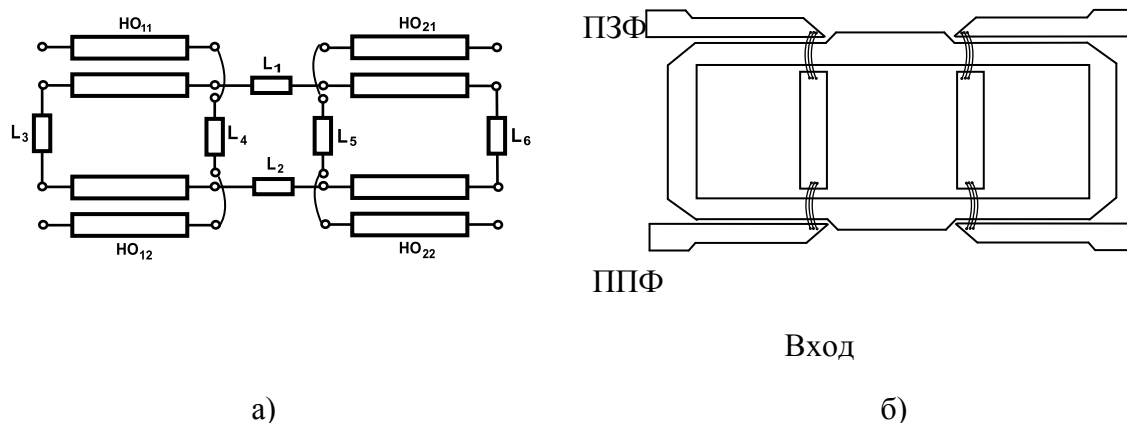


Рис.4. Микрополосковый направленный фильтр бегущей волны:

а) – структурная схема МНФБВ; б) – базовая топология МНФБВ

Из рис.4.а видно, что структурная схема МНФБВ отличается от структурной схемы классического НФБВ (рис.1.б). Так, вместо ответвителя НО₁, структурная схема МНФБВ содержит два ответвителя НО₁₁ и НО₁₂, объединенных в НО типа “тандем” двумя четвертьволновыми отрезками МПЛ L_3 и L_4 , а вместо ответвителя НО₂ – НО₂₁ и НО₂₂, объединенных в НО типа “тандем” двумя четвертьволновыми отрезками МПЛ L_5 и L_6 . А собственно МНФБВ образован двумя составными НО типа “тандем”, соединенными двумя четвертьволновыми отрезками МПЛ L_1 и L_2 . Это техническое решение защищено авторскими правами по критерию научной новизны.

Поскольку все НО и отрезки МПЛ - L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , L_5 и L_6 – четвертьволновые, то замкнутый кольцевой резонатор бегущей волны МНФБВ имеет, в отличие от классического НФБВ, электрическую длину не λ , а 2λ или $n\lambda$, где n – целое число длин волн. Поэтому такой кольцевой резонатор имеет уже не одну, а не менее двух резонансных частот.

Характер параметров АЧХ НФБВ и МНФБВ идентичен. При этом согласование с СВЧ трактом практически не изменилось, прямые потери и полоса рабочих частот по уровню 3 дБ увеличились незначительно. Уменьшились лишь потери в канале ППФ за пределами рабочей полосы и уровень заграждения в канале ПЗФ, что является следствием неидеальности направленности НО на МПЛ.

В дальнейшем оказалось, что предложенная конструкция (топология) МНФБВ является базовой для создания и других СВЧ устройств с новыми функциями (качеством).

Одним из таких устройств является разработанный на основе МНФБВ активный фильтр, который одновременно в одном конструктиве реализует функции как фильтра, так и усилителя. Это техническое решение защищено авторскими правами.

Если в базовом МНФБВ исключить один из НО типа “тандем”, то получим добротный резонатор для интегральных СВЧ генераторов. Такое устройство защищено авторскими правами и может быть реализовано в виде надежной и малогабаритной монолитной схемы.

Также на основе базового МНФБВ реализован двух- и четырех-частотный преселектор.

ФАЗОВЫЕ РАДИОСИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА ДЛЯ РАБОТЫ В ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ВОЛНОВОЙ ЗОНЕ

Авдеев Г.Л., Липчевская И.Л., Якорнов Е.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», django2006@ukr.net

Harmonic signal radiation source coordinate determination in the intermediate-field region with using the phase direction-finder system

The methods and technical decisions for harmonic signal source coordinate determination located at intermediate-field region of plane antenna array of the phase direction-finder system are presented.

В настоящее время широкое распространение получают фазовые радиосистемы определения координат (ФРСОК) для определения координат источников радиоизлучения (ИРИ), использующих плоскостные антенные решетки (ПАР) из слабонаправленных антенн с межэлементным расстоянием L (базой), много превышающим половину длины волны λ (разреженные ПАР), что, в частности, обусловлено необходимостью снижения среднеквадратической погрешности пеленгования [1]. Вместе с тем применение таких ФРСОК как показано в [1,2] при работе в СВЧ диапазоне может привести к ситуации, когда ИРИ будет попадать в промежуточную волновую зону ПАР этой системы, т.е. находиться от нее на расстоянии d , удовлетворяющего условию

$$d_{Б.З} \leq d \leq d_{Д.З}, \quad (1)$$

где $d_{Д.З} = \frac{2L^2 \cos^2 \beta}{\lambda}$ – граница дальней волновой зоны (ДЗ), при которой отклонение фазового фронта электромагнитной волны (ЭМВ) от плоского в пределах раскрытия ПАР не превышает $\lambda/16$ (что эквивалентно фазовой погрешности несущего колебания сигнала

между крайним и центральным элементами ПАР в $22,5^\circ$), $d_{Б.З} = 0,62 \sqrt{\frac{L^3}{\lambda}}$ – граница ближней

волновой зоны (БЗ). Для условия (1) в работе [1] были проанализированы ошибки пеленгации при неучёте кривизны (сферичности) фронта ЭМВ на примере линейных антенных решеток (ЛАР) для классических систем фазовой пеленгации и рассмотрены возможные способы однозначного определения координат ИРИ при наличии сферичности волнового фронта его ЭМВ, теоретическая возможность определения которых вытекала из результатов работы [2]. При этом был предложен алгоритм устранения неоднозначности измерения фазового сдвига между соседними элементами ПАР, а также механизм определения вида фазового фронта ЭМВ, необходимый для перехода ФРСОК в другой по сравнению с ДЗ режим автоматического вычисления пеленга, угла места и дальности до ИРИ.

Для ФРСОК на основе ЛАР (рис.1) проверка на кривизну осуществляется путем сравнения пеленгов

$$\beta = \beta_{21} = \beta_{32} = \beta_{31} \quad (2)$$

или фазовых сдвигов

$$\Delta \varphi_{21\text{полн}} = \Delta \varphi_{32\text{полн}} \frac{L_{21}}{L_{32}} = \Delta \varphi_{31\text{полн}} \frac{L_{21}}{L_{31}}, \quad (3)$$

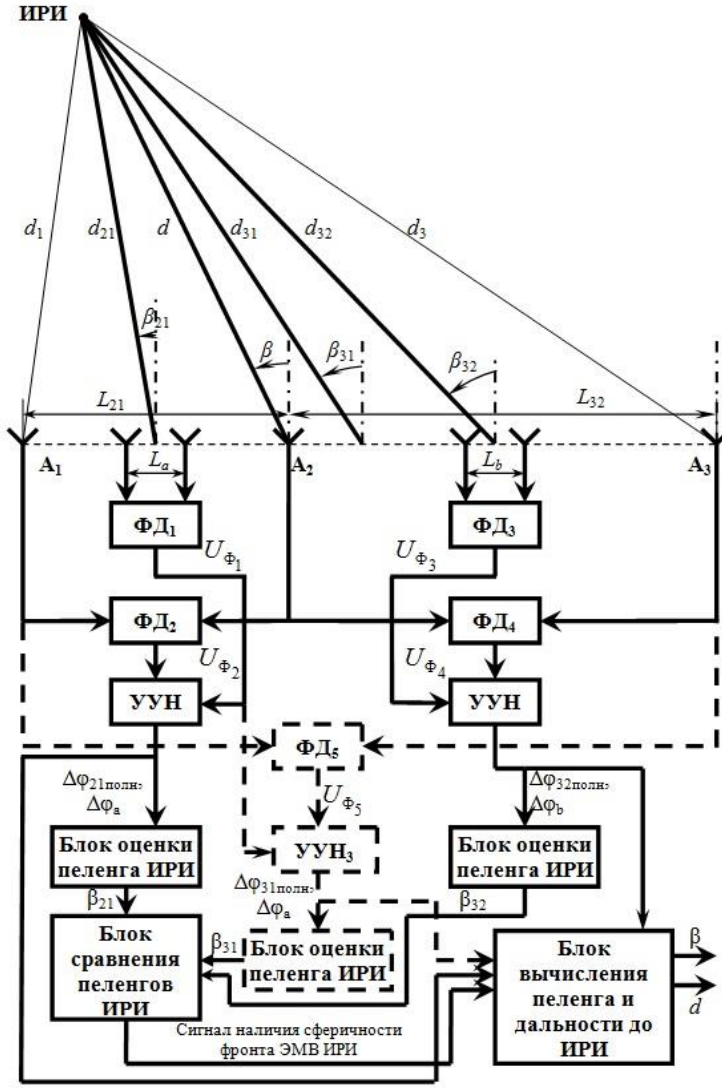


Рис.1

которые для двух точных, но неоднозначных шкал измерения фазы на базах L_{21} и L_{32} соответственно и наличия также двух грубых, но однозначных шкал на базах L_a и L_b , ($L_a = L_b = 0,5\lambda$), расположенных внутри и посередине соответствующих неоднозначных баз можно представить как

$$\Delta\varphi_{21\text{полн}} = \Delta\varphi_{21\text{изм}} + 2\pi k_{21}, \quad (4.a)$$

$$\Delta\varphi_{32\text{полн}} = \Delta\varphi_{32\text{изм}} + 2\pi k_{32}, \quad (4.б)$$

$$\Delta\varphi_{31\text{полн}} = \Delta\varphi_{31\text{изм}} + 2\pi k_{31}. \quad (4.в)$$

Здесь k_{21} , k_{32} , k_{31} – коэффициенты, учитывающие число полных периодов, утраченных при измерениях разности фаз по соответствующим базам ФРСОК которые будут равны

$$k_{21} = \left\langle \frac{1}{2\pi} \left(\frac{L_{21}}{L_a} \Delta\varphi_a - \Delta\varphi_{21\text{изм}} \right) \right\rangle, \quad (5.a)$$

$$k_{32} = \left\langle \frac{1}{2\pi} \left(\frac{L_{32}}{L_b} \Delta\varphi_b - \Delta\varphi_{32\text{изм}} \right) \right\rangle, \quad (5.б)$$

$$k_{31} = \left\langle \frac{1}{2\pi} \left(\frac{L_{31}}{L_a} \Delta\varphi_a - \Delta\varphi_{31\text{изм}} \right) \right\rangle. \quad (5.в)$$

Таким образом, если не выполняется какое-либо из равенств (2) или (3) то можно считать, что фазовый фронт ЭМВ ИРИ является сферическим. При условии, что $L_{31}/d \ll 1$ для промежуточной зоны справедливы приближения [1]

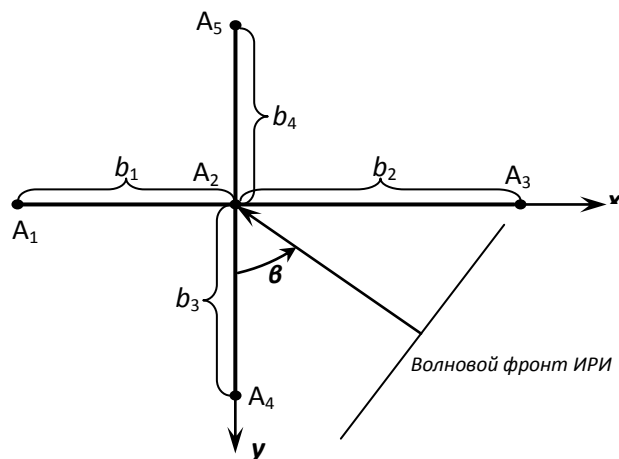
$$\Delta\varphi_{21\text{полн}} = \frac{2\pi(d - d_1)}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} \left(L_{12} \sin \beta - \frac{L_{12}^2 \cos^2 \beta}{2d} \right), \quad \Delta\varphi_{32\text{полн}} = \frac{2\pi(d_3 - d)}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} \left(L_{32} \sin \beta + \frac{L_{32}^2 \cos^2 \beta}{2d} \right)$$

а искомый пеленг и дальность до ИРИ по кривизне фронта ЭМВ будут равны

$$\beta = \arcsin \left(\frac{\lambda (\Delta\varphi_{32\text{полн}} L_{21}^2 + \Delta\varphi_{21\text{полн}} L_{32}^2)}{2\pi L_{21} L_{32} (L_{21} + L_{32})} \right), \quad d = \frac{4\pi^2 L_{21}^2 L_{32}^2 (L_{21} + L_{32})^2 - \lambda^2 (\Delta\varphi_{32\text{полн}} L_{21}^2 + \Delta\varphi_{21\text{полн}} L_{32}^2)^2}{4\pi L_{32} (L_{21} + L_{32}) \lambda (\Delta\varphi_{32\text{полн}} L_{21}^2 - \Delta\varphi_{21\text{полн}} L_{21} L_{32})}.$$

На рис.1 штриховой линией показаны элементы схемы измерения пеленга β_{31} на базе $L_{31} = L_{21} + L_{32}$, которые могут и не использоваться, если информации, полученной при измерениях разности фаз по базам L_{21} и L_{32} достаточно. Более детальный вариант схемной реализации ФРСОК и описание его работы рассмотрены в [3].

Если в рассмотренную ЛАР ФРСОК ввести вторую ЛАР, ортогональную первой [4], то ЛАР становится плоскостной, что дает возможность измерения угла места (α). Рассмотрим согласно [4] упрощенную схему расположения антенн ПАР (рис.2), которая для устранения неоднозначности фазовых отчетов может быть также дополнена однозначными базами, расположенными в составе баз b_1, b_2, b_3 .



Нетрудно показать, что выражение для пеленгационной характеристики при плоском фронте ЭМВ будет иметь вид

$$F(\beta, \alpha) = \operatorname{tg} \left[\frac{\pi(b_2 - b_1)}{\lambda} \cos \alpha \sin \beta \right]. \quad (6)$$

Откуда с учётом того, что для плоского волнового фронта

$$\Delta \varphi_{42\text{полн}} = \frac{2\pi}{\lambda} b_3 \cos \beta \cos \alpha$$

из (6) получим, что пеленг ИРИ

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{2b_3 \operatorname{arctg}(F(\beta, \alpha))}{(b_1 - b_2) \Delta \varphi_{42\text{полн}}} \right). \quad (7)$$

В свою очередь, угол места ИРИ,

$$\alpha = \arccos \sqrt{\left(\frac{\lambda \operatorname{arctg}(F(\beta, \alpha))}{\pi(b_1 - b_2)} \right)^2 + \left(\frac{\lambda \Delta \varphi_{42\text{полн}}}{2\pi b_3} \right)^2}, \quad (8)$$

где $\Delta \varphi_{42\text{полн}} = \Delta \varphi_{42\text{изм}} + 2\pi k_{42}$, $\Delta \varphi_{42\text{изм}}$ - измеренный фазовый сдвиг между антеннами A_4 и A_2 , а k_{42} - целое число периодов, которое утрачено при измерениях.

При наличии кривизны фазового фронта ЭМВ (см. равенства (2) или (3)) угловые координаты ИРИ определяются по ниже следующим соотношениям, полученным в [1]:

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{(b_3 b_4^2 + b_3^2 b_4) (b_2^2 \Delta \varphi_{12\text{полн}} + b_1^2 \Delta \varphi_{23\text{полн}})}{(b_1 b_2^2 + b_1^2 b_2) (b_3^2 \Delta \varphi_{25\text{полн}} + b_4^2 \Delta \varphi_{42\text{изм}})} \right), \quad (9)$$

$$\alpha = \arccos \left(\sqrt{\left(\frac{\lambda (b_2^2 \Delta \varphi_{12\text{полн}} + b_1^2 \Delta \varphi_{23\text{полн}})}{2\pi (b_1 b_2^2 + b_1^2 b_2)} \right)^2 + \left(\frac{\lambda (b_3^2 \Delta \varphi_{25\text{полн}} + b_4^2 \Delta \varphi_{42\text{изм}})}{2\pi (b_3 b_4^2 + b_3^2 b_4)} \right)^2} \right), \quad (10)$$

причём, $b_4 = 0,5\lambda$ (рис.2), а дальность по одному из ниже следующих приближенных соотношений

$$d \approx \frac{\pi b_4^2 (1 - \cos^2 \alpha \cos^2 \beta)}{\lambda \Delta \varphi_{42\text{полн}} - 2\pi b_4 \cos \alpha \cos \beta}, \quad d \approx \frac{\pi b_2^2 (1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \beta)}{2\pi b_2 \cos \alpha \sin \beta - \lambda \Delta \varphi_{23\text{полн}}}, \quad d \approx \frac{\pi b_1^2 (1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \beta)}{\lambda \Delta \varphi_{12\text{полн}} - 2\pi b_1 \cos \alpha \sin \beta}$$

В докладе также представлены варианты схемных реализаций ФРСОК и описание их работы, рассмотренные в [3-5].

Литература

1. Авдеенко Г.Л., Якорнов Е.А., Липчевская И.Л. Фазовые системы определения координат источника радиоизлучения гармонического сигнала в зоне Френеля // Известия ВУЗов. Радиоэлектроника, №12, 2012, с.24-33.
2. Авдеенко Г.Л., Федоров В.И., Якорнов Е.А. Определение местоположения источника радиоизлучения по кривизне фронта электромагнитной волны – Известия ВУЗов. Радиоэлектроника – 2008. – Т.51.– №3. – с.3-11.
3. Деклараційний патент на корисну модель № 57200 (Україна). Фазовий радіопеленгатор. М. кл. G01 S 3/00 // Авдеенко Г.Л., Липчевська І.Л., Якорнов Є.А. та інші. Пром. власність, 2011 р., №3.
4. Деклараційний патент на корисну модель № 64696 (Україна). Фазова радіосистема визначення координат. М. кл. G01 S 3/00 // Авдеенко Г.Л., Ільченко М.Ю., Якорнов Є.А. та інші. Пром. власність, 2011 р., № 21.
5. Винахід. Патент № 97075 (Україна), Фазова радіосистема вимірювання координат М. кл. G01 S 3/02// Авдеенко Г.Л., Мазуренко О.В., Якорнов Є.А. та інші. «Пром. власність», 2011 р., № 24.

ОДНОНАПРАВЛЕННОЕ РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН РЕШЕТКАМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ

Трубин А.А.

Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ» , atrubin@ukrpost.net

Monodirectional scattering of electromagnetic waves on Dielectric Resonator Lattices

Electromagnetic waves scattering on rectangular lattices of various prism form are considered. It's shown that scattering process on the tetrahedral prism is not explained by Snell laws even for the negative refractive index value.

Электромагнитные свойства решеток определяются не только свойствами составляющих их диэлектрических резонаторов (ДР), но также и макроскопической формой в целом, что позволяет формировать из них самые разнообразные пассивные устройства - концентраторы, делители мощности, антенны, фильтры и др. Решетки ДР в форме призм обладают уникальным свойством "однонаправленного" преломления лучевого потока падающих на них электромагнитных волн, которое в современной литературе связывают со свойствами метаматериалов, с отрицательным значением эффективного показателя преломления [1 - 2]. Однако, подобная интерпретация является весьма условной. В настоящем сообщении приведен пример четырехгранной призмы, рассеяние на которой не поддается столь простому качественному объяснению.

В докладе рассмотрены наиболее интересные закономерности рассеяния электромагнитных волн на призмах, выполненных на основе кубических решеток ДР. Предполагается, что каждый из резонаторов решетки возбуждается на основном типе собственных магнитных колебаний H_{101}^+ . Оси всех резонаторов направлены параллельно оси Y в локальной системе координат, расположенной на верхней грани решетки (рис. 1 - 3). Количество резонаторов и относительное расположение каждого слоя решетки подобрано таким образом, что вся структура в целом образует - цилиндрическую трехгранную призму (рис. 1, а), пирамиду (рис. 2, а), или четырехгранную призму (рис. 3, а). Предполагается, что каждый резонатор выполнен из диэлектрика относительной проницаемости $\epsilon_{1r} = 36$ и имеет относительные размеры $\Delta = \frac{L}{2r_0} = 0,4$, где L - высота, а $2r_0$ - диаметр диэлектрического цилиндра. Частота собственных колебаний изолированного ДР в открытом пространстве равна $f_0 = 4$ ТГц. Расстояние между центрами соседних резонаторов выбрано равным: $\lambda_0/4$, где λ_0 - длина волны в открытом пространстве.

Допустим, что на решетку падает плоская линейно поляризованная волна. Определим плоскость падения, как поверхность, содержащую волновой вектор $\vec{k}$, при этом ортогональную плоскости $z = 0$ (рис. 1 - 3, а). Для более эффективного взаимодействия поля падающей волны с резонаторами решетки предполагалось, что вектор поляризации напряженности магнитного поля направлен ортогонально плоскости падения (p - поляризация). Обозначим через (θ_n, φ_n) направление волнового вектора падающей волны $\vec{k}$, а через (θ_o, φ_o) направление на точку наблюдения, заданные в локальной сферической системе координат, расположенной в центре основания каждой призмы.

Расчетная модель рассеяния строилась на основе теории возмущений для уравнений Максвелла с применением разложения поля рассеяния в резонансной области по связанным колебаниям поля системы ДР [3]. Коэффициенты связи ДР с падающей волной, а также коэффициенты взаимной связи в открытом пространстве рассчитывались по формулам, приведенным в [4, 5].

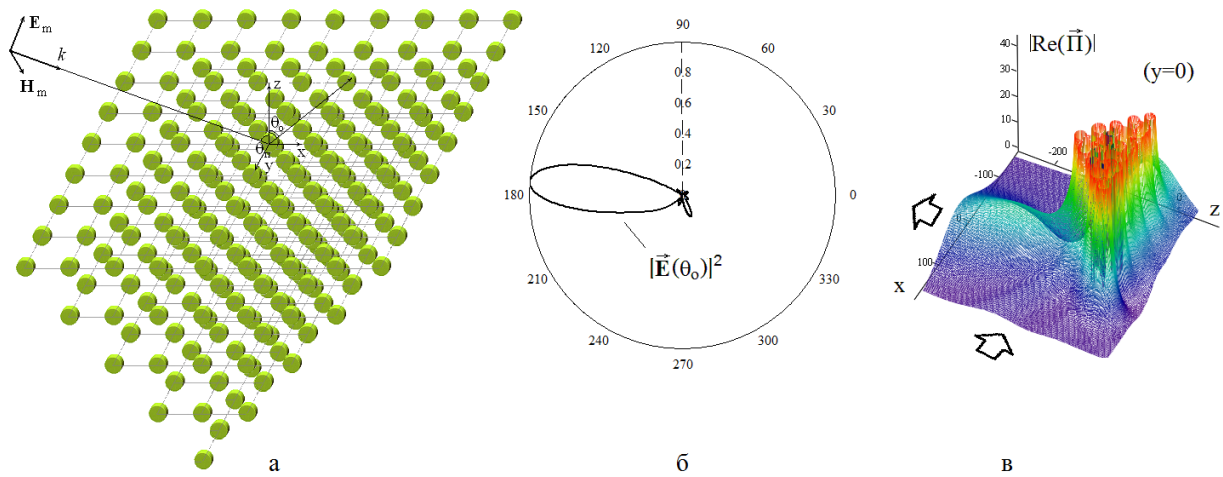


Рис. 1 Характеристики рассеяния плоской электромагнитной волны в волновой (б); и ближней зоне (в) на трехгранной призме, состоящей из $(9 + 7 + 5 + 3 + 1) \times 9$ цилиндрических ДР (а).

Для увеличения связи резонаторов было выбрано направление распространения падающей волны в плоскости (x, z) (см. рис. 1 - 3, а), при этом, распределение плотности потока мощности в волновой зоне решетки также рассматривалось только в плоскости падения: $\varphi_o = \varphi_n = 0$.

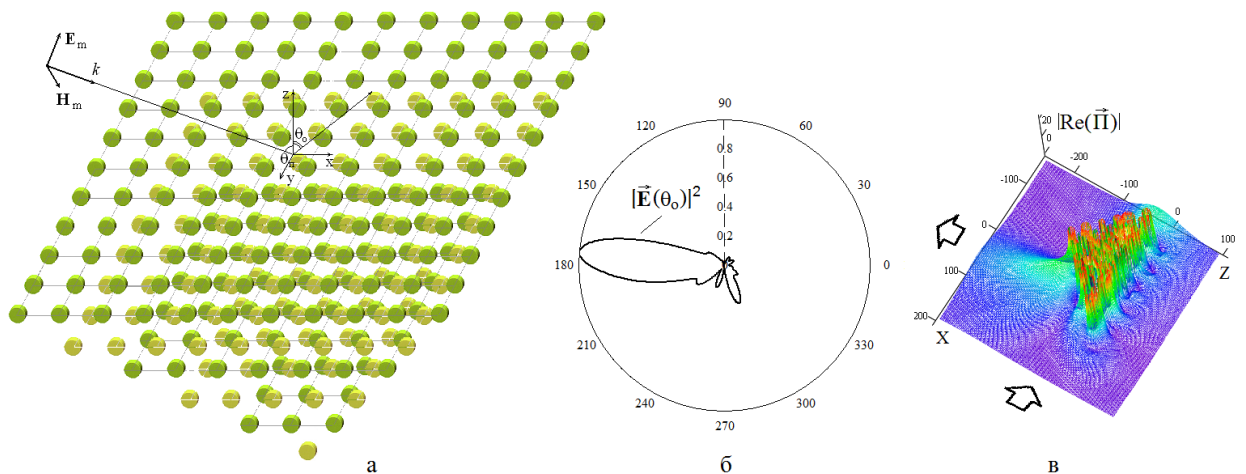


Рис. 2 А - четырехгранная пирамидальная решетка, состоящая из: $11 \times 11 + 9 \times 9 + 7 \times 7 + 5 \times 5 + 3 \times 3 + 1$ цилиндрических ДР; б - нормированные характеристики рассеяния плоской электромагнитной волны в волновой (б) и ближней зоне (в).

Наиболее интересные результаты были получены для случая, когда волновой вектор падающей волны направлен параллельно плоскости: $z = 0$. Как показали численные исследования, в этом случае главный лепесток поля рассеяния в волновой зоне по величине значительно превышает побочные, а направление его возможных максимумов приблизительно соответствует углам: $\theta_o \sim 0, \pi$ (рис. 1 - 3, б), что приблизительно соответствует "отражению" падающей волны от "освещенной" грани решетки. То же самое направление максимума плотности потока мощности наблюдается и в ближней зоне каждой из решеток (рис. 1 - 3, в). Указанное направление рассеяния весьма сложно объяснить, прибегая к помощи многократного преломления падающих волн в некотором "эффективном материале" решетки, параметры которого эквивалентны "отрицательному" либо "положительному" значению коэффициента преломления [1, 2]. Вероятно, при резонансном

рассеянии, эффект накопления энергии электромагнитного поля в ближней зоне, не всегда позволяет применять к ним столь "простую" лучевую интерпретацию, основанную на использовании законов Снеллиуса, даже с привлечением экзотических численных значений эквивалентных параметров.

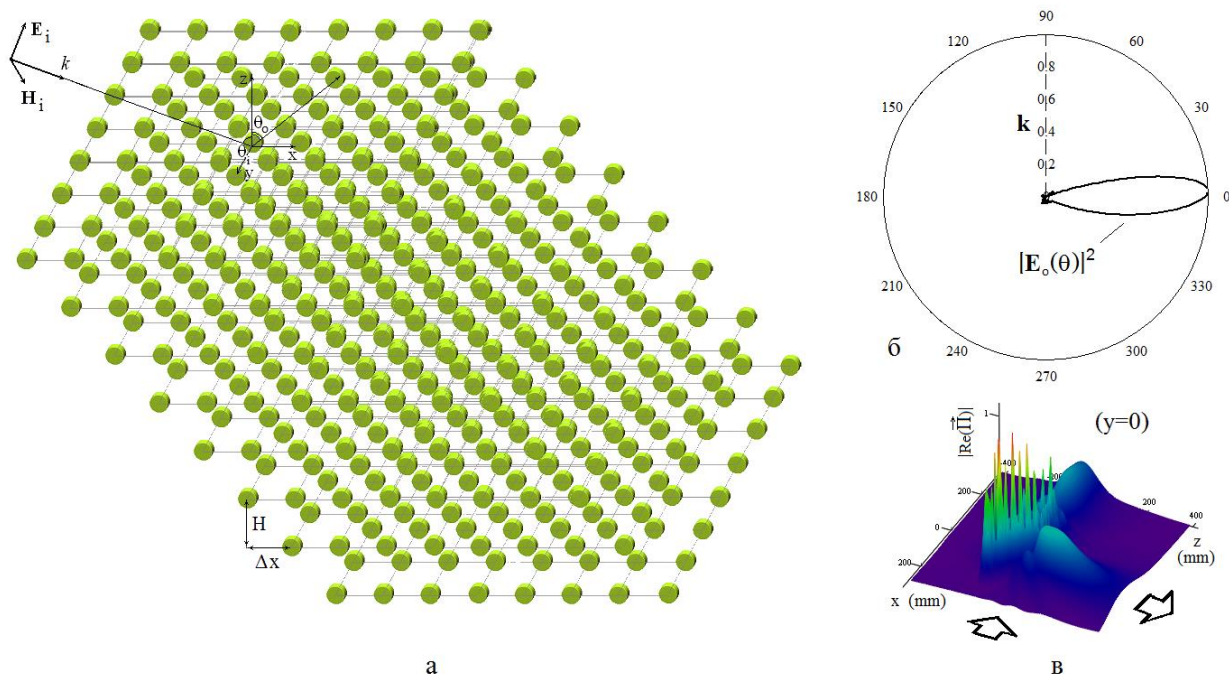


Рис. 3 Характеристика рассеяния плоской электромагнитной волны в волновой (б); ближней зоне (в) четырехгранной призмы ($H = \Delta x$), состоящей из $8 \times 8 \times 8$ цилиндрических ДР (а).

Таким образом, проведенные расчеты распределения поля, возникающее при резонансном рассеянии плоских волн на решетках ДР в форме призм, позволяют сделать вывод о неклассическом поведении этого вида структур. Так направление максимума рассеяния на четырехгранной призме в волновой зоне не поддается общепринятому объяснению даже с учетом предположения об отрицательности эквивалентного показателя преломления среды.

Литература

1. E.A. Semouchkina, G.B. Semouchkin, M. Lanagan, C.A. Randall. FDTD Study of Resonance Processes in Metamaterials // IEEE Trans. on MTT, v. 53, 4, 2005 pp. 1477 - 1487.
2. T. Ueda, A. Lai, T. Itoh. Demonstration of Negative Refraction in a Cutoff Parallel-Plate Waveguide Loaded With 2-D Square Lattice of Dielectric Resonators // IEEE Trans. on MTT, v. 55, v. 6, 2007, pp. 1280 - 1287.
3. Трубин А.А. Рассеяние электромагнитных волн на системах связанных диэлектрических резонаторов // Радиоэлектроника, №2, 1997, с. 35-42.
4. Трубин А.А. Рассеяние электромагнитных волн на плоской квадратной решетке цилиндрических диэлектрических резонаторов // "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии". Севастополь. 2009, с. 405-407.
5. Трубин А.А. Исследование характеристик излучения дискового диэлектрического резонатора // Вестник Киев. Политехн. Ин-та, Радиотехника, вып. 21, 1984, с. 29-33

ФОРМИРОВАНИЕ ОПОРНОГО СИГНАЛА С МАЛЫМ ЧАСТОТНЫМ СДВИГОМ ДЛЯ КОСВЕННОГО СИНТЕЗА ЧАСТОТЫ

Абрамашвили Н.И., Сердюк И.В., Широков И.Б.

Севастопольский национальный технический университет, serdyuk_igor@mail.ru

Generating of reference signal with small frequency shift for indirect frequency synthesizer

This article is devoted to generating small frequency shift in high-stable oscillator for frequency synthesizer in the homodyne measuring system.

Гомодинные измерения необходимы для исследования механизма распространения радиоволн, амплитудно-фазовых характеристик атмосферных каналов связи в зависимости от метеорологических факторов, вида трассы распространения радиоволн и подстилающей поверхности; применяются для контроля параметров технологических процессов.

Для проведения гомодинных измерений необходим дискретный ряд сигналов с частотами, мало отличающимися друг от друга и с высокой стабильностью по частоте и фазе [1]. Однако использование нескольких опорных генераторов экономически нецелесообразно и усложняет обработку сигналов. Например, при использовании метода косвенного синтеза частот, стремление уменьшить шаг сетки частот традиционными методами, заключающимися в понижении частоты сравнения, приводит к увеличению уровня фазовых шумов несущей и увеличению времени перестройки синтезатора в целом. Использование фракционных синтезаторов частоты дает при этом не всегда желаемый результат.

Известно, что для получения приемлемых качественных характеристик микроволнового сигнала, полученного по методу косвенного синтеза, частота сравнения, на которой работает фазовый детектор, должна быть большой. При этом удастся получить хорошие шумовые показатели опорного сигнала и, как следствие, приемлемые показатели качества синтезированного микроволнового сигнала.

Для сдвига частоты высокостабильного опорного генератора [1] на 10 кГц предлагается использовать квадратурный модулятор. Структурная схема устройства сдвига частоты приведена на рис.1.

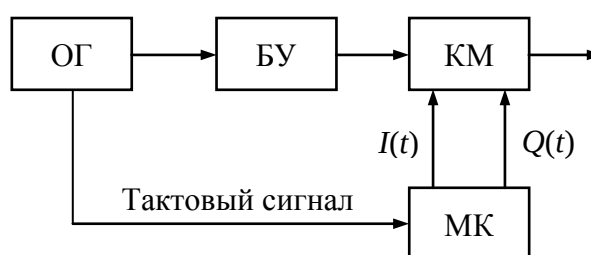


Рис. 1

Система состоит из опорного генератора ОГ, буферного усилителя БУ, квадратурного модулятора КМ и микроконтроллера МК, с которого подаются сигналы $I(t)$ и $Q(t)$.

На радиочастотный вход квадратурного модулятора подается сигнал опорного высокочастотного генератора, который также подается на тактовый вход микроконтроллера для формирования низкочастотных управляющих сигналов. На выходах микроконтроллера I и Q формируются низкочастотные гармонические колебания одинаковой амплитуды,

которые подаются на одноименные входы квадратурного модулятора.

Структурная схема квадратурного модулятора представлена на рис. 2.

Он включает в себя два умножителя, фазовращатель и сумматор. Опорный сигнал $s_R(t)$ поступает на один из умножителей, на другой он подаётся, пройдя через фазовращатель. Далее сигналы $I(t)$ и $Q(t)$ перемножаются с опорным сигналом, а затем суммируются [2].

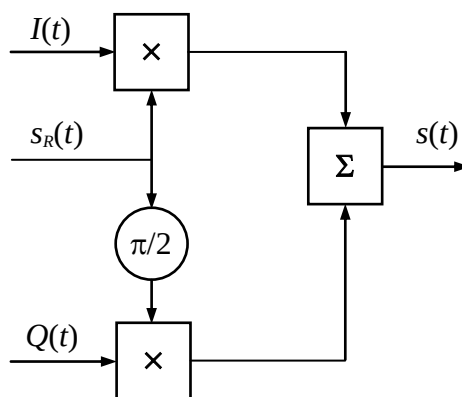


Рис. 2

Если в качестве $I(t)$ и $Q(t)$ подать косинусоидальный и синусоидальный сигналы, то на выходе квадратурного модулятора мы получим сигнал с частотой, сдвинутой на частоту управляющих сигналов:

$$s_R(t)I(t) + s_R\left(t + \frac{\pi/2}{2\pi f_0}\right)Q(t) = \cos(2\pi f_0 t) \cos(2\pi F t) + \cos(2\pi f_0 t + \pi/2) \sin(2\pi F t) =$$

$$= \cos(2\pi f_0 t) \cos(2\pi F t) - \sin(2\pi f_0 t) \sin(2\pi F t) = \cos[2\pi(f_0 + F)t], \quad (1)$$

где f_0 — частота опорного сигнала $s_R(t)$, F — частота сигналов $I(t)$ и $Q(t)$.

Таким образом, на выходе квадратурного модулятора формируется гармонический высокочастотный сигнал, сдвинутой на частоту F относительно частоты опорного сигнала. Значение частоты F можно задавать практически с любым минимально возможным и необходимым шагом ΔF . Современные средства цифровой техники позволяют делать это без особых материальных и временных затрат.

Из выражения (1) следует, что изменяя частоту управляющих сигналов $I(t)$ и $Q(t)$ можно перестраивать частоту опорного генератора. При этом стабильность начальной фазы полученного сигнала определяется стабильностью параметров сигнала опорного генератора, квадратурного модулятора и управляющих сигналов $I(t)$ и $Q(t)$.

Для создания опорного сигнала был выбран опорный генератор CVHD950-100 фирмы Crystek Crystals, имеющий следующие характеристики: диапазон частот 50...125 МГц; диапазон температур 0...+70°C; входное напряжение $3,3 \pm 0,3$ В; ток на входе I_{cp} 15 мА и I_{max} 25 мА. Уровень фазовых шумов генератора CVHD950-100 показан на рис. 3 [3].

Поскольку на радиочастотный вход квадратурного модулятора, и на входы I и Q поступают сигналы (прямой или производный) от одного генератора, то стабильность частоты всего синтезатора будет зависеть от стабильности частоты именно этого опорного генератора.

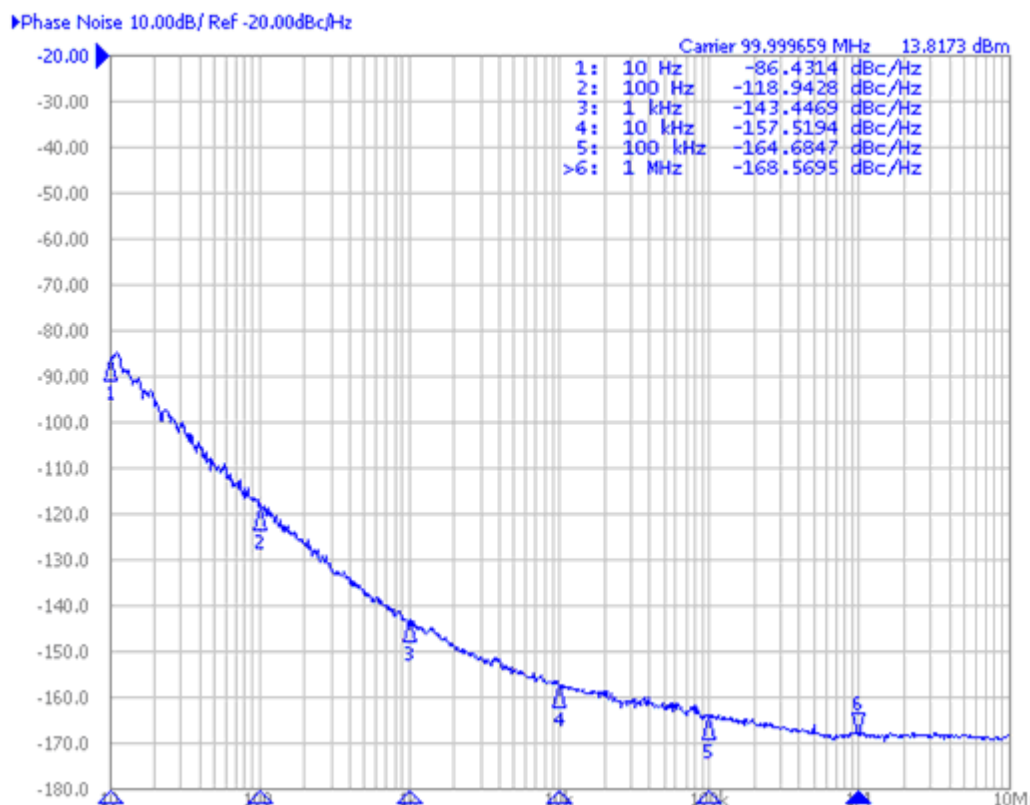


Рис. 3

Для получения низкого уровня фазовых шумов, был выбран широкополосный квадратурный модулятор HMC696LP4E фирмы Hittite Microwave Corporation, обладающий высокой линейностью характеристик и малым уровнем интермодуляционных искажений. Основные его параметры: диапазон частот 20...2700 МГц; уровень шума -162 дБм/Гц; линейность OIP3 23,7 дБм.

Подача управляющих сигналов на квадратурный модулятор производится с помощью микроконтроллера STM32F405, обладающего быстродействием до 75 mips и двумя встроенными цифро-аналоговыми преобразователями. Микроконтроллер тактируется сигналом с опорного генератора, что позволяет значительно снизить уровень фазовых шумов опорных сигналов.

Таким образом, разработанная система позволяет сформировать дискретный ряд сигналов с мало отличающимися частотами на базе одного опорного генератора, для синтезатора частот гомодинной измерительной системы. Такой подход к проблеме может найти свое применение при построении измерительной техники микроволнового диапазона, а также при построении систем многоканальной радиосвязи.

Литература

1. Радиоволновые гомодинные измерительные преобразователи в системах контроля параметров технологических процессов / Гимпилевич Ю.Б., Поливкин С.Н., Широков И.Б. // Матер. 7-й Междунар. М НТК «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ-2011», Севастополь, 11-14 апреля, 2011.— С. 35.
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов — СПб.: Питер, 2002. — 608с.
3. Ultra-Low Phase Noise Oscillators CVHD-950 VCXO [Электронный ресурс] / Crystek Corporation. — <http://www.crystek.com/crystal/spec-sheets/vcxo/CVHD-950.pdf>. — 4.02.2013

**СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ РЕЗОНАТОРОВ ДЛЯ ЗАДАЧИ ИЗМЕРЕНИЯ
КОМПЛЕКСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В НИХ**
Гимпилевич Ю.Б., Зебек С.Е.

Севастопольский национальный технический университет, stanislavzebek@mail.ru

**Synthesis of digital resonators for the measuring task complex reflection coefficient and
modeling of transient process in them**

В работе [1] предложен спектрометрический способ измерения комплексного коэффициента отражения (ККО) микроволновых двухполосников, основанный на выделении первой и четвертой гармоник выходного сигнала коммутационного преобразователя. Реализация этого метода существенно повышает помехозащищенность измерительного канала, увеличивает точность и стабильность измерений. В работе [2] осуществлена реализация этого метода на основе цифровой обработки сигналов. В данной работе проведен синтез цифрового резонатора для выделения первой и четвертой гармоник спектра выходного сигнала и проведено моделирование переходного процесса в этих резонаторах с целью установления быстродействия измерителя.

Синтез цифрового резонатора проведем методом инвариантной импульсной характеристики [3]. В качестве аналогового фильтра-прототипа используем колебательный LC-контур, нормированная импульсная характеристика $h(t)$ которого имеет вид [3]:

$$h(t) \approx e^{-\alpha t} \sin(\omega_0 t). \quad (1)$$

где α — коэффициент затухания, ω_0 — резонансная частота.

Импульсную характеристику синтезируемого фильтра $h(kT_d)$ получим путем замены аргумента t в выражении (1) на kT_d , где T_d — интервал дискретизации. Определим системную функцию цифрового фильтра путем прямого z -преобразования его импульсной характеристики [3]:

$$K(z) = \sum_{k=0}^{\infty} h(kT_d) z^{-k}. \quad (2)$$

Подставляя соотношение (1) в формулу (2), получаем:

$$K(z) = \sum_{k=0}^{\infty} e^{-\alpha k T_d} \sin(\omega_0 k T_d) z^{-k}. \quad (3)$$

Проведя ряд преобразований, приходим к следующему выражению для системной функции:

$$K(z) = \frac{e^{-\alpha T_d} \sin(\omega_0 T_d) z^{-1}}{1 - 2e^{-\alpha T_d} \sin(\omega_0 T_d) z^{-1} + e^{-2\alpha T_d} z^{-2}}. \quad (4)$$

Сравнивая полученное выражение с канонической формой записи системной функции рекурсивного фильтра [3], видим, что синтезируемый фильтр представляет собой рекурсивный фильтр второго порядка со следующими весовыми коэффициентами:

$$a_0 = 0; \quad a_1 = e^{-\alpha T_d} \sin(\omega_0 T_d); \quad b_1 = 2e^{-\alpha T_d} \sin(\omega_0 T_d); \quad b_2 = -e^{-2\alpha T_d}. \quad (5)$$

Определим выражение для комплексного коэффициента передачи синтезированного фильтра, заменяя в выражении (4) переменную z на $e^{j\omega T_d}$:

$$K(j\omega) = \frac{e^{-\alpha T_d} \sin(\omega_0 T_d) e^{-j\omega T_d}}{1 - 2e^{-\alpha T_d} \sin(\omega_0 T_d) e^{-j\omega T_d} + e^{-2\alpha T_d} e^{-2j\omega T_d}}. \quad (6)$$

Далее для определенности примем частоту выходного сигнала СВЧ преобразователя равной $f_1 = 1$ кГц, а число отчетов на интервале времени, равном периоду $T = 1/f_1$, примем $N=16$, что соответствует $T_d=62,5$ мкс. Построим АЧХ цифровых резонаторов путем нахождения модуля комплексной функции (6), полагая резонансную частоту для случая первой гармоники равной $f_{01} = f_1 = 1$ кГц, а для случая четвертой гармоники — $f_{02} = 4f_1 = 4$ кГц. Добротность примем равной $Q = 30$, что соответствует $\alpha_1 = \pi f_{01}/Q = 104,72$ и $\alpha_2 = \pi f_{02}/Q = 418,87$. Рассчитаем весовые коэффициенты в соответствии с (5) для цифрового резонатора первой гармоники расчёт дает следующие значения: $a_0 = 0$; $a_1 = 0,38$; $b_1 = 1,83$; $b_2 = -0,99$, а для цифрового резонатора четвертой гармоники — $a_0 = 0$; $a_1 = 0,97$; $b_1 = 0$; $b_2 = -0,95$. Результаты расчета АЧХ, представленные на рис. 1а и рис. 1б.

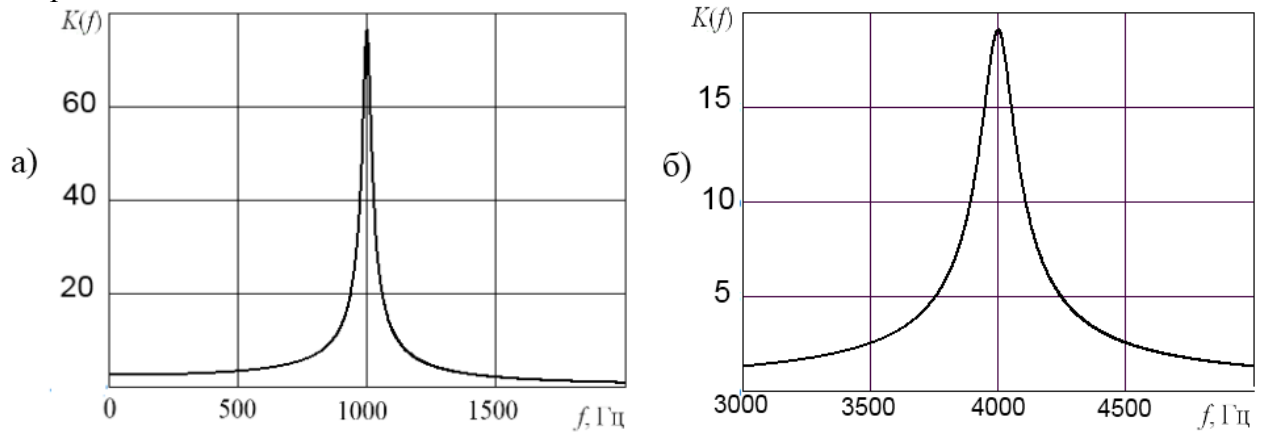


Рис. 1

Для оценки времени переходного процесса определим реакцию цифровых резонаторов на косинусоидальные сигналы, частоты которых совпадают с резонансными частотами этих резонаторов. Отсчеты этих сигналов можно определить по формулам:

$$s_{\text{вх1}}(k) = \cos\left(\frac{2\pi}{N}k\right), \quad s_{\text{вх2}}(k) = \cos\left(\frac{8\pi}{N}k\right). \quad (7)$$

Моделирование переходного процесса осуществим с использованием алгоритма рекурсивной фильтрации [3]:

$$s_{\text{вых}}(k) = a_0 s_{\text{вх}}(k) + a_1 s_{\text{вх}}(k-1) + b_1 s_{\text{вых}}(k) + b_2 s_{\text{вых}}(k-1).$$

Результат расчета представлены на рис. 2а ($f_{01} = 1$ кГц) и рис. 2б ($f_{02} = 4$ кГц).

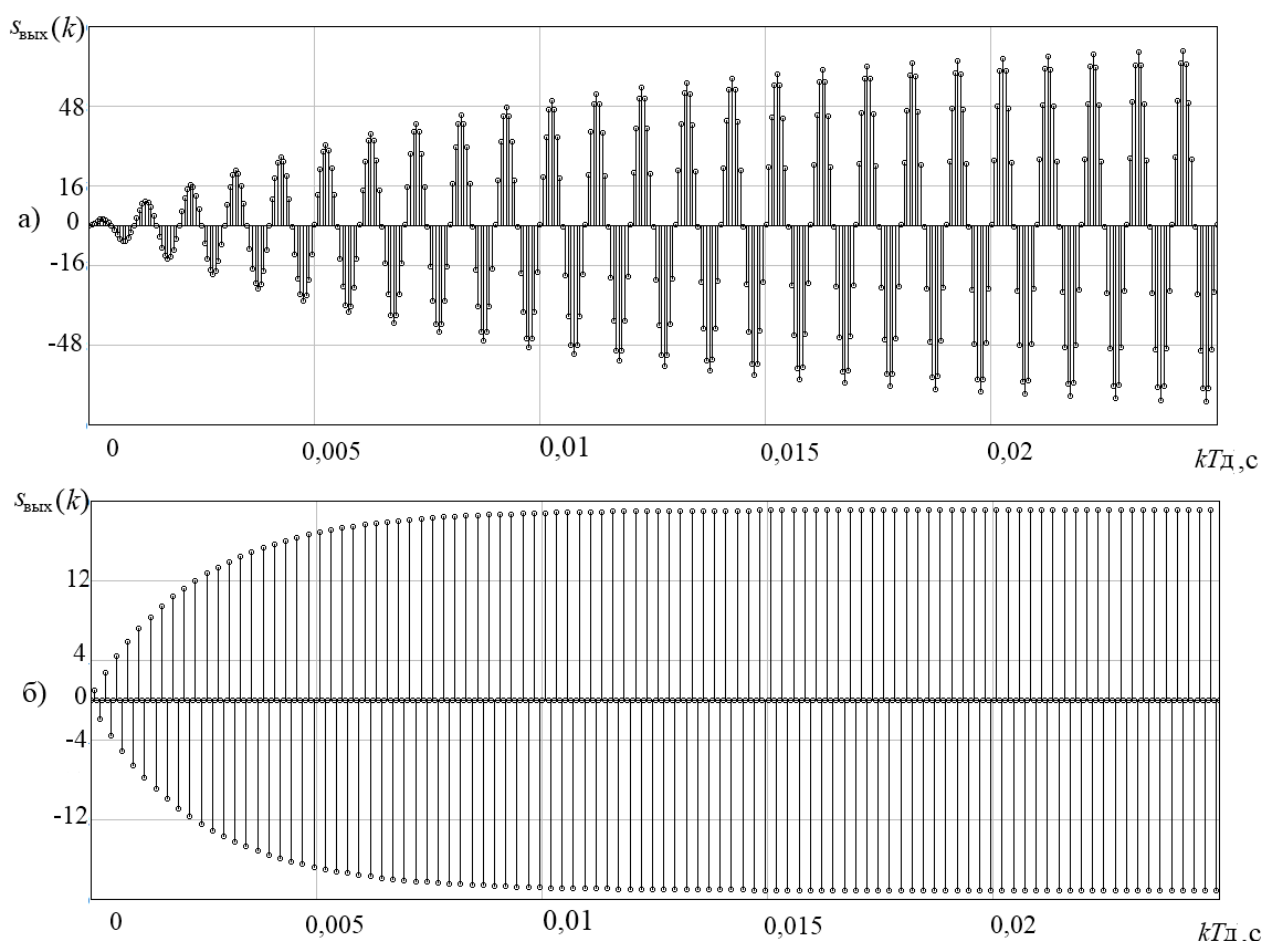


Рис. 2

Найдем время установления выходного процесса t_y , за которое амплитуда колебания достигает 90% от значения в установившемся режиме. Из рис. 2а и рис. 2б следует, что для цифрового резонатора первой гармоники $t_{y1} \approx 0,024$ с, а для цифрового резонатора четвертой гармоники $t_{y2} \approx 0,006$ с.

Таким образом, осуществлен синтез цифровых резонаторов и определены их весовые коэффициенты. Результаты синтеза подтверждены расчетами АЧХ этих резонаторов. Проведено моделирование переходных процессов в синтезированных фильтрах и оценено время установления колебаний на выходе, которое при добротности $Q = 30$ составляет 2,4 мс для резонатора первой гармоники и 0,6 мс — для резонатора четвертой гармоники.

Литература

1. Гимпилевич Ю.Б. Измерение и контроль параметров микроволновых трактов. Севастополь: изд-во СевНТУ, 2009.— 293 с.
2. Зебек С.Е. Применение дискретного преобразования Фурье в задаче измерения комплексного коэффициента отражения / С.Е. Зебек // Мат. 8-ой Междунар. молодежной научно-технической конф. «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций» (РТ-2012). — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. — С. 296.
3. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы / И.С. Гоноровский. — М.: Сов. Радио, 1986. — 512 с.

ПЛОСКОСТНАЯ ДВУХДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА

Нудьга А.А.

Севастопольский национальный технический университет, nudga88@inbox.ru

The Planar dual band antenna

A new form of the dual-band planar antenna are proposed. Electrodynamics calculations for the proposed antenna is presented.

В современном многообразии стандартов передачи данных и частотных диапазонов, на которых они работают, антенное устройство является одним из важнейших составляющих систем, использующих радиоканал. Создать широкополосную антенну, способную охватить все используемые диапазоны, весьма проблематично, поэтому разработчики отдают предпочтение многодиапазонным структурам, что также позволяет уменьшить пространство, которое занимали бы отдельные антенные устройства.

Рассмотрим плоскую антенну линейной поляризации, способную работать в двух диапазонах, структура которой показана на рис. 1.

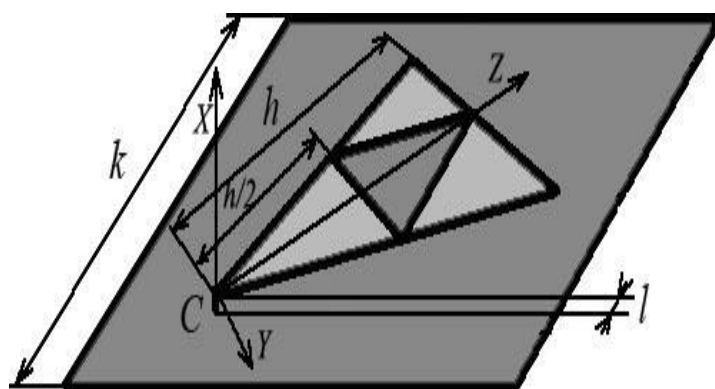


Рис. 1 — Треугольная двухдиапазонная плоская антенна

Питание структуры обеспечивается подключением внешнего источника возбуждения к точке С. Используя методику аффинных преобразований, разобьем поверхность антенны на элементарные треугольные площадки, в пределах которых ток будем считать постоянным и линейно поляризованным. Высота элементарных треугольников определяется исходя из условия: $L < h/16$, где h — полная высота излучателя антенны [1]. Геометрия задачи показана на рис. 2.

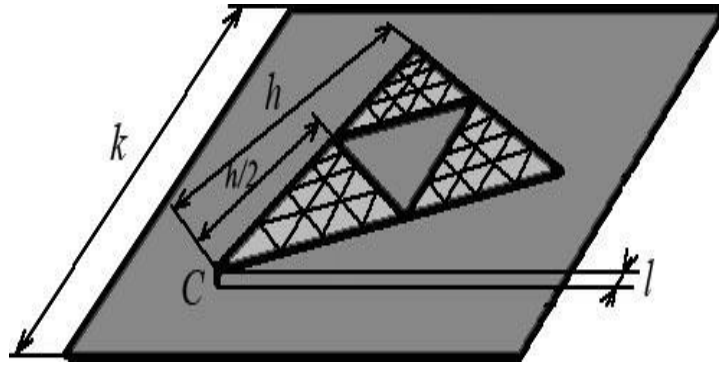


Рис. 2 — Формирование элементарных площадок постоянного поверхностного тока

В пределах каждой элементарной площадки ток постоянен и равен величине I_{11} .

Необходимо найти напряженность электрического поля в точке наблюдения M , которая расположена в дальней зоне излучателя (и элементарных площадок). По известной плотности токов в каждой точке антенны, можно рассчитать электромагнитное поле для всей структуры [1].

Определим напряженность электрического поля от каждой элементарной площадке по формуле [2]:

$$E(r, \vartheta) = I_{ct} \cdot \frac{\tilde{k}^2 Z_B L}{4\pi} \left\{ 2 \left[\frac{1}{(\tilde{k}r)^2} + \frac{1}{(\tilde{k}r)^3} \right] \cos \vartheta e_r + \left[\frac{1}{\tilde{k}r} + \frac{1}{(\tilde{k}r)^2} + \frac{1}{(\tilde{k}r)^3} \right] \sin \vartheta e_\vartheta \right\} e^{-\tilde{k}r},$$

где $Z_B = \sqrt{\tilde{\mu}_a / \tilde{\epsilon}_a} = \frac{\tilde{k}}{i\omega \tilde{\epsilon}_a} \approx \frac{k}{\omega \epsilon_a}$ — волновое сопротивление среды; k — волновое число;

$\tilde{k} = k_\alpha + ik_\beta = i\omega \sqrt{\tilde{\mu}_a / \tilde{\epsilon}_a}$ — коэффициент распространения волны в среде;

I_{ct} — ток элементарной площадки неизменный по длине L ;

L — длина элементарного излучателя;

ϑ — зенитный угол;

r — расстояние от элементарного излучателя до точки наблюдения M .

Соотношение позволяет определить напряженность электрического поля $E(r, \vartheta)$ в сферической системе координат (r, ϑ, φ) . Однако, дальнейшее рассмотрение удобно проводить в декартовой системе координат, поскольку антенна является плоской. Составляющие напряженности электрического поля $E(x, y, z)$ в декартовой системе координат с помощью соотношения:

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} E_r \\ E_\vartheta \\ E_\varphi \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где T — преобразующая матрица из сферической системы в декартовую систему.

Преобразующая матрица имеет вид:

$$T = \begin{pmatrix} \sin \vartheta \cos \varphi & \cos \vartheta \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \vartheta \sin \varphi & \cos \vartheta \sin \varphi & \cos \vartheta \\ \cos \vartheta & -\sin \vartheta & 0 \end{pmatrix}.$$

Рассмотрим среду без потерь, тогда $k_\alpha = 0$ и $\tilde{k} = ik_\beta = ik$. Найдём суммарную напряженность электрических полей, которые действуют на произвольный треугольник ij в виде выражения:

$$E_{\Sigma ij} = \sum_{m=1}^n E_m - E_{ij},$$

где $E_{\Sigma ij}$ — суммарная напряженность электрических полей от треугольников действующих на треугольник ij ;

$\sum_{m=1}^n E_m$ — суммарная напряженность электрических полей всех элементарных треугольников;

E_{ij} — напряженность электрического поля треугольника ij .

Из условий геометрии напряженность поля элементарного треугольника в точке наблюдения для этого треугольника вдоль осей Y и X равно нулю, следовательно:

$$\sum_Y E_n = 0; \sum_X E_n = 0. \quad (2)$$

Далее, используя формулу (2), упростим выражение (1) и приведем его к виду

$$E(r_{ij}, \vartheta_{ij}, \varphi_{ij}) = I_{ctij} \cdot \frac{k^2 Z_{BL}}{4\pi} \left\{ \begin{aligned} &2 \left[\frac{1}{(kr_{ij})^2} - \frac{1}{i(kr_{ij})^3} \right] \cos \vartheta_{ij}^2 - \\ & - \left[\frac{1}{ikr_{ij}} + \frac{1}{(kr_{ij})^2} - \frac{1}{i(kr_{ij})^3} \right] \sin \vartheta_{ij}^2 \end{aligned} \right\} \cdot e^{-ikr_{ij}} \cdot e_z = I_{ctij} \cdot K_p, \quad (3)$$

где K — коэффициент места расположения.

Определим граничное условие для любой элементарной площадки треугольника:

$$\sum_Z E_n = 0. \quad (4)$$

Составим систему уравнений для каждого треугольника — элементарной площадки с учетом того, что собственное поле в точке размещения элементарной площадки не рассматривается, и исходя из граничного условия (4) для составляющей компоненты Z .

$$\begin{cases} 0 + E_{12} + \dots + E_{1n} = E_{\Sigma 1}; \\ E_{21} + 0 + \dots + E_{2n} = 0; \\ \dots \quad \dots \quad \dots \\ E_{m1} + E_{m2} + \dots + 0 = 0, \end{cases},$$

где $E_{\Sigma 1}$ — напряженность электрического поля создаваемого источником возбуждения в плоскости первого элемента;

m — номер элементарного излучателя — элемента излучения;

n — номер элементарного излучателя — точки наблюдения;

Подставляя уравнение для напряженности поля (3) и решая систему, находим все сторонние токи на всех элементарных площадках:

$$\begin{cases} 0 + I_{ct12} \cdot K_{12} + \dots + I_{ct1n} \cdot K_{1n} = E_{\Sigma 1}; \\ I_{ct11} \cdot K_{21} + 0 + \dots + I_{ct1n} \cdot K_{2n} = 0; \\ \dots \quad \dots \quad \dots \\ I_{ctn1} \cdot K_{n1} + I_{ctn2} \cdot K_{n2} + \dots + 0 = 0, \end{cases}$$

где I_{ct11} — ток первой элементарной площадки;

I_{ct12} — ток второй элементарной площадки;

$K_{1,2,\dots,n}$ — коэффициент места расположения.

Проведенное исследование показало, что разработанный алгоритм расчета, позволяет определить напряженность электрического поля плоской двухдиапазонной антенны, методом расчета токов на всех элементарных треугольных излучателях.

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 / Семенов Н.А. — М. Связь, 1973. — С. 126-128.

АНТЕННА С ИЗМЕНЯЕМЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ

Щекатурин А.А., Полуденов Д.Д., Гнатко Д.В.

Севастопольский национальный технический университет, pulson@inbox.ru

Antenna with variable position of the directional characteristic

In this paper the antenna based on log-periodic structure with a variable position of the directional characteristic is studied numerically

В настоящее время известны антенные решетки, в которых сканирование осуществляется при изменении частоты сверхвысокочастотной волны, подаваемой в антенну [1]. Как правило, в качестве излучающих элементов таких антенн используются щели, прорезанные в волноводе, играющем роль фидера.

В то же время известны логопериодические антенны, электродинамические характеристики которых слабо зависят от частоты и в которых для каждой частоты формируется активная область возбуждения, перемещающаяся вдоль антенны при изменении рабочей частоты [2].

Если логопериодическую структуру трансформировать так, чтобы на каждой новой частоте рабочего диапазона частот происходило бы не только перемещение активной области вдоль структуры, но и ее поворот (такая трансформированная структура показана на рис. 1), то следовало бы ожидать, что при изменении рабочей частоты будет происходить поворот диаграммы направленности (ДН), как это имеет место в известных антенных решетках с частотным сканированием. При этом в отличие от щелевых сканирующих решеток поворот направления излучения главного максимума ДН мог бы быть осуществлен одним антенным элементом и в более низкочастотной области частот (обычно это сантиметровый диапазон для щелевых антенн и дециметровый для логопериодических антенн).

Целью работы является подтверждение способности антенны предложенного типа осуществлять поворот направления излучения главного максимума ДН при изменении рабочей частоты.

Был проведен численный расчет характеристик излучения трансформированной логопериодической антенны с использованием программы FEKO. На рис. 1 показана рассчитанная объемная ДН для минимальной частоты рабочего диапазона частот. Антенна состоит из двух изогнутых полотен с вибраторами, возбуждение антенны осуществляется от источника сверхвысокочастотных колебаний, подключаемого к концам полотен с наименьшей длиной вибраторов. На рис. 1 показано разбиение антенных полотен на полигоны, осуществленное программой FEKO, в пределах каждого из которых плотность тока и его фаза остаются постоянными.

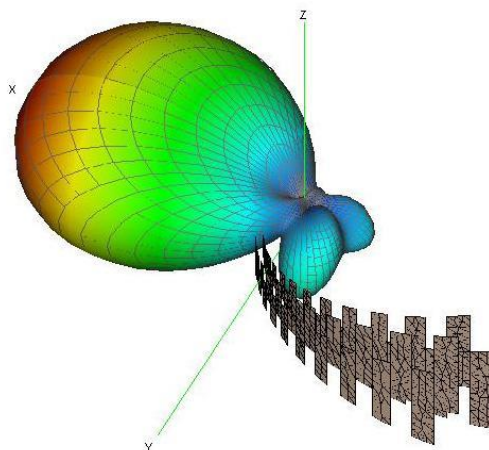


Рис. 1 — Трансформированная логопериодическая антенна и ее объемная
 диаграмма направленности при частоте $f = 1,5$ ГГц

Из рис. 1 следует, что ДН трансформированной логопериодической антенны с выбранными для моделирования параметрами примерно такая как у обычной логопериодической антенны.

Сечения ДН антенны в горизонтальной плоскости для различных частот f показаны на рис. 2...4.

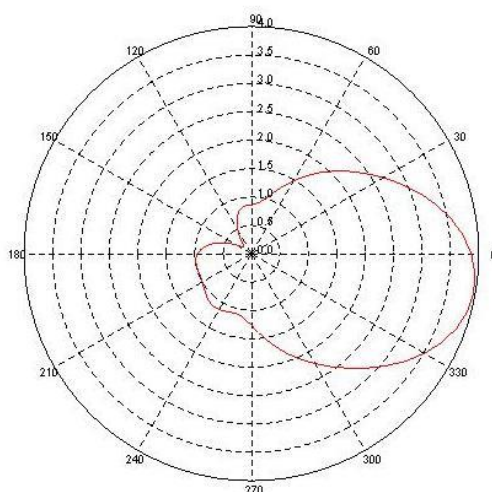


Рис. 2 — Диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости
 при $f = 1,5$ ГГц

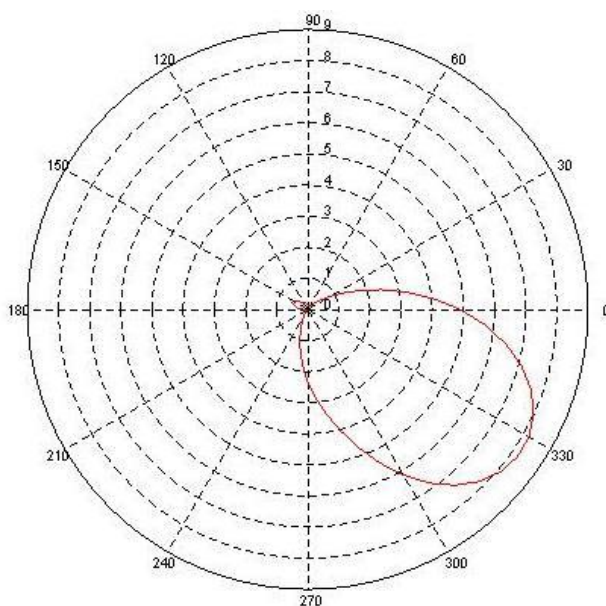


Рис. 3 — Диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости

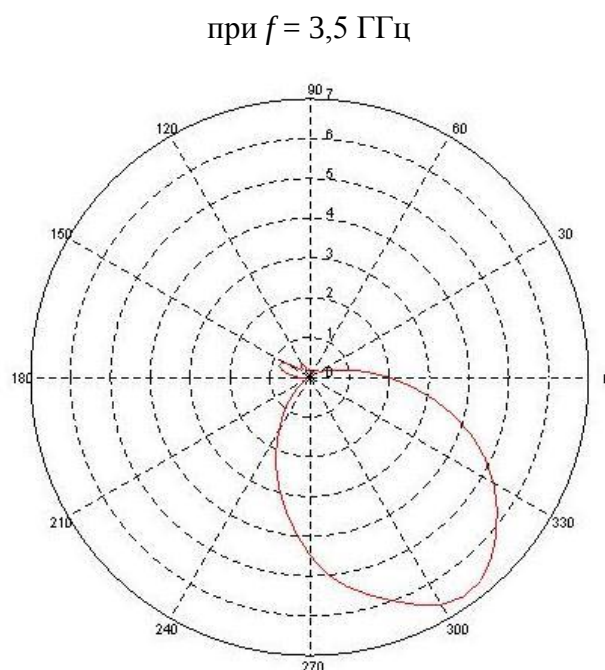


Рис. 4 — Диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости

при $f = 5$ ГГц

Из выполненного расчета следует, что направление главного максимума ДН трансформированной логопериодической антенны поворачивается при изменении рабочей частоты, при этом ширина ДН, форма ДН, коэффициент направленного действия и входные характеристики близки к соответствующим характеристикам исходной логопериодической антенны и слабо изменяются с изменением частоты в пределах рабочего диапазона частот.

Литература

1. Воскресенский Д.И. Антенны и устройств СВЧ (Проектирование фазированных антенных решеток) / Д.И.Воскресенский, Р.А.Грановская, Н.С.Давыдова и др. — М.: Радио и связь, 1981.
2. Петров Б. М. Логопериодические вибраторные антенны / Б. М. Петров, Г. И. Костромитин, Е. В. Горемыкин. — М.: Горячая линия-Телеком, 200. — 239 с.

ВИЩІ ТИПИ КОЛИВАНЬ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО РЕЗОНАТОРУ В ЗАСТОСУНКАХ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Підгурська Т. В., Трубін О.О., Шелковніков Б.М.

Інститут Телекомунікаційних Систем, «КПІ», lileya15@gmail.com

High order modes of dielectric resonator for microwave applications

The basic trends of devices on high order modes of dielectric resonators (DR) are summarized. The results of simulation of high order mode of quadruple type in rectangular DR are presented.

Діелектричні резонатори (ДР) широко застосовуються в діапазоні частот від 10^9 до 10^{15} Гц в якості датчиків, вузько смугових фільтрів, антен або частото задаючих ланцюгів джерел високостабільних коливань.

Робочим типом коливань при побудові пасивних пристроїв найчастіше є $TE_{01\delta}$ [1]. Розроблені та запатентовані методи побудови та функціонування широкого кола пасивних пристроїв для вказаної моди [2]. Сьогодні інтерес представляє розгляд пасивних пристроїв, робочими типами коливань яких є вищі моди.

В серії робіт [3] досліджується можливість використання моди $HE_{12\delta}$ для побудови антен з поперечним випромінюванням та високим коефіцієнтом підсилення на частоті резонансу. Також запропонована нова схема живлення для вказаної антени.

Для застосування фільтрів в космічній техніці маса й габарити компонент мають вирішальне значення. В даний час в супутникових системах зв'язку використовуються фільтри, побудовані на коаксіальних порожнинних резонаторах, а також на діелектричних резонаторах. Фільтри на коаксіальних резонаторах мають низьку добротність, вартість виготовлення і тому широко використовуються тільки для додатків із широкою смугою пропускання. Тим не менш, для задоволення більш жорстким вимогам, зазвичай, використовуються фільтри на ДР.

Більшість фільтрів на ДР використовують або $TE_{01\delta}$ (одномодовий режим) або $HE_{11\delta}$ (двохмодовий режим) типи коливань. Одномодовий режим, зазвичай, дає кращі показники добротності Q , але за рахунок використання вдвічі більше резонаторів. В роботі [4] запропонований високо ефективний двухмодовий резонаторний фільтр Ка-діапазону. Для досягнення більш високих значень добротності, робочим типом коливання є $HE_{12\delta}$. Запропонований фільтр характеризується більш широкими робочим діапазоном та смугою пропускання. Подібність даної конструкції з більш розповсюдженими конструкціями $HE_{11\delta}$, в результаті, призводить до спільного використання елементів з коливаннями обох типів.

В даній доповіді вперше досліджується вищий тип коливання «квадрупольного» типу, який має більш високу добротність. Згідно [5] розподіл полів в діелектрику (область всередині ДР на рис.1) матиме вигляд:

$$e_x^{(1)} = \frac{h_1 i \omega \mu_0 \beta_z}{k_1^2 - \beta_y^2} \cdot \cos \beta_x x \cdot \sin \beta_y y \cdot \cos \beta_z z,$$

$$e_z^{(1)} = \frac{h_1 i \omega \mu_0 \beta_x}{k_1^2 - \beta_y^2} \cdot \sin \beta_x x \cdot \sin \beta_y y \cdot \sin \beta_z z, \quad (1)$$

$$e_y^{(1)} = 0,$$

$$h_x^{(1)} = -\frac{h_1 \beta_x \beta_y}{k_1^2 - \beta_y^2} \cdot \sin \beta_x x \cdot \cos \beta_y y \cdot \sin \beta_z z,$$

$$h_z^{(1)} = \frac{h_1 \beta_y \beta_z}{k_1^2 - \beta_y^2} \cdot \cos \beta_x x \cdot \sin \beta_y y \cdot \sin \beta_z z,$$

$$h_y^{(1)} = h_1 \cdot \cos \beta_x x \cdot \sin \beta_y y \cdot \sin \beta_z z.$$

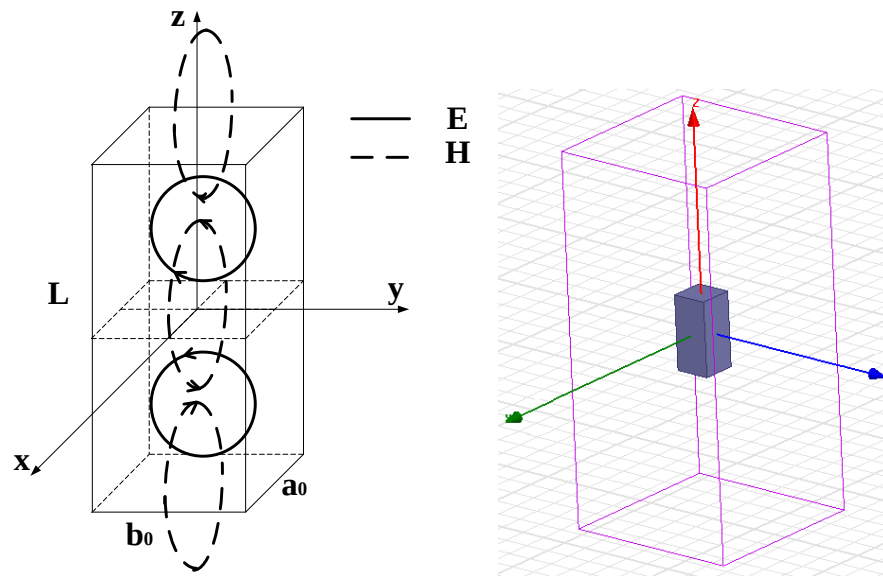


Рис. 1. Розподіл електромагнітних полів досліджуваного типу коливання.

Припускаючи, що на бічній поверхні резонатора виконуються умови "магнітної стінки", граничні умови матимуть вигляд:

$$\begin{cases} h_{x|z=\pm L/2} = 0, \\ h_{z|x=\pm a_0/2} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Умова неперервності полів на границі резонатор – вакуум при $y = b_0/2$ означає рівність тангенційних складових відповідних поперечних компонент магнітного та електричного полів. В результаті було отримане наступне характеристичне рівняння, яке використовувалось для побудови залежності, показаної на рис. 2:

$$\beta_y \cdot \operatorname{ctg}\left(\beta_y \frac{b_0}{2}\right) = \beta_{0y}, \quad (3)$$

Для електродинамічного аналізу власних коливань діелектричних резонаторів застосовувався метод кінцевих елементів, реалізований в САПР HFSS.

Передбачалось, що ДР має розміри: $a_0 = 7\text{ мм}$, $b_0 = 7\text{ мм}$, $L = 15\text{ мм}$ та $\varepsilon_r = 36$ (рис. 2). Структура оточена вакуумною призмою. Результат розрахунку резонансної частоти за результатом моделювання: $f_{0\_HFSS} = 5,58\text{ ГГц}$, добре узгоджується із розрахованим значенням згідно (1): $f_{0\_розрах} = 5,69\text{ ГГц}$. Похибка складає 1,9%.

На рис.3 показані розподіл електричного та магнітного поля досліджуваного типу коливання на частоті 5,58 ГГц.

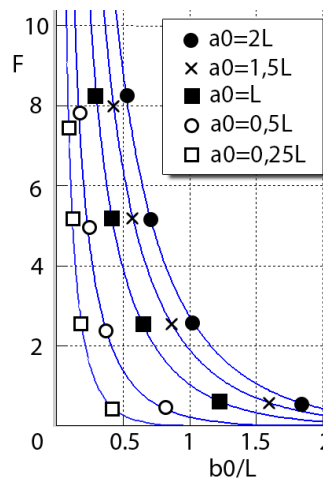


Рис.2. Залежність нормованої резонансної частоти від розмірів прямокутного ДР.

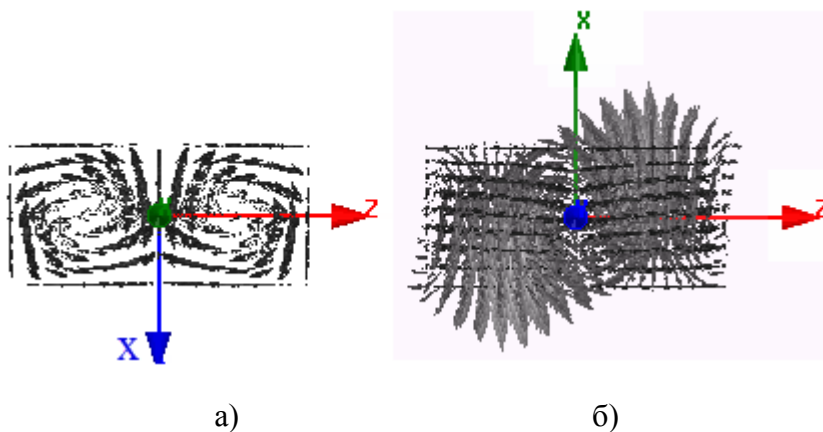


Рис. 3. Розподіли Е- (а) та Н- (б) полів ДР.

Висновки

Окреслені перспективні напрямки досліджень ДР. Розраховані частоти власних коливань «квадрупольного» типу прямокутного ДР з використанням методу кінцевих елементів та методу магнітної стінки. Досліджено розподіл полів власних коливань ДР.

Показано, що результати розрахунку аналітичним методом добре узгоджуються із отриманими результатами методом кінцевих елементів.

Література

1. Пат. 6262639 Об'єднані Штати Америки, H01P 1/20, H01P 7/10, H01P 7/04. Bandpass filter with dielectric resonators/ Shu T.W., Yoo Y.Ch., Jang Ch.S., Ryu H.J., Seo S.D.; заявник, патентовласник "ACE Technology". - № 6262639 B2; заявл. 27.05.1999; опубл. 17.08.2001.
2. Пат. 8111115 Об'єднані Штати Америки H01P 7/10, H01P 11/00. Method of operation and construction of dual-mode filters, dual band filters, and diplexer/multiplexer devices using half cut dielectric resonators /Mansour R.R., Memarian M.; заявник, патентовласник "Com Dev International Ltd., Cambridge". - № 8111115 B2; заявл. 21.01.2010; опубл. 07.02.2012.
3. New Radiating Mode in a Cylindrical DRA to Produce Broadside High Gain Radiation/ D. Guha, A. Banerjee, Y. M. Antar // presented at the IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp., Toronto, Canada, 2010, 4 ст.
4. Banerjee A. Investigations into HEM₁₂ δ Mode Radiating From a Cylindrical Dielectric Resonator Antenna/ A. Banerjee, D. Guha// General Assembly and Scientific Symposium, 2011 XXXth URSI, 4 ст.
5. *Ильченко М.Е.* Электродинамика диэлектрических резонаторов / М.Е. Ильченко, А.А. Трубин. — К.: Наук. думка, 2004. — 264 с.

АДАПТИВНАЯ ГИСТОГРАММНАЯ ЭКВАЛИЗАЦИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАЗМЕРОМ ОКРЕСТНОСТИ

Начаров Д.В., Михайлюк Ю.П.

Севастопольский национальный технический университет, denis_nacharov@list.ru

Variable-contextual-region-size adaptive histogram equalization

The results of variable-contextual-region-size adaptive histogram equalization in application to the bad weather images correction are presented.

Снижение видимости в сложных метеоусловиях, к которым относятся туман, дымка, дождь, снег и другие, может являться причиной возникновения чрезвычайных ситуаций во многих областях человеческой деятельности, и, в частности, на автомобильном, речном и морском транспорте. Одним из наиболее актуальных подходов к улучшению видимости является обработка цифровых ТВ изображений. Как показано в предыдущих работах, в частности в [1, 2], искажения изображений, полученных в сложных метеоусловиях, являются зависимыми от глубины сцены и, следовательно, проявляются на изображении неравномерно. Одним из способов учета такой неравномерности при контрастной коррекции изображений является применение локально адаптивных методов обработки, к которым относится, в частности, адаптивная гистограммная эквализация [3]. В докладе приведены результаты исследования возможности повышения эффективности обработки за счет применения окрестностей переменного размера.

Задачей адаптивной гистограммной эквализации является локальное усиление контраста. При такой обработке изображение разделяется на области, в каждой из которых производится гистограммная эквализация. Таким образом, параметры обработки адаптируются к характеристикам локальных областей обрабатываемого изображения. Для совмещения областей обработка производится с использованием некоторой окрестности; окрестности соседних областей перекрываются. Степень усиления контраста в обрабатываемой области определяется размером окрестности [2].

Ухудшение контраста изображений, полученных в сложных метеоусловиях, характеризуется прямой зависимостью от глубины сцены: чем дальше расположен объект от наблюдателя, тем в большей степени снижен его контраст. Соответственно, более удаленные объекты требуют большего усиления контраста, чем менее удаленные. Учет такого характера ухудшения контраста в пределах сцены можно осуществлять путем изменения размеров окрестности обрабатываемых областей при адаптивной гистограммной эквализации.

Поскольку степень ухудшения контраста объектов определяется их удаленностью от регистрирующего устройства, для выбора размеров окрестности может использоваться карта глубины сцены обрабатываемого изображения. При этом области, которым соответствует малая глубина, следует обрабатывать с большим размером окрестности, и наоборот. Исследование производится с использованием базы синтетических изображений, воздействие метеофактора (тумана) на которых моделируется с помощью известных карт глубины [4].

В работе рассмотрены варианты применения линейной и нелинейной зависимостей размеров окрестностей обрабатываемых областей от глубины сцены. Характер зависимости описывается выражением

$$R = 1 - D^\alpha,$$

где R — нормированный размер окрестности обрабатываемой области; D — нормированная глубина сцены изображения; α — показатель степени.

На рис. 1 показаны графики зависимостей нормированного размера окрестности от нормированной глубины сцены; зависимости 1 соответствует значение $\alpha = 1$ (линейная зависимость), зависимостям 2 и 3 — $\alpha = 2$ и $\alpha = 0,2$, соответственно.

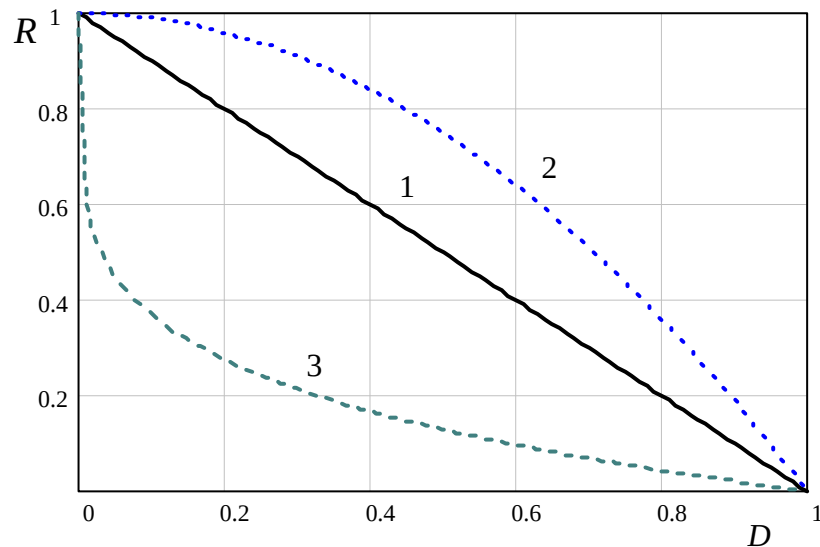


Рис. 1 — Зависимости нормированного размера окрестности обрабатываемой области от нормированной глубины сцены

На рис. 2, а показано исходное изображение из базы [4]. На рис. 2,б...г показаны результаты адаптивной гистограммной эквализации с переменным размером окрестности. Изображению, показанному на рис. 2, б соответствует значение $\alpha = 1$, изображениям на рис. 2,в,г — значения $\alpha = 2$ и $\alpha = 0,2$. В пределах диапазона глубины сцены размер окрестности изменяется от 10 до 100 пикселей при размере обрабатываемого изображения 480×640 пикселей.

Как видно из рис. 2, наилучшим результатом усиления локального контраста характеризуется случай $\alpha = 0,2$, что соответствует значительному изменению размера окрестностей для областей, имеющих небольшую глубину. Однако этот вывод основывается на качественной оценке изображения и требует подтверждения путем количественной оценки, например, с помощью методики оценки локальных контрастов, описанной в [5].

Следует отметить, что использование окрестностей различных размеров не влияет на качество совмещения обрабатываемых областей.

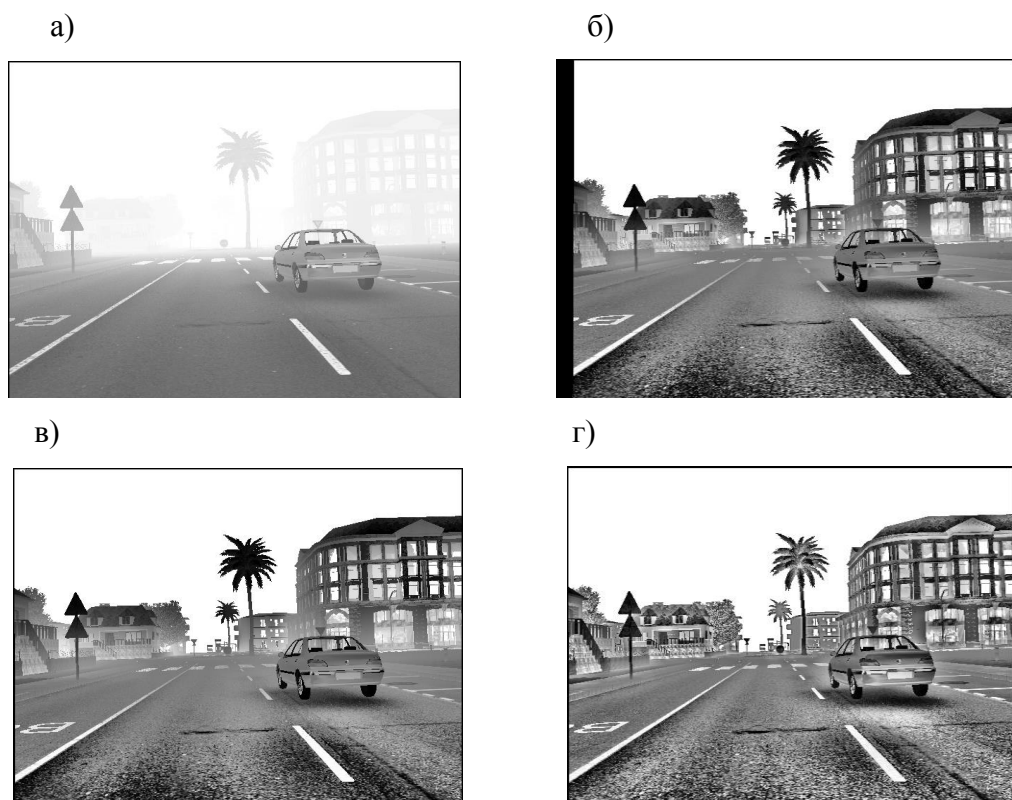


Рис. 2 — Результаты адаптивной гистограммной эквализации с переменным размером окрестности

Таким образом, использование различных размеров окрестности при адаптивной гистограммной эквализации позволяет повысить эффективность обработки изображений, полученных в сложных метеоусловиях, без ухудшения качества совмещения обрабатываемых областей. Задачей дальнейших исследований является количественная оценка результатов адаптивной гистограммной эквализации с переменным размером окрестности.

Литература

1. Начаров Д.В. Коррекция искаженных метеофакторами цветных цифровых изображений // Материалы МНТК «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2012». — Севастополь: СевНТУ, 2012. — С. 338.
2. 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.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — М.: Техносфера, 2006. — 1072 с.
4. FRIDA (Foggy Road Image DAtabase) / LCPC. — <http://www.lcpc.fr/english/products/image-databases/article/frida-foggy-road-image-database>. — 17.11.2012.
5. Михайлюк Ю.П. Количественная оценка эффективности контрастной коррекции цифровых телевизионных изображений / Ю.П. Михайлюк, Д.В. Начаров // Вестник СевНТУ. Сер.: Информатика, электроника, связь: сб.науч.тр. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. — Вып. 131. — С.160 — 163.

СУБГАРМОНИЧЕСКИЙ СМЕСИТЕЛЬ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ МУЛЬТИГИГАБИТНЫХ СИСТЕМ

Коломиец А.Н., Коновальчук Ю.С.

Институт телекоммуникационных систем

e-mail: anastasiya.kolomiets@gmail.com, coffee100@i.ua

Subharmonic mixer 80 GHz for multi-gigabit systems

This paper presents a model of subharmonic mixer, built on a pair of anti-parallel diodes. The mixer has a frequency of 80 GHz. The results of research of key indexes and characteristics are represented in the graphic form.

Требованиями к большинству систем телекоммуникаций миллиметровых волн являются компактные размеры, низкая стоимость производства, малое энергопотребление для реализации высокопроизводительных приемо-передающих устройств, а эксплуатировать такие системы следует в широкой полосе частот [1]. Одной из важных составляющих этих систем является смеситель, который преобразует частоты сигналов.

Смесители частот можно классифицировать по таким признакам: 1) По принципу построения: - активные; - пассивные. 2) по режиму работы: - непрерывный; - ключевой. 3) по симметричности относительно выхода: - несбалансированные; - сбалансированные. 4) по преобразованию частоты: - вверх по частоте (усиление); - вниз по частоте (потери преобразования).

Механизм смешивания большинства смесителей обеспечивают колебания гетеродина (LO), позволяющие добиться необходимого преобразования частот. Однако, с увеличением рабочей частоты, увеличиваются уровни фазовых шумов и уменьшается значение мощности на выходе устройства. Использование субгармонического смесителя (СГМ) является наиболее распространенным подходом, который позволяет использовать сигнал гетеродина (LO) при относительно высокой частоте. Это делает LO источники более надежными и менее дорогими.

При такой конструкции радиочастотный сигнал будет смешиваться со второй гармоникой сигнала гетеродина. Таким образом, гетеродин может работать в половину мощности, что упрощает его реализацию. Использование анти-параллельной пары диодов позволяет подавлять любую четную гармонику гетеродина (LO), а также не требует подачи постоянного тока [2].

Учитывая [3], диоды с барьером Шоттки лежат в основе конструкции субгармонического смесителя, рассматриваемого в данной работе. Схема предназначена для понижающего преобразования RF путем смешивания с фиксированной LO. Ответвитель на компланарных линиях является ключевым компонентом для субгармонических смесителей. Хотя использование ответвителя на компланарных линиях в микрополосковой реализации ведёт к большим потерям, это необходимо для достижения хорошей развязки между портами, что является критически важным для работы смесителя.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

Математическую модель задачи реализации данного устройства можно представить в виде функции V трех переменных:

$$V = (A, B, C), \quad (1)$$

где A, B – входные и выходные составляющие соответственно;

C – метод или технология реализации.

Применительно к рассматриваемой системе, A и B обозначают входные и выходные качественные показатели соответственно:

$$A = (f_{RF}, f_{LO}, LO_{power}, \dots)^T, \quad (2)$$

$$B(A) = (f_{IF}, ConvLoss, I, \dots)^T, \quad (3)$$

где f_{RF} – частота сигнала на входе смесителя;

f_{LO} – частота гетеродина;
 LO_{power} – мощность гетеродина;
 f_{IF} – промежуточная частота;
 $ConvLoss$ – потери преобразования;
 I – развязка.

Схема субгармонического смесителя, реализующая задачу (1-3) построена на паре антипараллельных диодов по причине [2], представлена на рисунке 1.

Целью работы является получение оптимальных качественных и количественных показателей субгармонического смесителя в диапазоне сверхвысоких частот.

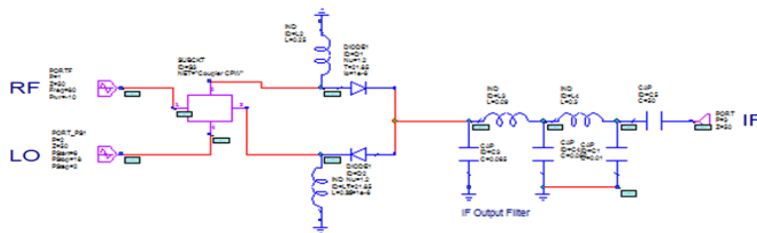


Рис 1. Схема субгармонического смесителя

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Субгармонический

смеситель обладает следующими качественными и количественными показателями:

- 1) **Рабочая частота** 80 ГГц;
- 2) **Коэффициент шума** пассивных смесителей численно равен потерям преобразования.
- 3) **Потери преобразования.** Наличие больших вносимых потерь преобразования смесителя также нежелательно, особенно при применении пассивных смесителей. Рассматриваемый смеситель обладает потерями преобразования на частоте 80 ГГц при уровне мощности 14 дБм. -11.465 дБ (Рис. 2).

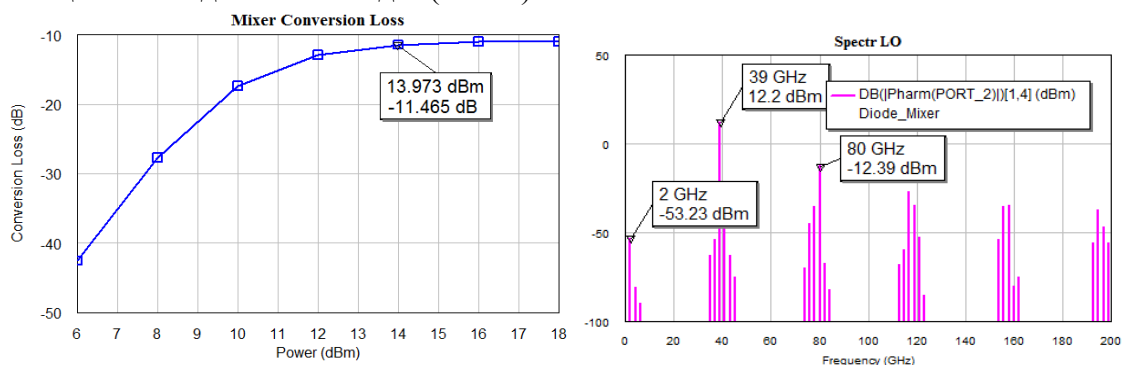
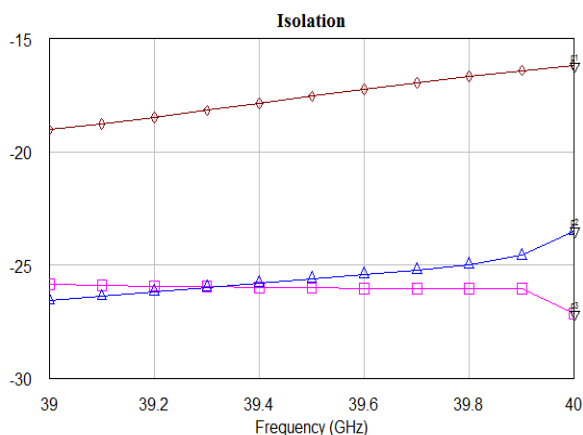


Рис. 2. График зависимости потерь преобразования при изменении мощности на частоте 80 ГГц.

Рис 3. Спектр гетеродинного сигнала при мощности 12 дБм на частоте 80 ГГц.

4) **Гетеродинный сигнал.** Идеальный смеситель не был бы чувствителен ни к уровню гетеродинного сигнала, ни к уровням содержащихся в нём кратных гармоник, но в реальном случае параметры гетеродина должны соответствовать параметрам смесителя. Спектр LO сигнала изображен на рис. 3.

5) **Развязка.** Развязка представляет собой параметр, характеризующий степень подавления паразитного сигнала, приложенного к какому-либо порту смесителя, на два других вывода. На частоте 80 ГГц развязка между портами LO-RF составляет -20 дБ. Графики зависимостей от частоты изображены на рис. 4.



Важной характеристикой схемы является простота разработки и реализации. Учитывая требования [1], требования к показателям и простоту реализации, можно сделать вывод, что данный смеситель обладает оптимальными характеристиками для мультитигабитных систем.

Рис. 4. Зависимость развязки между портами LO-RF, RF-IF, LO-IF от частоты.

Литература

1. Millimeter-Wave MMICs and Applications Thesis by Matthew Alexander Morgan -2003 - 159
2. S. A. Maas, Microwave Mixers, Second Edition, Artech House, 1993.
3. Uhm, W.-Y., W.-S. Sul, H.-J. Han, S.-C. Kim, H.-S. Lee, D. An, S.-D. Kim, D.-H. Shin, H.-M. Park, and J.-K. Rhee, "A high performance v-band monolithic quadruple sub-harmonic mixer," *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, Vol. 2, 1319-1322, June 2003.

СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНО-ДЕМОНСТРАЦИОННОГО МАКЕТА НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОЙ АППАРАТНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ В ЦЕЛЯХ ОБУЧЕНИЯ

Лесик М.В., Курдеча В.В.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ "КПИ", :maksym@lesyk.org.ua

Creation of the laboratory and demonstration model based on the programmable hardware computing platform for education

Considered features the creation of universal digital monitoring system, the algorithm of creation of the model which is based on technologies -duino and provides simplicity of assembly and starting of the assembled model.

Введение

Предпосылки к созданию средств удаленного мониторинга появились в тот момент, когда возникла необходимость отслеживать состояние системы, к которой нет локального доступа. Причин отсутствия доступа может быть несколько:

- Территориальная удаленность системы;
- Недоступность вследствие физических ограничений безопасности;
- Отсутствие физических средств локального доступа

Целью этой статьи является повышение качества обучения учащихся в ВУЗах путем изучения на практике создания универсальной цифровой системы мониторинга, с использованием программируемых контроллеров.

Основная часть

Перед студентами, стоит задача приобретения навыков с использованием реальной аппаратуры и устройств на практике, в этом случае лабораторные работы помогают получить эти навыки. Создание макета можно представить следующим алгоритмом (рис 1):



Рис 1. Алгоритм создания макета на основе –duino платформы

Математически алгоритм можно представить так:

1. **A** – определение требований к макету

2. На основе требований к макету нужно сформировать требования к программному и аппаратному обеспечению.
 - а. Требования к программному обеспечению можно описать как $X1 = F(A)$
 - б. Требования к аппаратному обеспечению можно описать как $X2 = Y(A)$
3. Процесс написания программного кода и его отладка описывается как $P = N(X1) = N(F(A))$
4. Выбор компонентов аппаратного обеспечения и его сборка описывается как $H = M(X2) = M(Y(A))$
5. Общее тестирование программного обеспечения на аппаратной части описывается как $Z(P, H)$
6. И результат – создание макета:
 $K = Z(P, H) = Z(N(X1), M(X2)) = Z(N(F(A)), M(Y(A)))$

Разработанная система состоит из различных датчиков соединенных в одну сенсорную сеть. Каждый датчик решает собственную локальную задачу: измерение влажности и температуры окружающей среды, регистрирование удара, наличие движения, питания сети и др. На основе этих функционалов можно организовать такие службы мониторинга как:

- Система охранного мониторинга (может использоваться в качестве дополнения к существующим охранным системам для увеличения их надежности).
- Система климат-контроля (многофункциональное решение для автоматизированного управления различными устройствами такими как кондиционеры, отопители, световые установки и т.д.)

Также есть возможность связать всю систему с GSM-каналом что может применяться для уменьшения расхода электричества, воды и т.д. в жилых домах.

Далее рассмотрено несколько аппаратных платформ, в частности приведена таблица характеристики трех контроллеров фирм Texas Instrumentals (TI), Arduino и CraftDuino. Частота микроконтроллеров плат одинаковая, память у представителей Arduino и CraftDuino в несколько раз больше чем у представителя TI, также и больше количество цифровых разъемов ввода/вывода. Существует еще множество клонов представленных платформ, но в статье представлены самые достойные. Хотя по цене представители Texas Instrumentals и CraftDuino выигрывают, но платформа Arduino очень популярна в мире и как результат имеет богатую базу сайтов с различными библиотеками, проектами и обзорами. Также из ее преимуществ можно выделить:

- Не нужен программатор
- Проект Arduino полностью открытый
- Стандартизация расположения выводов — это делает её привлекательной для производителей, которые выпускают новые платы расширения.
- Кроссплатформенная среда разработки

Поэтому для разработки макета была выбрана именно она.

Табл 1. Сравнительная характеристика аппаратных платформ для построения макета

Характеристика	TI LaunchPad	Arduino Uno	CraftDuino
МК	MSP430G2553	ATMega 328	ATMega 328
Частота	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Flash	16 kB	32 kB	32 kB
RAM	512 b	2 kB	2 kB

Цифровые I/O	8	14	14
Аналоговые I/O	8	6	6
Цена платы	\$4.30	~\$30	~\$23

Arduino – это инструмент для проектирования электронных устройств более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности.

Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами.

Далее рассмотрено пример использования данного устройства в реальной жизни. Поставлена задача каким-либо способом измерять влажность почвы и, в зависимости от результата, сигнализировать о необходимости полить растение. Тогда можно будет избежать пересушивания или наоборот чрезмерного увлажнения почвы.

Для начала нужно собрать и проанализировать информацию о характере изменения сигнала от датчика влажности. Для этого сделан простой макет, который будет принимать сигнал от датчика и сохранять его для последующего анализа.

Для этого из аппаратного обеспечения понадобилось:

- [Датчик влажности почвы](#)
- [Arduino Uno R3](#)
- [Ethernet Shield](#)

На график выводятся нормированные значения, полученные по формуле

$$\text{SensorValue} = 100 \cdot \frac{\text{ADCResult}}{1023}$$

Далее после нескольких дней наблюдения за состоянием влажности почвы наблюдаются изменения графика с течением времени в зависимости от того поливали растение или нет:

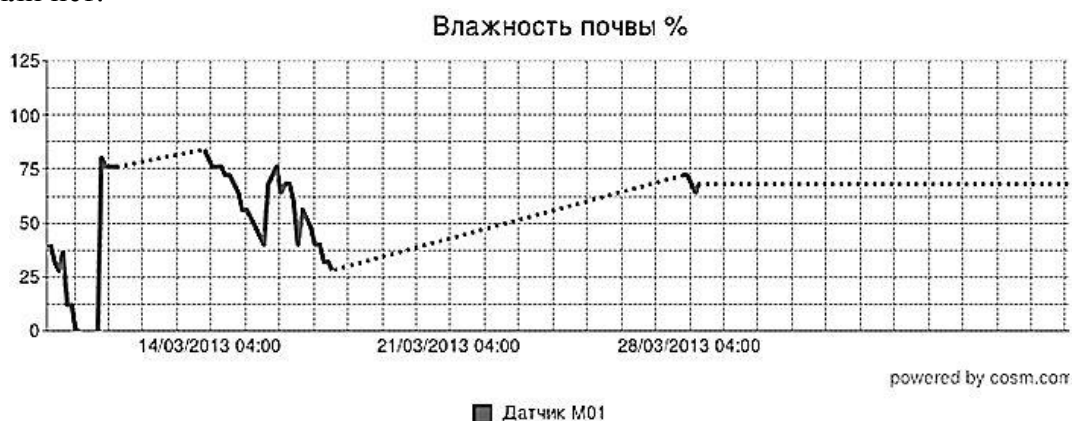


Рис 2. График влажности почвы

Заключение

В статье рассмотрены особенности построения универсальной цифровой системы мониторинга, разработан алгоритм создания макета, который базируется на технологиях - duino. На основе алгоритма представлена математическая модель создания макета, с помощью математической модели было показано, что для получения макета на основе предоставляемых требований необходимо разработать требования к аппаратному и программному обеспечению. Приведено пример реализации системы мониторинга. Таким образом, решена задача повышения качества обучения студентов путем приобретения новых навыков на основе работы с лабораторным макетом.

Литература

1. Официальный сайт компании, Эл. ресурс: <http://arduino.cc/>
2. RoboCraft, Эл. ресурс <http://robocraft.ru/blog/arduino/>
3. Форум о конструкторах fischertechnik, Эл. ресурс <http://pacpac.ru/forum>
4. Сайт платформы Freeduino, Эл. ресурс <http://freeduino.ru>

**ПОБУДОВА ШИРОКОСЕКТОРНИХ АНТЕН НА ОСНОВІ
НИЗЬКОПРОФІЛЬНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ**

¹Шацький І.О., ²Романюк А.В.

1-Військова частина А1906

2- Національний технічний університет України “КПІ”, igorsh88@mail.ru

Construction sector antennas widely from low-emitters

Practical design of compact antenna device with the ability to obtain broad sectoral radiation field in the azimuth plane.

Забезпечення необхідних зон покриття при організації мереж зв'язку (зокрема радіозв'язку) є одним з найважливіших завдань, що постійно потребує нових технічних рішень в сфері антенної техніки. В залежності від особливостей побудови мереж радіозв'язку висуваються жорсткі вимоги саме до антени базової станції з формування поля випромінювання, насамперед, в азимутальній площині, від ненаправленого до секторного.

Практика побудови секторних, зокрема широкосекторних антен, завжди викликала певні конструктивні труднощі, вирішення яких в кінцевому етапі приводило до ускладнення конструкції антенного пристрою, що в свою чергу негативно відображалось не лише на масогабаритних показниках та компактності, а й на надійності роботи в цілому. Тому питання, що пов'язані із розробкою компактних та простих конструктивних рішень антенного пристрою чи модернізації вже існуючих мають практичну цінність та є актуальними в наш час.

Широкі функціональні можливості в плані формування заданих характеристик направленості в азимутальній площині можуть забезпечити антенні решітки, випромінюючими елементами яких є симетричні вібратори, що розташовані над плоскою чи циліндричною поверхнею (рис.1).

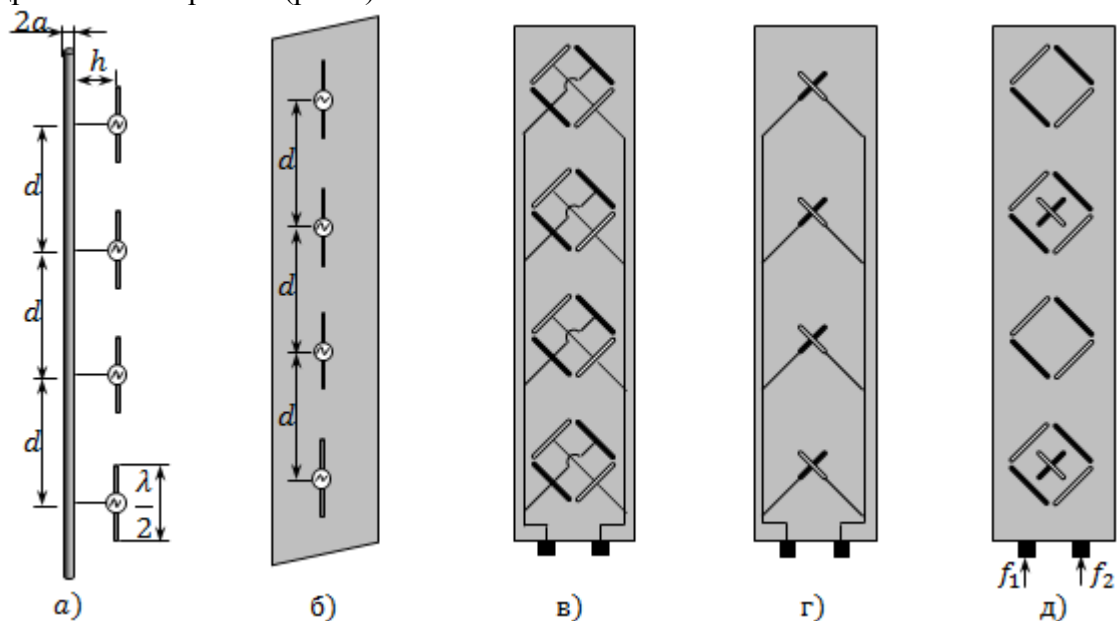


Рис. 1. Конструктивне виконання антенних решіток вібраторного типу
(а – над трубою; б – з плоским екраном; в, г – кросполяризаційні; д – двохчастотна)

Таке конструктивне рішення хоч і дає можливість формувати як секторне, так і широкосекторне поле випромінювання в азимутальній площині, проте це досягається шляхом ускладнення конструкції та збільшення розмірів антенного пристрою.

Одним з напрямків розвитку антенної техніки є використання в якості елементів антенної решітки низькопрофільних випромінювачів. Такі антени є простими у виготовленні, мають велику стабільність параметрів і жорстку конструкцію, можуть працювати як з лінійною, так і круговою поляризацією поля [1], проте низькопрофільна антена (НПА) з квадратною формою випромінюючого елемента не дає змогу отримати діаграму направленості з широким (понад 90°) сектором випромінювання в площині вектора $\mathbf{H}$ [2].

З метою розширення зовнішніх електричних характеристик НПА щодо формування нею широкосекторного поля випромінювання в азимутальній площині, пропонується застосувати двоелементну дугову антенну решітку (рис. 2). Розміри такого антенного пристрою будуть тим компактніші чим меншим буде радіус R решітки та кут згину γ .

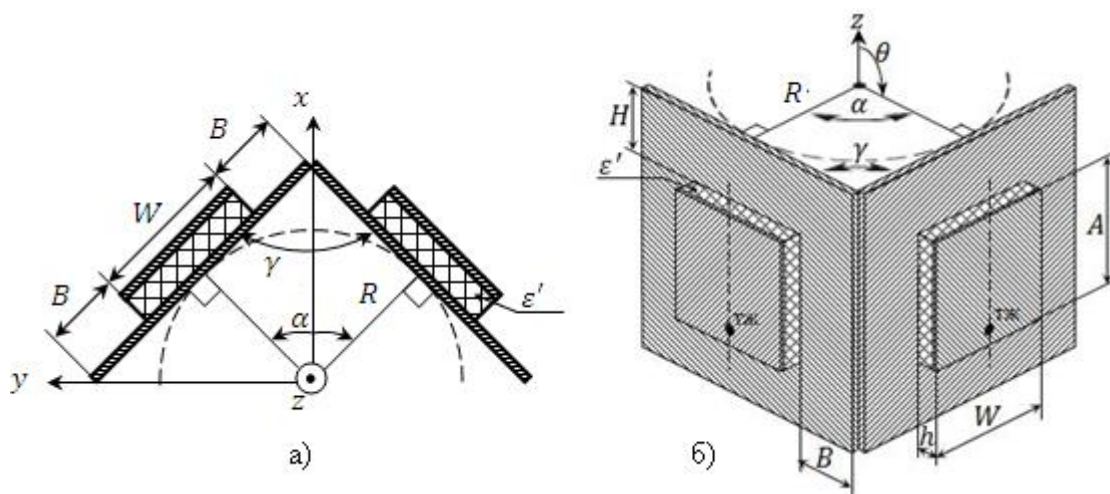


Рис. 2. Двоелементна дугова антенна решітка на основі низькопрофільних випромінювачів
(а – вигляд зверху; б – загальний вигляд конструкції)

Згідно теорії про кільцеві антенні решітки розрахунок характеристики направленості (ХН) такого типу антени можна здійснити за формулою [3]:

$$f(\theta, \varphi) = \sum_{i=1}^N f_0(\theta, \varphi - \varphi_i) \cdot e^{ikR \cos(\varphi - \varphi_i) \sin \theta}, \quad (1)$$

де: $f(\theta, \varphi)$ – ХН кільцевої решітки; $f_0(\theta, \varphi - \varphi_i)$ – ХН окремого випромінювача із врахуванням його кутового розміщення φ_i ; kR – електричний радіус решітки;

N – кількість випромінювачів (θ, φ) – сферичні координати.

Із конструкції секторного випромінювача (рис. 2а) наглядно слідує, що кут між випромінюючими елементами γ залежить від W – ширини верхньої пластини та від ϵ' – відносної діелектричної проникності діелектрика, вони суттєво впливають на геометричні розміри випромінювача в цілому, а відповідно і на його форму та ширину діаграми направленості (ДН).

На рис. 3 подано деякі результати теоретичних розрахунків ДН за формулою (1). При розрахунках розглядалися варіанти: $W = 0,5\lambda$; $W = 0,75\lambda$; при $B = \lambda_0/4$ і $B = 0$, $\lambda = \lambda_0/\sqrt{\epsilon'}$

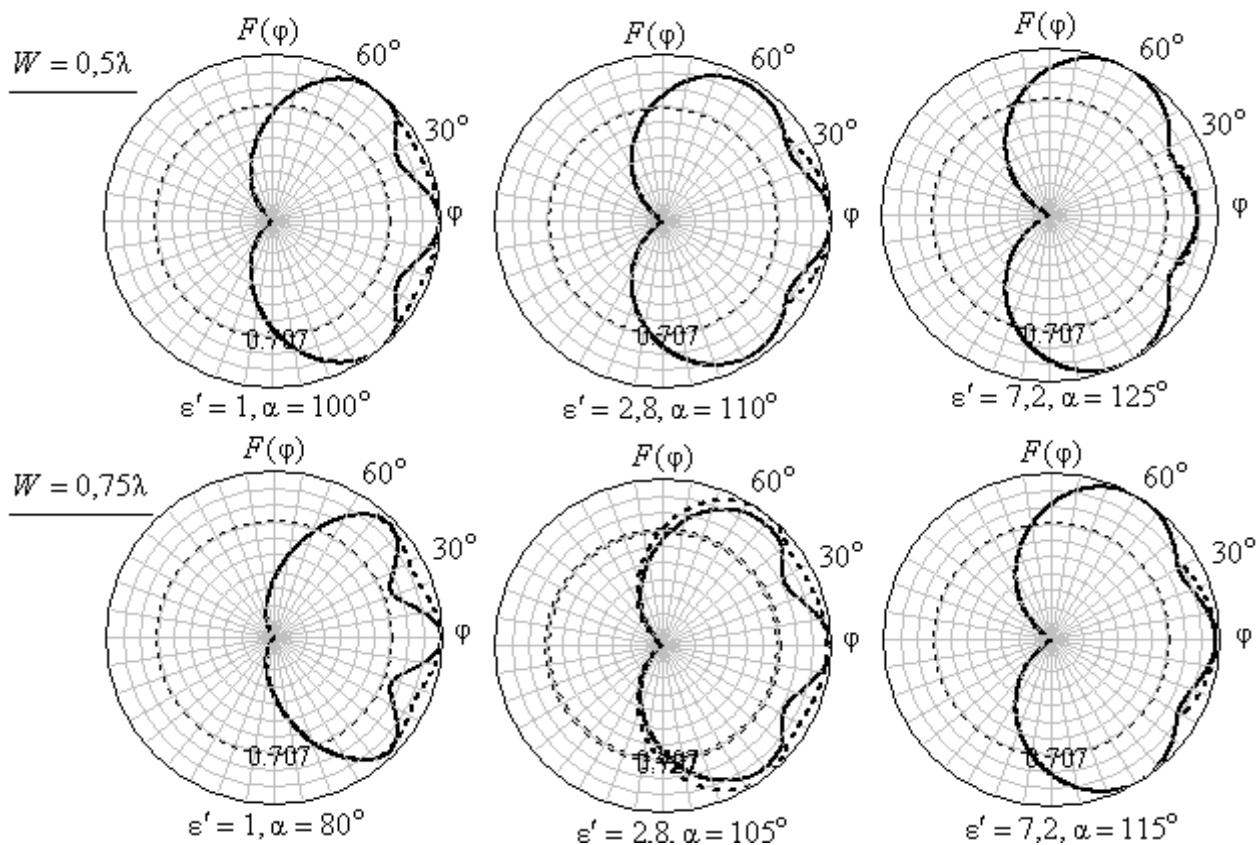


Рис. 3. ДН в площині вектора H двоелементної дугової низькопрофільної антенної решітки (суцільна лінія при $B = \lambda_0/4$, пунктирна – $B = 0$)

Таким чином, застосування НПА в якості випромінюючого елемента двохелементної дугової решітки надає змогу створити компактний антенний пристрій, застосування якого розширить можливість традиційних НПА з плоским екраном в плані формування широкосекторних діаграм направленості в азимутальній площині. На відміну від симетричного вібратору, який розташований над циліндричною поверхнею, практична реалізація запропонованої конструкції можлива в усьому дециметровому діапазоні довжин хвиль.

Література

1. Ломан В.И. Микрополосковые антенные устройства / Ломан В.И., Ильинов М.Д. – М. : Зарубежная радиоэлектроника. – № 10, 1981. – С. 99 – 115 с.
2. Ільїнов М.Д, Мацаєнко А.Н., Шацький І.О. Антена базової станції з секторною діаграмою направленості в азимутальній площині / Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ «КПІ» - Київ, 2010 р, № 1.
3. Резников Г.Б. Антенны летательных аппаратов / Резников Г.Б. – М. : Сов. радио, 1967. – 415 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ АДАПТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ В КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ

О.І. Лисенко, Л.О. Афанасьєва

Національний технічний університет України «КПІ», a_i_lysenko@voliacable.com

liana.afanasyeva@gmail.com

Analysis of algorithms for adaptive filtering to improve efficiency signal processing communications channel

The purpose of the study is the development and analysis of new algorithms for adaptive filtering of non-Gaussian signals in communication channels. It is suggested the algorithm for selection signal to background noise. Possible options for constructing an optimal filter for different forms of output are considered on the example.

Необхідність передачі все більшого об'єму даних виникає потреба у використанні для цього не лише спеціально виділених для цього каналів, але й менш якісних каналів (з комутацією), а також радіоканалів різного виду. Тому, побудова високошвидкісних систем передачі дискретних повідомлень, що використовують стохастичні канали зв'язку, є досить актуальним з огляду на те, що кількість переданої по каналах зв'язку інформації безперервно збільшується.

При швидкісній передачі дискретних повідомлень по стохастичним каналах зв'язку виникає безліч проблем, пов'язаних з урахуванням різного роду адитивних завад. Наприклад, при використанні каналів зв'язку короткохвильового діапазону особливо характерна ситуація присутності в них зосереджених по спектру перешкод, які є негаусовськими випадковими процесами. Наявність цих перешкод обумовлено, наприклад, великим числом радіозасобів, одночасно працюючих в каналі на близьких частотах.

Стохастичні канали зв'язку з характерним для них ефектом розсіювання енергії переданого сигналу в часі (обмеження смуги частот, багатопроменевого розповсюдження), за частотою (завмирання, доплерівські зміщення) і в просторі неминуче ускладнюють пристрій обробки прийнятого сигнального поля, тому на виході каналу поточна реалізація поля виявляється залежною від стану каналу в попередні моменти часу в різних точках розглянутої просторово-частотній області обробки. Флуктуаційні і зосереджені перешкоди (у часі, по частоті і в просторі) додатково ускладнюють завдання прийому дискретних повідомлень в стохастичних каналах.

Існує безліч робіт, що присвячені адаптивної фільтрації сигналів, в яких розглядається алгоритм найменших середніх квадратів і алгоритми, які є його модифікацією, а також досліджуються алгоритми зі змінним кроком адаптації. Останнім часом інтерес багатьох дослідників пов'язаний з синтезом оптимальної функції помилки, що дозволяє реалізувати алгоритм адаптивної фільтрації негаусовських випадкових процесів з високими якісними показниками.

Звичайний спосіб оцінки сигналу, спотвореного адитивною перешкодою полягає в тому, щоб пропустити суміш сигналу і завади через фільтр, який прагне подавити заваду, залишаючи відносно незмінним сигнал. Синтез таких фільтрів становить область оптимальної фільтрації, перші роботи по якій належать Вінеру, а також Калману, Б'юсі та іншим авторам

Фільтри, що використовуються для вирішення цих завдань, можуть мати постійні параметри або бути адаптивними. Синтез фільтрів з постійними параметрами обов'язково заснований на апіорних відомостях про сигнал і завади, а адаптивні фільтри мають властивість автоматично перебудовувати свої параметри, і при їх синтезі майже не потрібно апіорних відомостей про властивості сигналу і завади.

Пригнінчення завад є різновидом оптимальної фільтрації, яка має значні переваги в багатьох прикладних програмах. При цьому використовується допоміжний або еталонний вхідний сигнал, що отримується від одного або декількох датчиків, розташованих в тих точках поля завад, де сигнал є слабким або не виявляється. Цей вхідний сигнал завади фільтрується і виділяється з суміші сигналу і завади. У результаті вихідна завада пригнічується або послаблюється.

На перший погляд виділення завади з прийнятого сигналу має свої негативні сторони. При неправильній фільтрації може зрости потужність завади на виході системи. Однак у багатьох випадках при управлінні фільтрацією і виділенні завади за допомогою відповідного адаптивного процесу пригнічення завади майже не призводить до спотворення сигналу і зростання рівня завади на виході.

В умовах, коли можливе застосування адаптивного пригнічення завад, часто можна досягти такого послаблення, якого важко або неможливо домогтися прямими методами фільтрації.

Розглянемо на прикладі знаходження оптимальної системи виявлення сигналу, що несе інформацію Z , який визначається лінійним рівнянням $\dot{Z} = a_1 Z + a_0 + \psi V$ у випадку прийому сигналу $X = b_1 Z + b_0 + \psi_1 V$, де V - білий шум інтенсивності ν . В цьому випадку параметр θ має два можливих значення $\theta_1 = 1$ (сигнал Z присутній в сигналі, що приймається) та $\theta_2 = 0$ (приймається лише шум). Рівняння, що визначає сигнал Z , запишеться у вигляді

$$\dot{Z} = \theta(a_1 Z + a_0) + \theta \psi_1 V.$$

Рівняння

$$d\hat{Z}_k = [a(\theta_k, t)Y + a_1(\theta_k, t)\hat{Z}_k + a_0(\theta_k, t)]dt + \beta_k \{dY - [b(\theta_k, t)Y + b_1(\theta_k, t)\hat{Z}_k + b_0(\theta_k, t)]dt\} \\ (k=1, \dots, N),$$

$$\text{де } \beta_k = [R_k b_1(\theta_k, t)^T + (\psi \nu \psi_1^T)(\theta_k, t)](\psi \nu \psi_1^T)^{-1}(t) \quad (k=1, \dots, N),$$

що визначає умови оптимальної оцінки сигналу Z при гіпотезах $\theta = 1$ та $\theta = 0$, мають вигляд

$$\dot{\hat{Z}}_1 = a_1 \hat{Z}_1 + a_0 + \beta_1 (X - b_1 \hat{Z}_1 - b_0),$$

$$\hat{Z}_2 = \beta_2(X - b_1\hat{Z}_2 - b_0).$$

Апостеріорна вірогідність q_1 присутності сигналу Z визначається рівнянням ($q_1 + q_2 = 1$ при всіх t)

$$\dot{q}_1 = (\hat{Z}_1^T - \hat{Z}_2^T) b_1^T q_1 (1 - q_1) (\psi_1^T \nu \psi_1^T)^{-1} [X - q_1 b_1 (\hat{Z}_1 - \hat{Z}_2) - b_1 \hat{Z}_2 - b_0]$$

Оптимальна система виявлення в даному випадку є послідовним з'єднанням двох паралельно з'єднаних фільтрів Калмана-Бьюсі, що виробляють відповідні умовні оцінки $\hat{Z}_1$ та $\hat{Z}_2$ сигналу Z , пристрою, що інтегрує диференціальні рівняння, що визначає апостеріальну вірогідність q_1 сигнала Z , та граничного пристрою, що видає сигнал тривоги(сигнал, що свідчить про присутність Z) у випадку, коли q_1 стає більше 1/2. Якщо завада в спостереженнях є результатом перетворення білого шуму формуючим фільтром, то сигнал X , що приймається піддається попередньому перетворенню.

Метою дослідження є розробка та аналіз нових алгоритмів адаптивної фільтрації негаусовських сигналів в каналах зв'язку.

Література

1. Пугачев В.С. Стохастические дифференциальные системы. Анализ и фильтрация. / В.С. Пугачев, И.Н. Сеницын. – 2-е изд., доп. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1990. – 632 с.
2. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. / В.С. Пугачев – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 496 с.
3. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Стринз; пер. с англ. под ред. В. В. Шахгильдяна. - М.: Радио и связь, 1989. — 440 с.
4. Haykin, S. Adaptive filters. / S. Haykin // IEEE Transactions on Communications. 1995. - Vol. 7. - P. 547-553.
5. Уидроу Б., Стринз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1989. — 440 с.
6. Lo B.C.W. Adaptive equalization and interference cancellation for wireless communication systems // IEEE Trans. Communications. 1999. - Vol. 47. - №4. - P. 538-545.

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Лысенко А.И., Новиков В.И.

НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем, novikov1967@ukr.net

Open problems of wireless sensor networks

The report presents some current research in the field of sensor technology, and ideas for further development.

Сенсорные сетевые технологии развиваются быстрыми темпами благодаря сокращению размеров сенсоров и развитию средств передачи данных. Тем не менее, в этой области еще существует ряд нерешенных проблем. В данном докладе представлены некоторые текущие направления исследований в области сенсорных технологий и идеи их дальнейшего развития.

Архитектура беспроводных сенсорных сетей. Принципы построения сенсоров, сенсорных сетей и их основные характеристики проанализированы в [1].

Положение узлов в сенсорной сети не всегда бывает predetermined, т. е. возможно случайное развертывание сети даже в труднодоступных местах. Это означает, что сенсорные сети должны обладать способностями самоорганизации (self-organisation). Самообразование и непрерывная самореорганизация сети в течение всего времени функционирования крайне важны для успешного развертывания и эксплуатации таких сетей.

Новые качества сенсорных сетей могут быть реализованы с помощью различных сетевых архитектур. Архитектура, в частности, зависит от способа передачи: непосредственная или multihop. В то же время сенсорные сети могут состоять из идентичных узлов (homogenous network) или узлов, различающихся по возможностям передачи, хранения и обработки данных (heterogenous network). При проектировании архитектуры беспроводной сенсорной сети всегда достигается компромисс между стоимостью и функциональностью.

Архитектура сенсорной сети достаточно сильно зависит от приложения. Инфраструктура, требуемая для приложения, полностью зависит от его потребности. Одна из целей разработки архитектуры состоит в том, чтобы позволить компоненту, созданному для одной системы, применяться в других системах. Это приводит к определению общих компонентов архитектуры и инфраструктуры, необходимых для построения определенного класса приложений. При этом принимается во внимание, что система должна решать конкретные задачи, такие как получение информации о топологии сети, управление топологией, маршрутизация, подвижность и т. д.

Разработка архитектуры с низким энергопотреблением и масштабируемостью — пока нерешенная проблема в области архитектуры беспроводных сенсорных сетей.

Data fusion. В сенсорных сетях различные узлы могут «наблюдать единственное явление». Следовательно, одна из ключевых функций сенсорной сети — агрегирование распределенных наблюдений в единую оценку наблюдаемого явления. Этот процесс известен как data fusion — «слияние данных».

В большинстве приложений сенсорных сетей сенсоры используются для извлечения данных об окружающей среде. Как только данные собраны несколькими источниками (например, сенсорами, размещенными около интересующего события), они отправляются через промежуточные узлы (multi-hop) к единственному узлу назначения (приемнику). Часто сведения, полученные соседними сенсорами, избыточны и похожи. Появляется потребность в data fusion. Вместо того, чтобы передавать все данные к центральному узлу для обработки, данные обрабатываются локально и сокращенное комбинированное сообщение отправляется (возможно через промежуточные узлы) к приемникам. Data fusion сокращает количество пакетов, которые будут переданы узлами. Таким образом, улучшается использование канала и уменьшается расходуемая энергия. Преимущества data fusion особенно заметны в крупномасштабной сети.

Если data fusion рассматривается вместе со сбором данных и их распространением, то обычная маршрутизация, использующая наикратчайшие пути от источников к приемнику, неоптимальна. Маршрутизация, принимающая в расчет агрегирование данных в сети вдоль маршрутов от источников к приемнику, обладает лучшей энергоэффективностью и коэффициентом использования канала, особенно при большом количестве источников и/или источниках, расположенных близко друг к другу (далеко от приемника).

На рис. 1 приведено сравнение обычной маршрутизации на основе наикратчайшего пути и маршрутизации, основанной на data fusion.



Рис. 1

Источник 1 в качестве следующего узла для передачи выбирает узел А при обычной маршрутизации (рис. 1, а) и узел Б при data fusion-маршрутизации (рис. 1, б). Узел Б является пунктом агрегирования данных (с данными от источника 2). В результате при data fusion-маршрутизации будет передано меньшее количество пакетов.

Стратегии для data fusion могут быть классифицированы в зависимости от того как выполняется «слияние данных»: централизованно, на древообразной структуре (tree-based) или на кластерной (cluster-based).

Централизованное data fusion требует, чтобы все пакеты данных отправлялись от источников до приемника, не выполняя процедуры data fusion. Данные отбираются и агрегируются непосредственно в приемнике.

Tree-based стратегии [2] требуют построения древообразной структуры передачи от источника до приемника. Узлы в дереве агрегируют полученные пакеты и передают их дальше к приемнику.

Cluster-based стратегии предполагают, что узлы собраны в группы, которые могут быть статическими или динамическими. Когда узлы (сенсоры) в группе обнаруживают наблюдаемое явление, они передают собранные данные в центр группы (cluster head), в котором эти данные агрегируются и передаются в агрегированном состоянии к приемнику. Очевидно, что динамическая реконфигурация группы требует взаимодействия узлов. При этом появляется возможность периодически изменять центр группы.

Эффективность процедуры data fusion зависит от многих факторов: протокола маршрутизации, схемы управления доступом к каналу связи, надежности построенной древообразной структуры или кластерной структуры для data fusion. Кроме того, топология сети и плотность узлов играют решающую роль в улучшении работы схем. Следует отметить, что стратегия data fusion, реализованная только на отдельном уровне протокольного стека, неоптимальна. Cross-layer-подход для data fusion, включающий канальный и сетевой уровни, более перспективен. Включение транспортного уровня для data fusion может принести положительный эффект и уменьшить вероятность перегрузки сети (congestion).

Кроме рассмотренных в докладе открытых проблем в области сенсорных сетей связи, к важным направлениям, которые необходимо исследовать, можно отнести: управление топологией сети, подвижность сенсоров, определение ограничений по пропускной способности, совместная передача данных и распределенное детектирование явлений.

Литература:

1. Кучерявый Е.А., Молчан С.А., Кондратьев В.В. Принципы построения сенсоров и беспроводных сенсорных сетей // Электросвязью.- 2006.-№6.
2. Krishnamachari B., Estrin D., Wicker S.B. The Impact of Data Aggregation in Wireless Sensor Networks / ISDCSW 2002.

МЕТОДИ РЕДУКЦІЇ ТА ЗГОРТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Лисенко О.І., Прищеп Т.О.

Національний технічний університет України «КПІ», prischepa@i.ua

Optimization methods of expert quality of telecommunications systems

Solving problems of optimization parameters and modes of operation of the system is the prerogative of developers.

However, expert activities in the development of telecommunication systems aimed at making judgments about the appropriateness Assessment (by some optimality criterion) of a technical solution. In addition, an important task that requires expert judgment, is to assess the range of values of quality at existing limitations. It should be noted that the level of detail and quality optimization techniques used by developers and experts may differ substantially.

Solution to these problems expert activity, based on only traditional expert-based approach to knowledge, experience and intuition expert, at the present level of development of telecommunications technology becomes impossible.

Розв'язання задач оптимізації параметрів і режимів функціонування системи вважається прерогативою її розробників.

Однак експертна діяльність в процесі розробки ТКС спрямована на вироблення оцінювального судження про доцільність (оптимальності по якомусь критерію) того чи іншого технічного рішення. Крім того, важливим завданням, що вимагає рішення експерта, є оцінка досяжності значень показників якості при діючих обмеженнях, наприклад вартісного і технологічного характеру. Слід зазначити, що рівні деталізації показників якості і методи оптимізації, що використовуються розробниками та експертом, можуть істотно розрізнятися.

Вирішення цих та багатьох інших завдань експертної діяльності, на основі тільки традиційного експертного підходу, заснованого на глибоких знаннях, досвіді та інтуїції експерта, при сучасному рівні розвитку інфотелекомунікаційних технологій стає неможливим.

Якість процесу функціонування ТКС оцінюється системою показників $\vec{Y} = (\vec{Y}_1, \dots, \vec{Y}_n, \dots, \vec{Y}_N)^T$, що відповідають основним її властивостям. Формалізована мета дослідження - критерій оптимальності $I_n = \min L(Y, Y_{\text{тр}})$ - формулюється на основі цільової функції $L(Y, Y_{\text{тр}})$, що включає систему показників, а також вказівки щодо пошуку її екстремуму (min, max, minmax, maxmin та ін.) Зазвичай використовуються такі основні види цільових функцій: проста $L = (Y - Y_{\text{тр}})$; модульна $L = |Y - Y_{\text{тр}}|$; квадратична $L = [Y - Y_{\text{тр}}]^2$.

Наявність безлічі різних і зазвичай суперечливих критеріїв оптимальності проекрованої ТКС породжує проблему багатокритеріальної (векторної) оптимізації процесу її функціонування. Основними труднощами на шляху її вирішення є необхідність скорочення

розмірності (редукція) векторного критерію оптимальності (ВКО), нормалізація та подальша скалярізація (згортка) його компонент.

В докладі розглядаються варіанти вирішення проблеми багатокритеріальної оптимізації процесу функціонування проекрованої ТКС.

Для скорочення розмірності використовується метод, оснований на оцінці рівня лінійної незалежності окремих компонент векторного критерію. За цим методом для обчислення елементів матриці M коефіцієнтів кореляції ВКО $\rho\{\rho_{nn'}\}$ можна задати вираз

$$\rho_{nn'} = \frac{K(I_n, I_{n'})}{\sigma(I_n)\sigma(I_{n'})} = \frac{\sum_{l=1}^M \sum_{l'=1}^M [I_{nl} - \bar{I}_n][I_{n'l'} - \bar{I}_{n'}] P_{ll'}}{\sqrt{\sum_{l=1}^M [I_{nl} - \bar{I}_n]^2 P_{nl} \sum_{l'=1}^M [I_{n'l'} - \bar{I}_{n'}]^2 P_{n'l'}}}, \quad (1)$$

де $K(I_n, I_{n'}) = M[I_n, I_{n'}]$ – матрична взаємна кореляційна функція n -го та n' -го критеріїв, діагональні члени якої є дисперсіями n -х критеріїв, інші члени характеризують рівень лінійної незалежності будь-якої пари критеріїв; n, n' – номери критеріїв оптимальності; $l=1, \dots, M$ – номери дискретних значень критеріїв; $I_n = \sum_{l=1}^M I_n P_{nl}$ – середнє значення критерію; $P_{nl}, P_{n'l'}$ – вірогідності прийняття $n(n')$ -м критерієм значення l ; $P_{ll'}$ – сумісна вірогідність прийняття n -м критерієм l -го значення та n' -м критерієм l' -го значення.

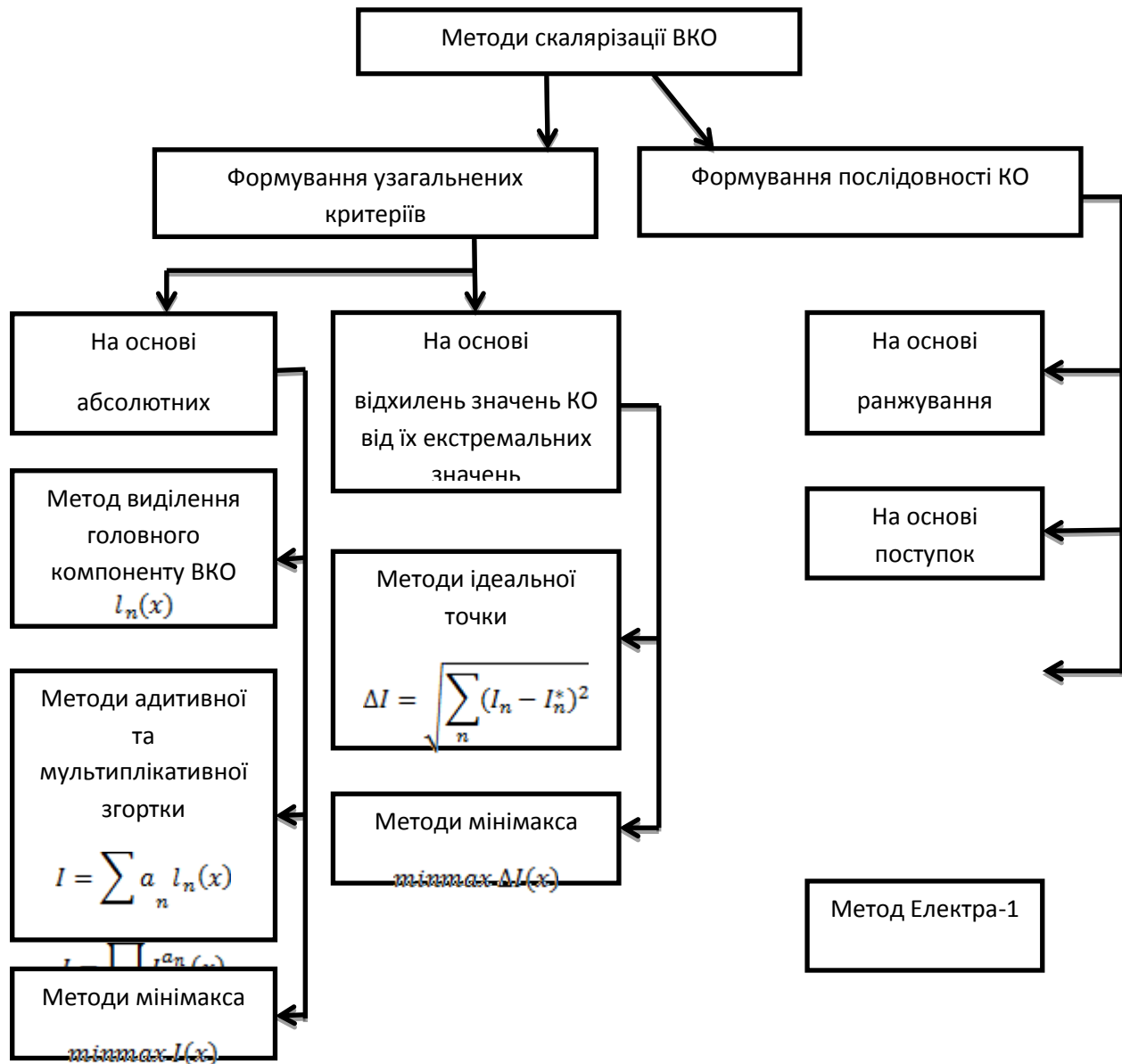
Редукція системи критеріїв проходить шляхом видалення з вихідної системи тих критеріїв $I_{n'}$, значення яких в матриці коефіцієнтів кореляції $\{\rho_{nn'}\}$ вище 0,95.

Процес нормалізації містить етапи переходу до однієї розмірності, зведення до однієї точки відліку та перехід до одного масштабу.

$$I_n^{(H)}(\vec{x}; k) = c_n I_n(\vec{x}; k) + d_n, \quad (2)$$

де $c_n = 1/(I_n^*(\vec{x}; k) - I_n^0(\vec{x}; k))$ – масштабний коефіцієнт;
 $d_n = -I_n^0(\vec{x}; k)/(I_n^*(\vec{x}; k) - I_n^0(\vec{x}; k))$ – коефіцієнт здвигу, що коректує початок відліку;
 $I_n^{(H)}, I_n^*, I_n^0$ – нормоване, найбільше, найменше значення критеріїв.

До основних методів скалярізації відносяться методи, що основані на послідовності оптимізації за окремими критеріями, і методи, що основані на отриманні узагальнених скалярних критеріїв.



Література

1. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: ЭкоТрендз, 2000 – 239 с.
2. Стеклов В.К., Кильчинський Є.В., Колченко О.В. Архітектура мережі управління телекомунікаціями: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів – К.: 2001.
3. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / В.В. Попівський, С.О. Сабурова, В.Ф. Олійник, С.Ю. Лосєв, Д.В. Агєєв та ін. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006 – 564 с.
4. Ненадович Д.М. Методологические аспекты экспертизы телекоммуникационных проектов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 280 с.: ил.

PUSHBROOM SENSOR REAL-TIME ADAPTIVE ANOMALY DETECTION

¹S.A. Stankevich, ²V.A. Yatsenko, ¹A.V. Vasko, ¹M.I. Gerda, ³A.V. Romanjuk

1- Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, Kiev, Ukraine

2-Space Research Institute, Kiev, Ukraine

3-National Technical University of Ukraine „Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Introduction

Chemical and biological agents' detection using unmanned airborne system (UAS) is an important and urgent challenge [1]. There are modern unmanned platforms (Fig.1) available in Ukraine [2], airborne spectrometer imaging systems are designed now [3], optimal cooperative search methods for groups of unmanned vehicles are developed [4]. The main problem of airborne imagery data processing is a requirement to detect target in near real-time, preferably on board an unmanned vehicle immediately. For this purpose the detection algorithm must be a low-cost in computational power.



Fig.1. Transporter-launcher for “Kazhan” UAS

Imagery processing

Most modern airborne imaging systems for target search and detection are based on pushbroom image acquisition technology [5]. Pushbroom scanner assembles the image sequentially line by line. It is very convenient for real-time processing. Image processing task is fast detection of anomaly image lines for further detailed analysis.

Common idea of image processing is the following: the current line is a statistical sample of target or background. Which one is compared with the already collected background statistics. If the statistical separability threshold is exceeded then the line is marked as anomalous, else – as a background one and the cumulative statistics is updated. Iterative update of pushbroom imagery statistics provides an in-flight adaptive tuning of decision rule and anomaly detection confidence level improvement over time. In the case of multidimensional imagery such as multispectral/hyperspectral, at first it is necessary to extract some quantitative feature, which well-characterizes the target anomaly. In vegetation analysis such features may be various vegetation indexes, plant phytometric parameters, certain pigments contents, chemical/biological contaminants spectra etc [6].

The pushbroom sensor imagery processing dataflow is explained by the Fig.2 dataflow diagram.

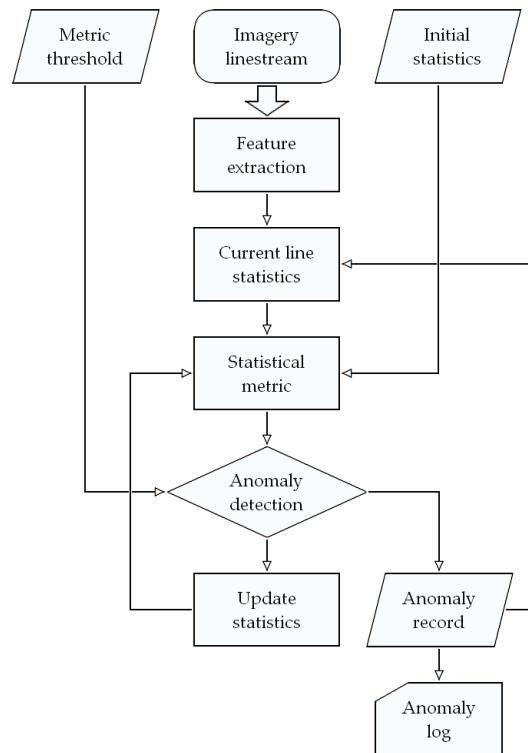


Fig.2. Pushbroom sensor anomaly detection dataflow

Demo results

According to the above described approach the Geosystem 3-DAS-1 airborne pushbroom sensor [7] multispectral imagery processing is carried out to detect the vegetation anomalies in real time. The source multispectral image was recalculated into a soil-adjusted vegetation index (SAVI) line by line. The Bhattacharyya distance was used as statistical metric [8]. Decision on the anomaly presence was made if the predefined probability threshold was exceeded, as shown in Fig.3.

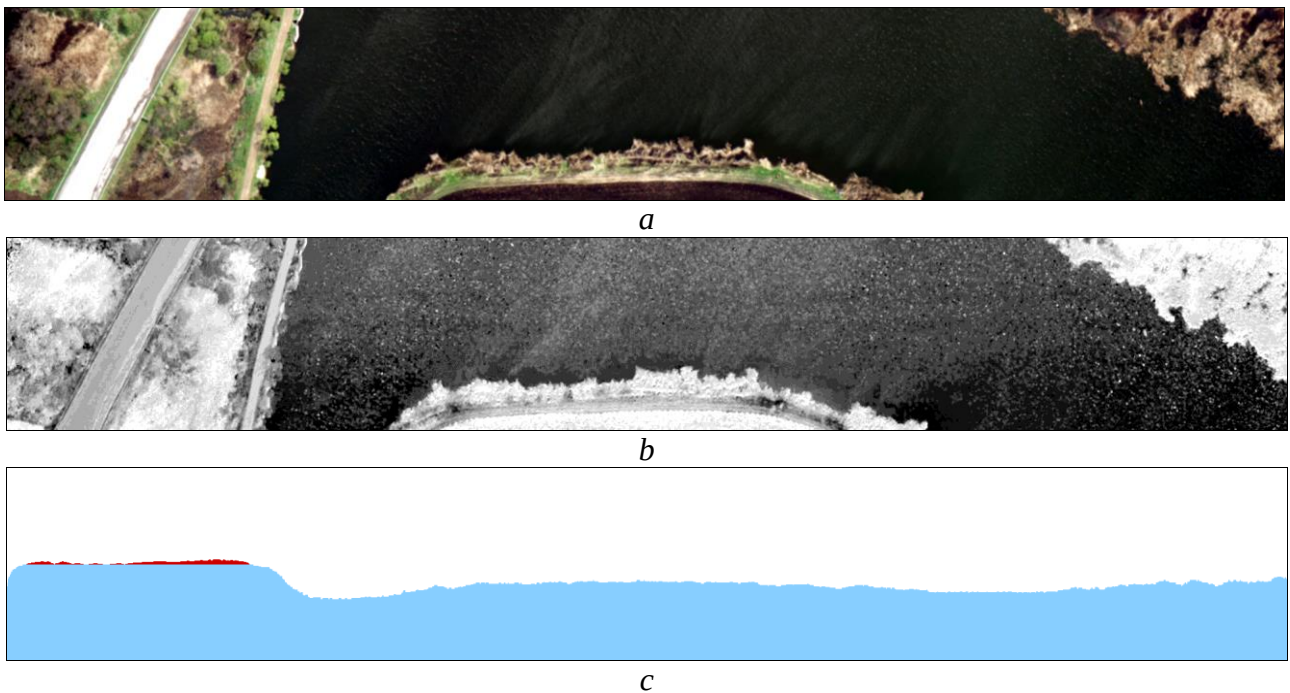


Fig.3. 3-DAS-1 pushbroom sensor imagery processing

- a* – 3-DAS-1 airborne pushbroom sensor source image (pseudo-natural color composite)
- b* – soil-adjusted vegetation index (SAVI) of source multispectral image
- c* – adaptive anomaly detection log of SAVI pushbroom image

Conclusion

The proposed approach will be useful for preliminary mapping of target segments on images from unmanned airborne systems. This is especially important for networks of automatic sensors mounted on various platforms [9]. The developed algorithms are suitable to implement into the on-board system for image processing in real time. Future research should be directed at developing embedded algorithms for automatic feature extraction of chemical and biological agents from airborne multispectral imagery.

References

1. Yatsenko V.A., Stankevich S.A., Khandriga P.A., Semeniv O.V., Ponomarenko S.A. Remote sensing of chemical and biological agents using spectrometric data // *Proceedings of the Eighth International Conference on Digital Technologies (DT'2011)*. – Žilina: University of Žilina, 2011. – P.285-288.
2. Панчук Д.В. Сравнительный анализ беспилотного авиационного комплекса “Кажан” с зарубежными аналогами // *Технологии безопасности и противопожарной защиты*, 2008. – № 4(34). – С.34-38.
3. Yatsenko V.A., Kochubey S. M., Donets V. V., Khandriga P. A., Chichik P. D. Optical spectrometer and software for remote sensing of vegetation // *Proceeding of Second International Conference on Advanced Optoelectronics and Laser (CAOL'2005)*. – Yalta: IEEE, 2005. – Vol.2. – P.267-269.
4. Yatsenko V.A., Hirsch M.J., Pardalos P.M. Cooperative control of multiple agents and search strategy // *Advances in Cooperative Control and Optimization* / P.M. Pardalos, R. Murphey, D. Grundel, M.J. Hirsch (Eds.). – Gainesville: Springer, 2007. – P.231-263.
5. Petrie G. Airborne pushbroom line scanners // *Geoinformatics*, 2005. – Vol.8. – No.1. – P.50-57.
6. Попов М.О., Станкевич С.А., Козлова А.О. Технічні аспекти визначення стану рослинності урбанізованих територій з використанням дистанційних методів // *Матеріали доповідей Першої Всеукраїнської конференції з запрошенням закордонних учасників “Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки України”*. – Київ: Наукова думка, 2008. – С.70-75.
7. Padgett J., Wehrli G. Geosystem develops and produces high resolution trilinear pushbroom airborne scanner // *Professional Surveyor Magazine*, 2008. – No.10. – P.43-46.
8. Morgan B.J.T. *Analysis of Quantal Response Data*. – London: Chapman & Hall, 1992. – 512 p.
9. Яценко В.О., Станкевич С.А., Семенів О.В. Дистанційне детектування біохімічних агентів на основі використання мережі датчиків // *Матеріали Шостої міжнародної науково-технічної конференції “Проблеми телекомунікацій-2012” (ПТ-2012)*. – Київ: ІТС НТУУ “КПІ”, 2012. – С.252-254.

This research was supported financially by the STCU (Project # 5240)

Сжатие спектрограмм с потерями на основе ДКП

¹А.Н. Земляченко, ¹В.В. Лукин, ²М.А. Попов,

²С.А. Станкевич, ³В.Н. Петрова

1- Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

2- Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины

3- Национальный технический университет Украины «КПИ»

Spectrograms lossy compression based on DCT

Methods for spectrograms lossy compression are described, which based on discrete cosine transform (DCT) and provided compression errors at level of noise.

Системы гиперспектрального дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с аэрокосмических носителей широко применяются для решения разнообразных народнохозяйственных задач. При классификации зондируемых поверхностей применяются образцы спектрограмм различных материалов и растительных покровов. Такие образцы должны либо храниться в специальных библиотеках, либо передаваться по линиям связи (по запросу) в соответствующие пункты обработки принятых данных дистанционного мониторинга. Поскольку для каждого типа материала имеет место вариативность спектрограмм, разнообразие материалов и покровов велико, а число каналов может превышать сотни, то объем таких данных весьма велик. В связи с этим возникает необходимость хранения и передачи наборов спектрограмм в сжатом виде.

Сжатие может осуществляться как без потерь, так и с потерями. Как показали исследования [1], при сжатии спектрограмм без потерь достигаемый коэффициент сжатия (КС) не превышает 1,4 при сжатии первичных данных и имеет несколько большие значения при сжатии набора спектрограмм, что для большинства приложений является недостаточным. Поэтому актуальной является задача разработки методов сжатия с потерями вследствие их способности обеспечить более высокие значения КС при условии обеспечения приемлемого качества (вносимой ошибки) восстановленных данных.

На основе предварительного анализа статистических характеристик помех в спектрограммах показано, что вносимые при сжатии ошибки должны быть сравнимы с уровнем помех. Обеспечить такой уровень искажений можно, используя одномерное дискретное косинусное преобразование (ДКП) в блоках, размеры которых желательно выбирать равными степени двойки.

На предварительном этапе исследований было определено влияние размера блока ДКП и шага квантования (ШК), при которых достигается максимальный КС при допустимых вносимых искажениях.

Для определения оптимальных параметров при сжатии с потерями рассчитана зависимость КС (рис.1а) и среднеквадратической ошибки (СКО) (рис.1б) от размера блока ДКП для различных значений ШК.

На рис. 1 приведены характеристики сжатия одной из спектрограмм мха. К спектрограмме сначала применено ДКП (размер блока от 2 до 2^{11}), затем полученные коэффициенты ДКП проквантованы с ШК от 1 до 20 с последующим сжатием кодером без потерь RK. Аналогичные зависимости получены для других спектрограмм этого же материала, а также для спектрограмм пяти других материалов.

Полученные оценки СКО позволяют рекомендовать выбор коэффициентов ШК при использовании сжатия спектрограмм с потерями. Анализ данных на рис. 1 и других полученных зависимостей показывает, что СКО менее 5 (оцененная дисперсия помех находится на уровне 4...8) достигается при ШК<9. Для таких значений ШК<9 примерно

одинаковая эффективность сжатия имеет место при использовании размеров блоков, равных 32, 64 и 128 отсчетам.

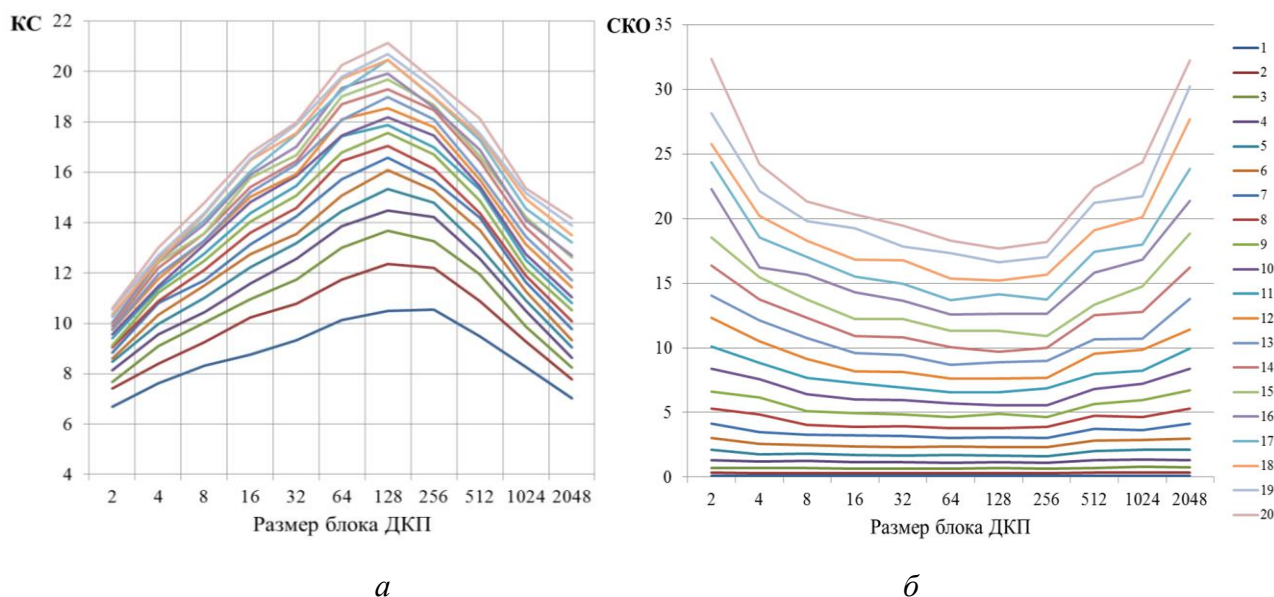


Рис. 1. Зависимость КС (а) и КСО (б) от размера блока ДКП для различных значений ШК (от 1 до 20) на примере спектрограммы мха

Известно, что наиболее эффективные методы сжатия гиперспектральных изображений используют одновременно как спектральную, так и пространственную избыточность данных. Тогда, если в библиотеке есть несколько спектрограмм определенного материала, то их можно представить как изображение небольшого размера (по крайней мере, как двумерный массив данных) и применять методы сжатия, которые уже использовались для сжатия изображений (гиперспектральных данных дистанционного зондирования), или модификации этих методов [2]. Поэтому нами рассмотрены два таких метода, имеющих высокое быстродействие благодаря использованию ДКП и простых операций подготовки данных к сжатию. При сжатии спектрограмм с потерями (назовем это метод 1) к данным сначала применяется ДКП в блоке 128 отсчетов, затем коэффициенты ДКП квантуются при ШК=9 с последующим округлением до ближайших целых и сжатием архиватором RK. При использовании метода на основе сжатия разностных данных (метод 2) первая спектрограмма сжимается так же, как при применении метода 1, а вторая (и последующие) спектрограмма получается путем ее вычитания из предыдущей и дальнейшего сжатия полученных разностей, как для метода 1.

При применении метода 1 (см. полученные графики на рис.2а), КС лежит в пределах от 20 до 23 и практически не отличается для разных спектрограмм одного набора. Использование метода 2 (см. полученные графики на рис.2б) позволяет увеличить КС до двух раз, но наблюдаются вариации достигнутого КС (от 27 до 42) для спектрограмм одного набора. Значение КС для первой спектрограммы метода 2 равно значению КС первой спектрограммы метода 1, что объясняется одинаковым алгоритмом сжатия первой спектрограммы. КСО внесенных искажений (см. рис.3) для данных двух методов практически не отличается и не превышает значение, равное 5.

Аналогичные зависимости были получены для других исследованных материалов, что свидетельствует об универсальности подхода.

Для методов совместного сжатия спектрограмм проведен анализ характеристик вносимых искажений, который позволил рекомендовать использовать шаги квантования до

10 для первой спектрограммы набора и порядка 14...18 для разностных спектрограмм. Наилучшие размеры блоков ДКП, при которых сжатие наиболее эффективно (значения КС максимальны при заданном уровне искажений), равны 128 и 64 отсчета. При этом достигаемый КС обычно превышает 20 для метода 1.

Еще большие значения КС можно достичь, если использовать метод сжатия разностных данных (метод 2). КС при этом могут достигать 27...42, а иногда и больше при том же уровне вносимых искажений.

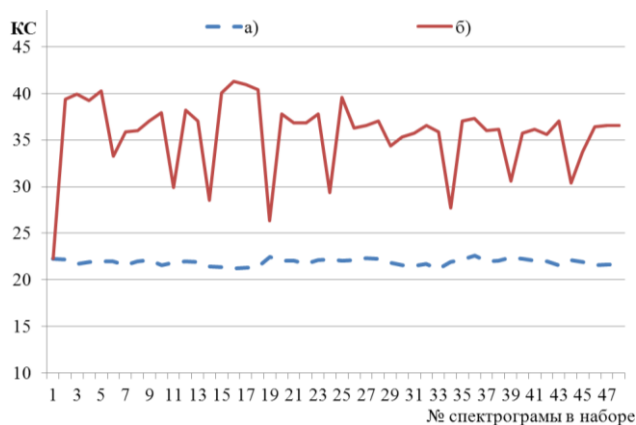


Рис. 2. Зависимость КС от номера спектрограммы в наборе для сжатия первичных данных (а) и сжатия разностных спектрограмм (б) на примере набора спектрограмм дуба

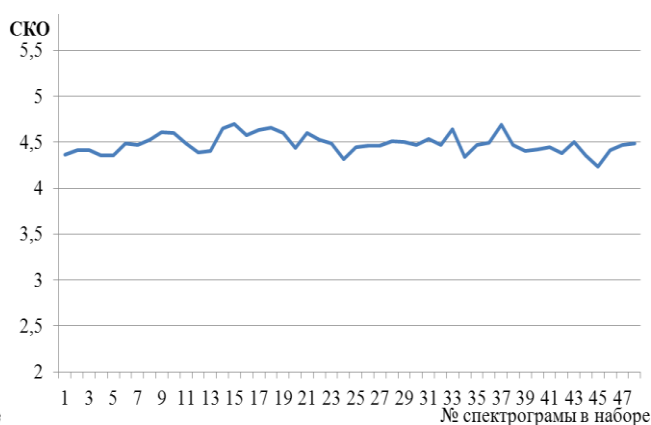


Рис. 3. Зависимость СКО от номера спектрограммы в наборе для сжатия разностных спектрограмм при значении ШК=9 на примере набора спектрограмм дуба

На основе описанных методов разработаны алгоритмы, которые нашли практическое применение в создаваемой в рамках международного проекта электронной базы спектрально-временных характеристик украинских и белорусских контрольно-калибровочных полигонов ДЗЗ.

Литература

1. Лукин В.В. Особенности сжатия спектрограмм / В.В. Лукин, А.Н. Земляченко, А.А. Зеленский, М.А. Попов, С.А. Станкевич, С.П. Ковальчук // Збірник наукових праць 11 Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях”. – Кацивелі: ІТГП НАН України, 2012. – С.38-44.
 2. Зряхов М.С. Сжатие многоканальных ЭКГ на основе предварительной обработки и применения двумерного ДКП / М.С. Зряхов, В.В. Лукин, К.В. Наседкин // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – Вип.1. – Харків: Національний аерокосмічний університет, 2003. – С.18-25.
- Исследование выполнено благодаря финансовой поддержке ГФФИ Украины (проект № Ф41.02

ІНТЕГРОВАНІЙ ВІРТУАЛЬНИЙ ЦЕНТР ДАНИХ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

¹М.О. Попов, ¹С.А. Станкевич, ¹С.Ю. Марков, ¹С.П. Ковальчук,
¹М.В. Топольницький, ²Е.Б. Кудашев, ³В.М. Петрова

1-Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, Київ

2-Інститут космічних досліджень РАН, Москва

3-Національний технічний університет України "КПІ"

Integrated virtual data center for remote sensing applications

Special infrastructure for access to distributed heterogeneous geospatial resources is described. Which one is structured by thematic applications, metadata, special methods of data search and data integration

Вступ

Нині методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) широко застосовуються для вирішення різноманітних тематичних задач, у тому числі для пошуку корисних копалини і енергоносіїв, екологічного моніторингу, топографічного і кадастрового знімання, сільськогосподарського прогнозування, попередження і пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій. Методи ДЗЗ спроможні забезпечувати збирання та оброблення дистанційних даних з великих площ земної поверхні та атмосфери, оперативне надання необхідної інформації для ефективного управління територіями. Сучасні геоінформаційні технології є основою для удосконалення підтримки управлінських рішень за умови якісного вирішення тематичних задач ДЗЗ як основного оперативного джерела вхідних даних.

Щорічно номенклатура, інформативність та конкурентоспроможність наявних у світі геоінформаційних ресурсів неухильно зростають. Але достовірність та оперативність вирішення тематичних задач ДЗЗ не в повній мірі відповідають сучасним вимогам і залишаються в цілому недостатніми.

Проблема

У багатьох випадках це пов'язано з нестійкістю, нестабільністю та обмеженістю доступу до розподілених геоінформаційних ресурсів, таких як аерокосмічні зображення і похідні інформаційні продукти на їх основі, моделі рельєфу місцевості, загальні та тематичні карти, матеріали наземних вимірювань і завірок, дані з калібрування бортових сенсорів, результати попередніх досліджень територій інтересу, тощо. Крім того, поки недостатнє ефективними залишаються процедури сумісного комплексного оброблення зазначених геоінформаційних ресурсів. Наслідком труднощів доступу є неефективність використання або невикористання потенційно наявних геоінформаційних ресурсів при вирішенні майже всіх груп (типів) тематичних задач ДЗЗ, низька достовірність одержуваних результатів і недостатня обґрунтованість управлінських рішень, що приймаються з опорою на них.

Тому навіть часткове подолання зазначених труднощів спроможне забезпечити більш ефективну інформаційну підтримку сталого розвитку територій і регіонів.

Підхід

Основними труднощами, що обумовлюють незадовільність доступу до геоінформаційних ресурсів при вирішенні тематичних задач ДЗЗ, є їх гетерогенність, розподіленість, неструктурованість, складність і багатоформатність даних, а також неефективність наявних систем пошуку і обміну даними.

Подолання вказаних труднощів вимагає вирішення таких задач:

- формалізація системи ресурс-орієнтованого опису *тематичних задач ДЗЗ*;

- удосконалення системи управління *метаданими* розподілених геоінформаційних ресурсів;
- розроблення спеціалізованої автоматичної системи інтелектуалізованого релевантного *пошуку* розподілених геоінформаційних ресурсів, що описуються не тільки текстовою, графічною і числовою інформацією, а містять у своєму опису семантичну складову;
- розроблення нового ефективного інструментарію *інтеграції* гетерогенних геопросторових даних для сигнального (піксельного) рівня.

Методи

Розв'язання поставлених задач полягає через створення та удосконалення спеціальної інфраструктури доступу до розподілених гетерогенних геоінформаційних ресурсів та спирається на великий практичний досвід з вирішення різноманітних тематичних задач ДЗЗ із залученням геопросторових даних.

Тематичні задачі

Для ефективного автоматизованого або автоматичного доступу до розподілених геоінформаційних ресурсів має бути проведено формалізацію і алгоритмізацію визначення переліку геопросторових даних, потрібних для вирішення тематичних задач ДЗЗ, з певного уніфікованого їх переліку – спеціального класифікатора. В основу такого класифікатора можна покласти один з існуючих класифікаторів тематичних задач. Такий класифікатор може добре описувати зовнішню користувацьку тематичну частину людино-машинного інтерфейсу віртуального центру даних, але для створення внутрішньої тематичної частини цього інтерфейсу, призначеної для генерування змістовної частини запитів на пошук локальних або розподілених геопросторових даних, має бути побудовано новий класифікатор тематичних задач, зміст якого перегруповано згідно з типами та характеристиками потрібних геопросторових даних. Також для ефективної трансляції розмитих вимог тематичних задач до даних у формалізовані пошукові запити слід визначити гнучкі (інтелектуалізовані) критерії їх взаємовідповідності.

Метадані

Задля підвищення ефективності спільного використання розподілених геоінформаційних ресурсів має бути проведено гармонізацію метаданих для їх опису з врахуванням особливостей тематичних задач, що вирішуються, та удосконалення каталожних сервісів оброблення геопросторових даних. Для цього потрібна адаптація існуючих профілів метаданих в залежності від конкретних потреб тематичних задач, реалізація механізмів керування вмістом бази метаданих при зміні профілів або використанні динамічних профілів метаданих, врахування семантики даних при формуванні профілів метаданих, розроблення інструментів забезпечення інтероперабельності метаданих.

Пошук

Основна ідея релевантного автоматизованого пошуку полягає в попередньому формуванні списку наявних спеціалізованих геоінформаційних ресурсів, придатних для вирішення тематичних задач ДЗЗ і автоматизованого вибору і звернення до них з метою підбору необхідних геопросторових даних. Передбачається можливість оперативного доповнення та редагування списку зареєстрованих інформаційних ресурсів за необхідністю.

Інтеграція даних

До віртуального центру даних для вирішення тематичних задач ДЗЗ, окрім стандартних, але модифікованих та інтелектуалізованих механізмів каталогізації та пошуку, має бути вбудовано певний інструментарій попереднього автоматичного оброблення одержуваних геопросторових даних, яке можна і повинне виконати до передачі їх користувачеві. Сюди, перш за все, відноситься автоматичне перетворення моделей і форматів даних, перепроецирування багаточарових геоданих до спільної системи координат, регуляризація, виправлення та контроль цілісності і валідності даних.

Пропонується створення інструментів інтеграції гетерогенних геопросторових даних на сигнальному (піксельному) рівні, що забезпечить автоматичне формування регуляризованого растрового гіперкуба вхідних даних. Як показує практика, до 80% витрат на оброблення даних при вирішенні тематичних задач ДЗЗ полягає саме на попереднє оброблення і формування гіперкубів даних.

Перспективи

Отже, впровадження інтегрованого віртуального центра даних описаної структури в практику вирішення тематичних задач ДЗЗ дозволить підвищити оперативність і достовірність одержуваних результатів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на асиміляцію до віртуального центру наявних фізичних і фізико-біологічних моделей, що зараз застосовуються при вирішенні тематичних задач.

Публікації

Кудашев Е.Б., Попов М.А., Марков С.Ю. Распределенная геоинформационная инфраструктура пространственных данных в задачах устойчивого развития территорий // Труды XVI Всероссийской научно-методической конференции “Телематика’2009”. – Т.2. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – С.272-274.

Popov M.A., Markov S.Yu., Topolnitsky M.V., Stankevich S.A., Kudashev E.B. Smart infrastructure of geoinformation resources for remote sensing applications // Proceedings of the Eighth International Conference on Digital Technologies (DT’2011). – Žilina: University of Žilina, 2011. – P.200-204.

Станкевич С.А., Попов М.О., Зайцев О.В., Марков С.Ю., Кудашев Е.Б., Дишлик О.П. Інтегрування гетерогенної просторової інформації при вирішенні нафтогазопошукових задач // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Вип. 2(24). – Львів: Львівська політехніка, 2012. – С.105-110.

Дослідження проведено за фінансовою підтримкою ДФФД України (проект № Ф53.07)

ЧАСТОТНО-АДАПТИВНІ РАДІОЛІНІЇ ТА АЛГОРИТМИ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ

¹М.Д. Огороднійчук,¹ С.А. Станкевич,¹ С.О. Пономаренко,
¹І.Ю. Целіщев, ²В.М. Петрова

1-Державний науково-дослідний інститут авіації,

2-Національний технічний університет України “КПІ”

Frequency-adaptive communication radio links and their operation algorithms

The algorithms for discrete state change of frequency-adaptive communication radio links in modes of duty-reception watch, of connection service setup, of duplex communications operation and reactivation are described.

Зміна параметрів середовища поширення радіохвиль призводить до завмирань радіосигналів. Частотно-адаптивні радіолінії (ЧАРЛ) призначені для підвищення якості зв'язку в умовах цих та інших завад.

Адаптивними називають радіолінії, структура або параметри яких автоматично пристосовуються до зміни умов їх функціонування з метою підтримання необхідного рівня якості зв'язку. В існуючих засобах зв'язку адаптація радіоліній досягається переважно, зміною параметрів використовуваних радіосигналів

$$v(t) = V_m(t) \cos [\omega_0 t + \varphi(t)]$$

і в першу чергу:

– робочої частоти ω_0 , від якої залежить рівень завад в радіоканалі і коефіцієнт згасання радіохвиль;

– ширини смуги частот радіоканалу $\Delta\omega$;

– амплітуди радіосигналу $V_m(t)$, що пов'язана з його потужністю.

Із трьох складових якості зв'язку (своєчасності, скритності, достовірності) адаптивність використовується, переважно, для покращення скритності і достовірності. Підвищення скритності досягається шляхом роботи радіоканалів на мінімально придатних рівнях потужності радіосигналів, а також зміною антенних пристроїв. Останнє являє собою зміну структури радіолінії. Підвищення достовірності зв'язку може досягатись шляхом зміни будь-якого з перерахованих вище параметрів [1].

В короткохвильових (КХ) радіолініях, де рівень завад залежить, головним чином, від випромінювання сторонніх радіостанцій, доцільним напрямком адаптації є зміна робочої частоти.

Адаптивні радіолінії являють собою поєднання ліній радіозв'язку з лініями телеконтролю (ТК) і телеуправління (ТУ). Як лінії дуплексного радіозв'язку вони містять два передавачі, два приймачі і кінцеву апаратуру двох абонентів. Для забезпечення адаптації на кожній стороні необхідно безперервно контролювати: достовірність зв'язку в поточному робочому каналі і рівні завад в резервних каналах.

Цей контроль достовірності слід виконувати в обох каналах дуплексної радіолінії, і в разі незадовільної достовірності кожна радіостанція має передавати іншій радіостанції сигнали ТУ про необхідні зміни параметрів радіосигналів.

Розрізняють два різновиди адаптивних радіоліній:

– автономні, в яких канал ТУ відокремлений від оперативного (інформаційного) каналу;

– суміщені, в яких сигнали ТУ і інформаційні сигнали передаються по одному частотному каналу з відокремленням їх у часі.

В ЧАРЛ адаптація досягається зміною робочих частот радіолінії на резервні частоти. Відповідно основними елементами засобів телеконтролю і телеуправління є:

- ППЧ – пристрої перестроювання частоти;
- ПКРК – пристрій контролю робочого каналу;
- ПВОСЧ – пристрій визначення оптимальної субчастоти (резервної частоти);
- ПППКУ – пристрій приймання і передавання команд управління;
- ПП – програмний пристрій.

Програмний пристрій відіграє ключову роль в роботі системи ТК-ТУ. До нього надходять результати контролю робочого і резервних каналів власної апаратури і прийняті приймачем сигнали ТУ протилежної сторони.

Кінцева апаратура, взаємодіючи з ПКРК, теж приймає участь у визначенні достовірності зв'язку.

Алгоритми роботи ЧАРЛ являють собою прийняті правила зміни її дискретних станів, сукупність яких забезпечує три режими роботи радіолінії [2]:

1. Режим чергового приймання, коли зв'язок відсутній, але ЧАРЛ перебуває в готовності.

2. Режим входження в зв'язок, який починається з ініціювання виклику одним з абонентів і закінчується автоматичним відкриттям лінії дуплексного зв'язку на ОСЧ абонентів. При цьому обидві ОСЧ входять до складу пакету однієї з призначених ФЧ.

3. Режим ведення і відновлення зв'язку, який передбачає адаптивну зміну частот дуплексного каналу у випадку втрати зв'язку на поточних частотах абонентів через неприпустимо високу ймовірність помилок.

Якщо зміною робочих частот не вдається зменшити ймовірність помилок до припустимого рівня, то другий і третій режими закінчуються поверненням в режим чергового приймання. Це триває до зміни заводських умов на краще або до послаблення вимог до рівня ймовірності помилок [3].

Режим чергового приймання відповідає готовності ЧАРЛ включитись в дуплексну роботу при подачі команди “виклик” одним з абонентів. У цьому режимі відбувається перестройка ПРМ кожного абонента по всім 7 парним СБЧ кожної з призначених ФЧ при відсутності випромінювання потужності ПРД. Ця перестройка в обох абонентів відбувається синхронно, починаючи з першої ФЧ. Мета перестройки – визначення оптимальних субчастот (ОСЧ) [2, 3].

Режим входження в зв'язок. До початку цього режиму у кожного абонента є відомості про власні ОСЧ на кожній ФЧ при відсутності відомостей про ОСЧ можливих партнерів.

Якщо абонент робить виклик, то команда “виклик” передається по черзі на усіх субчастотах (поточного пакету ФЧ), які змінюються синхронно. Сприятливою вважається частота, на якій забезпечується декодування команди. Вона може відрізнитись від ОСЧ, але з декодуванням цієї команди, в якій є відомості про ОСЧ, починається автоматичний діалог між абонентською апаратурою. В ході цього діалогу абоненти:

- обмінюються відомостями про їх ОСЧ і виконують настройку своїх ПРД на ОСЧ партнера;
- уточнюють фазування своїх таймерів і КА (порівняно з тим, коли ці пристрої працювали автономно).

Припустимо, що в даному пакеті не виявилось жодної частоти, сприятливої для декодування команди “виклик”. Тоді ЧАРЛ повертається в черговий режим з подальшою

можливістю автоматичної зміни ФЧ і повторення команди “виклик” на СЧ іншого пакету частот.

Режим ведення та відновлення зв'язку. Для цього режиму характерні: безперервний контроль достовірності зв'язку і автоматична зміна СЧ і ФЧ при недостатній достовірності. Причиною останньої є завадові обставини. Вони можуть призвести до односторонньої або до двосторонньої втрати зв'язку.

При двосторонній втраті зв'язку ЧАРЛ переходить в черговий режим і все починає спочатку. При односторонній втраті зв'язку дії ЧАРЛ залежать від широкосмуговості завад. Якщо ширина їх смуги значно менша ширини смуги пакету СЧ, то відновлення зв'язку можливе шляхом зміни СЧ. Якщо ширина смуги завад сумірна з шириною смуги пакету СЧ, то відновлення зв'язку досягається зміною ФЧ, або взагалі неможливе при певному розподілі завад. В цьому разі ЧАРЛ переходить у черговий режим і все починає спочатку.

В алгоритмі передбачена можливість подвійної зміни СЧ в межах одного пакету. А необхідність третьої зміни приводить до переходу на іншу чергову ФЧ. Подвійна зміна ФЧ теж вважається гранично припустимою. Необхідність третьої зміни ФЧ розглядається як неможливість відновлення зв'язку і викликає перехід ЧАРЛ у черговий режим. Це пов'язано з наявністю відповідних бінарних лічильників.

Розглянуті алгоритми забезпечують надійний зв'язок при відсутності навмисних завад. Статистика існуючого комплексу зв'язку “Поиск” свідчить, що адаптивність в цих умовах забезпечується, головним чином, зміною СЧ [2].

Адаптивність радіоліній до умов їх роботи стає одним з важливих принципів побудови сучасних комплексів зв'язку. Його важливість впливає з того, що невід'ємним елементом будь-якої радіолінії є середовище поширення радіохвиль, яке безперервно змінюється внаслідок дії різних природних чинників і яке відкрите для всіх користувачів. Для забезпечення надійного зв'язку в умовах радіоелектронної протидії необхідно створити нове покоління адаптивних засобів, здатних протидіяти спеціально створюваним завадам. Останнє можливе при розширенні напрямків адаптації до виду використовуваних радіосигналів, зокрема широкосмугових сигналів.

Література

1. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.
2. Огороднійчук М.Д., Чайка Ю.Д., Оксіюк О.Г. Комплекси і засоби військових телекомунікаційних мереж / за ред. М.Д. Огороднійчука.. – Київ: МОУ – НУОУ, 2010. – 384 с.
3. Волков Л. Н., Немировский М. С., Шинаков Ю. С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с.

ОЦІНКА РЕАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ZIGBEE

Наземнов В.В., Валуйський С.В.

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ» , nazemnow@gmail.com,
samubf@gmail.com*

Evaluation of real parameters of ZigBee wireless sensor networks

In the paper a rough evaluation of ZigBee WSN parameters are considered, and proposed ways to better assess of real parameters.

Вступ. Бездротові технології стають все більш і більш популярним через свою низьку вартість і простоту у використанні. У багатьох випадках використання бездротових систем стало дешевше, ніж альтернативні проводові. Ця технологія дозволяє швидше і більш зручніше встановити з'єднання. XBee технологія забезпечує дуже багато різних бездротових додатків. Пряма взаємодія аналогових датчиків і цифрових систем вводу/виводу робить XBee прийнятною в різних областях. Від простого внутрішнього застосування контролю температури до більш складних сенсорних мереж, які аналізують, наприклад, вулкани. XBee пристрої поступово стають стандартом бездротового зв'язку. Також ZigBee пристрої можуть бути використані з платами Arduino, що дозволить реалізувати більш складні проекти, використовуючи декілька датчиків, скрипти тощо [1].

Однак розробка кінцевого пристрою, який буде використовувати MESH-мережу для передачі даних, вимагає підвищеної уваги розробника на етапі визначення параметрів майбутньої мережі. Наприклад, однією з частих помилок щодо властивостей ZigBee-мережі – це завищені уявлення про швидкість передачі даних між вузлами мережі. Незважаючи на відносно високу фіксовану швидкість передачі даних в радіоканалі, рівну 250 кБ/сек, реальна швидкість може бути менше на порядок. Для пояснення цього факту необхідно розуміти логіку мережевої взаємодії вузлів мережі і не забувати про затримки на підтвердження пакетів. Крім того, обробка даних на нижніх рівнях стека також займає певний час.

Виходячи з цього виникає актуальна науково-практична *задача* – оцінити реальні параметри швидкості передачі даних і виникаючі затримки в сенсорних мережах ZigBee.

1. Груба оцінка параметрів мережі. Виходячи з практичного досвіду роботи з модулями Digi (MaxStream), можна говорити про середню швидкість передачі даних близько 4-5 кбайт/сек на рівні 802.15.4 (зв'язок точка-точка, модулі XBee 802.15.4 (Series 1), передача файлу >100 кбайт, швидкість UART 115200) [2].

При роботі в MESH-мережі реальна швидкість буде нижчою, однак, це не є критичним параметром, тому що ZigBee-мережі не призначені для передачі великих обсягів даних. У системах збору інформації з бездротових датчиків обсяг корисних даних складає десятки-сотні байт, що не пред'являє високих вимог до середньої швидкості передачі даних. Однак крім швидкості передачі, в мережах з MESH-топологією при передачі дані будуть передаватися до вузла-одержувача зі змінною затримкою, яку необхідно враховувати в алгоритмі поведінки центрального вузла збору інформації. Перш за все, необхідно правильно вибирати величину часу очікування відповіді від віддаленого вузла, якщо пакет даних ретранслюється декількома маршрутизаторами (роутерами). Грубо оцінимо максимальну затримку при наступних початкових умовах:

1. Припустимо, що відстань від координатора-відправника до віддаленого вузла - 8 хопів (ретрансляції).

2. Час передачі пакета між двома вузлами (одна спроба) >30 мсек (точне значення залежить від конкретної програмної реалізації ZigBee-стека, MAC-рівня і мікросхеми трансивера).

3. Число ретрансляції на рівні 802.15.4 – 3 (типова фіксована величина).

Таким чином, максимальний час передачі повідомлення від одного вузла до іншого становить >90 мс (30 мс $\times$ 3 спроби), стільки ж потрібно для передачі підтвердження (рівня додатку). У маршруті з 8 ретрансляції максимальна затримка складе $8 \times 90 \times 2 = 1,44$ секунд на одну спробу відправки повідомлення. Зрозуміло, якщо ми відправили дані і не отримали відповідь, то можна спробувати повторити відправлення, скажімо 3 рази. Тоді наш додаток буде робити висновок про недоступність вузла одержувача (немає зв'язку) лише через приблизно 5 секунд. Сама по собі ця цифра не велика і не мала – все залежить від того застосування, яке використовує MESH-мережу для передачі даних. Для системи АСКОЕ, де пакети даних передаються один раз на годину, затримка в 5 секунд не є критичною. У той же час, така затримка буде абсолютно неприйнятною, якщо потрібно синхронно управляти комплексом світлофорів на великій транспортній розв'язці. Саме затримки при ретрансляції пакета є головним обмеженням при побудові «витягнутих» ZigBee-мереж. При кількості ретрансляції рівному 100 максимальний час очікування реакції віддаленого вузла буде досягати однієї хвилини. Мабуть, саме з цих міркувань навіть в самій останній специфікації ZigBee-Pro максимальна глибина ZigBee-мережі обмежена 30 ретрансляціями. У модулях XBee ZNet 2.5 максимальний час очікування відповідей для команд ND (пошук вузлів) і DN (прокладка маршруту) не може перевищувати 25 секунд (параметр NT). При використанні модулів XBee ZNet 2.5 глибина мережі (число хопів) формально не обмежена, однак число ретрансляції при розсилці ширококомовних повідомлень не може бути більше 15. Це означає, що конкретний вузол просто не зможе виявити інші вузли, розташовані на відстані більше 15 хопів від нього.

2. Шляхи для більш точної оцінки параметрів мережі. Більш точно оцінити ПЗ та затримку можна двома способами:

1) Шляхом емуляції функціонування мережі в одному із комп'ютерних середовищ.

Найбільш відомими емуляторами на сьогодні є TOSSIM, NS2, OPNET та ін. NS2 та OPNET є універсальними і можуть бути використаними для моделювання як проводових, так і безпроводових мереж. Для моделювання в таких програмах необхідно завантажити спеціальні бібліотеки атрибутів та функціонування сенсорних мереж 802.15.4/ZigBee. Однак TOSSIM був спеціально розроблений для моделювання тільки безпроводових сенсорних мереж. Дана програма емітує роботу мережі на рівні бітів і безпосередньо зв'язаний з операційною системою TinyOS, що найчастіше використовується для розробки програмного забезпечення для мікрокомп'ютерів сенсорних вузлів.

2) Шляхом проведення натурного експерименту.

Оскільки купівля повного комплексу обладнання найчастіше економічно недоцільна, використовуються спрощений набір приладів та програмного забезпечення. Наприклад, компанія Digi пропонує недорогий налагоджувальний комплект XB24-BPDK (рис.1)

Набір включає в себе 5 модулів і п'ять перехідних плат для підключення до ПК за допомогою інтерфейсів USB або RS-232. Для автономної роботи модулів передбачені

перехідні кабелі живлення для батарей типу 9F22 («Крона»). Самі батареї в комплект не входять, зате комп'ютерні кабелі, мережні блоки живлення і різні перехідники присутні у великій кількості.



Рис. 1. Налагоджувальний комплект серії 2 для ZigBee XB24-BPDK

Висновки. У роботі була проведена груба оцінка параметрів безпроводової сенсорної мережі ZigBee. Пропускна здатність складає 4-5 кбайт/сек на рівні 802.15.4 на відміну від анонсованих 250 кБіт/сек. Затримка в мережі може сягати 5 секунд, що обмежує коло застосувань таких мереж.

Також в роботі наведено шляхи для більш точної оцінки реальних параметрів – шляхом емуляції функціонування мережі в одному із комп'ютерних середовищ та/або проведення експериментів на налагоджувальному комплекті, що може бути пророблено в рамках подальших досліджень.

Література

1. Massimo Banzi “Getting Started with Arduino”, O'Reilly Media, Inc., 2008.
2. Пушкарев О. Передача данных в ZigBee сети с помощью модулей XBee ZNET 2,5 // Новости Электроники. – 2008. – №3. – С. 27–31.

ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ СЕНСОРНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Хижняк В.В., Гурник А.В., Шабала В.І.

Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, gurnikav@gmail.com

Problems of application of sensor telecommunication networks in emergency situations and ways of their decision

Problems of applying sensor telecommunication networks in emergency situations are considered, and proposed directions for further research in order to solve them.

Одним із напрямів поліпшення якісних характеристик управління єдиною системою цивільного захисту є вдосконалення технічної бази автоматизації управління. Це дозволить попереджувати, виявляти прояви надзвичайних ситуацій на ранніх стадіях, а у разі їх раптового виникнення забезпечувати ефективність і оперативність управління аварійно-рятувальними (пошуково-рятувальними) силами і засобами (далі – НС).

Перш за все вбачається за доцільне розглянути реалізацію підсистеми планування в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень (СППР) для ефективного залучення сил і засобів у надзвичайних ситуаціях шляхом використання одних із самих перспективних напрямів розвитку сучасних телекомунікаційних технологій – вузлів мереж, які б здійснювали збір даних про параметри зовнішнього середовища і передачу їх на базову станцію шляхом ретрансляції за допомогою безпроводного зв'язку (далі – сенсорні мережі).

Сенсорні мережі такого призначення представляють великий інтерес для їх застосування в області цивільного захисту.

Дослідження і розробки у цій важливій області інтенсивно ведуться за кордоном, притому результати цих досліджень вже використовуються в конкретних завданнях і функціях забезпечення дій у НС.

В Україні також розпочаті розробки сенсорних мереж в таких областях, як автоматизація управління розподіленими об'єктами, автоматизація системи життєзабезпечення, моніторинг ділянок залізничних доріг і газопроводу, енерго- і теплопостачання, у військовій діяльності й окремих комерційних проектах.

Проте, проектування і реалізація сенсорних мереж у НС потребує вирішення багатьох складних проблем, які відносяться до різноманітних, у тому числі міжвідомчих областей досліджень.

Однією із основних проблем є забезпечення високої відмово-стійкості (99,9 %) сенсорних мереж. Важливість цієї проблеми для сенсорних мереж визначається, з однієї сторони, відповідальністю їх застосування, а з другої – ймовірністю порушень роботи мережі в наслідок можливих відмов вузлів і каналів зв'язку, що обумовлено великою кількістю вузлів, можливістю зовнішніх несприятливих впливів, а також обмеженнями в енергоспоживанні вузлів внаслідок обмеження ресурсу їх автономних джерел живлення.

Гарантування відмово-стійкості сенсорних мереж не може бути в НС формалізованим лише у вигляді чіткого виконання правил і стандартів, виконання яких би задовольняло вимоги до її проектної надійності, енергоефективності й вартості, так як вони мають суттєві обмеження.

У зв'язку з цим представляється актуальною подальша розробка алгоритмів побудови відмово-стійких сенсорних мереж і функціональної схеми процесу її проектування у відповідності до визначеної Кодексом цивільного захисту класифікації НС за характером і можливими причинами походження (сфера виникнення, галузева ознака), фізичною сутністю та впливом на навколишнє середовище, а також їх практична реалізація.

Реалізація сенсорних мереж у повному обсязі для НС без будь-яких відчутних обмежень (кількість сенсорів в мережі, термін їх життєвого циклу, динаміка мережі, відмово-

стійкість і т. і.) на сьогодні, незважаючи на певну кількість реалізацій в інших сферах діяльності, до цих пір є не вирішеною задачею.

Достатньо крупним сегментом, де сенсорні мережі можуть бути ефективно використані є завдання управління НС. Сенсорні мережі можуть бути розгорнуті, наприклад, в районах які постраждали від НС. За допомогою оперативного розгортання сенсорних мереж рятувальники могли б мати можливість проводити, наприклад, моніторинг поточної сейсмічної активності, руху ґрунту й льодоходу, паводкової обстановки, а також пошуку й визначення місцезнаходження постраждалих.

Можливість моніторингу великої кількості параметрів зовнішнього середовища в реальному часі дозволить контролювати ситуацію в критичних місцях, пов'язаних, в першу чергу, з порушенням балансу в екосистемі.

Найбільш корисним з точки зору ефективності рятувальних робіт, є попереднє розміщення сенсорних мереж на місцевостях, які схильні до виникнення природних і техногенних катастроф. Це, з однієї сторони, дозволить попередити НС на ранній стадії, а з іншої, дозволить рятувальникам негайно створити модель НС й оптимізувати свої дії у відповідності до неї. Крім цього, можливий дистанційний моніторинг стану здоров'я тих хто зазнає (зазнав) лиха й професіональних груп підвищеного ризику, наприклад рятувальників чи пожежників, а також вірна інформація про місце їх знаходження.

Для досягнення поставленої мети пропонується сконцентрувати подальші дослідження для вирішення наступних завдань:

забезпечення енергоефективності сенсорних мереж в різноманітних умовах зовнішнього середовища;

можливість доступу в сенсорну мережу без припинення її роботи на різних режимах з метою підвищення чи відновлення енергоефективності;

побудова відмовостійкої структури сенсорних мереж;

здійснення процедури запрограмованого періодичного збору й аналізу інформації про параметри зовнішнього середовища в автоматизованому режимі.

Таким чином, сенсорні мережі мають дуже високий потенціал у НС. Стрімке впровадження технології у всі сфери життєдіяльності людини однозначно виділить сенсорні мережі в самостійний сегмент телекомунікаційної мережі і вже у найближче майбутнє потребує регламентації застосування як з точки зору оператора, так і Закону про зв'язок й доповнень до законодавчої й нормативно-правової бази про цивільний захист.

Література

1. Lysenko O.I., Valuiskyi S.V. Capacity increasing of sensor telecommunication networks / O.I. Lysenko, S.V. Valuiskyi // Telecommunication Sciences. – 2012. – vol. 3. – № 1. – P. 5 – 11.
2. Кучерявый Е.А., Молчанов Д.А. Приложения сенсорных сетей // Электросвязь. – 2006. - № 1.
3. Турута Е.Н., Мочалов В.А. Проблемы проектирования отказоустойчивых сенсорных сетей // Труды Московского технического университета связи и информатики: М.: "ИД Медиа Паблишер", 2008. — Т.1 — С.128-132.
4. Мочалов В. А. Алгоритмы оценки надежности структуры сенсорной сети Информационно-управляющие системы. — 2009. — №5. — С. 61-66.
5. Кодекс цивільного захисту: № 5403-VI за станом на 2 жовт. 2012 р. / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К. : Парлам. вид-во, 2012. — 1-5 ст., 7 ст., 8-11 ст., 30-31 ст. — (Бібліотека офіційних видань).

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОЙ РЕТРАНСЛЯЦИИ В СЕНСОРНЫХ И LTE-ADVANCED СЕТЯХ

Борисенко Д.В.

Национальный технический университет Украины "КПИ", dv.borisenko@gmail.com

Features of using dynamic relay method in sensor and LTE-Advanced networks

Dynamic relay - one of the proposed technologies for 3GPP LTE-Advanced networks, one of the main tasks of which is an increase of network capacity and the expansion of its coverage area. A method of dynamic relay in LTE Advanced networks was introduced. That method still maintains compatibility with the user's equipment LTE Release 8, and doesn't limit the flexibility and reliability expected from the relay.

Ретрансляция - одна из предложенных технологий для сенсорных сетей, одной из основных задач которой есть увеличение пропускной способности сети и расширение площади ее покрытия. С целью обеспечения поддержки гибкой и надежной ретрансляции, принятые архитектурные структуры сетей LTE должны быть модифицированы. Понятие архитектуры LTE расширяется с введением динамической многорежимной ретрансляции и при этом сохранения совместимости с пользовательским оборудованием LTE релиза 8 и без ограничения гибкости и надежности, ожидаемой от ретрансляции. Использование радиоретрансляции с развертыванием ретрансляционных узлов для расширения зоны покрытия в сотовых сетях - не новая концепция. Как часть основной цели расширения зоны покрытия - обеспечение ретрансляции в сотовой сети способствует предоставлению высокоскоростного покрытия в условиях высокого отражения (например, в помещениях) и «горячих» точках, снижение затрат на развертывание сотовых сетей, продление срока рабочего состояния аккумуляторов в пользовательском оборудовании (МС) и, как правило, экономия энергии за счет ослабления полной трансмиссии сотовых сетей и увеличения производительности соты и ее пропускной способности.

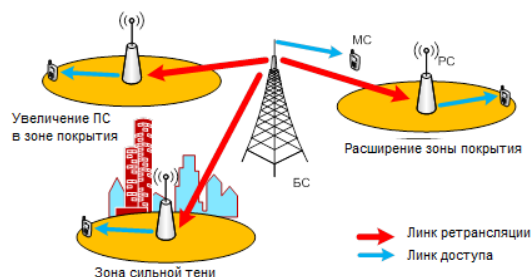


Рисунок 1 Примеры размещения сети радиодоступа с фиксированными ретрансляционными узлами РС

Многие ранние стадии ретрансляции были скорее теоретическими и в основном рассматривались, ограничиваясь теоретическим значением производительности. И только недавно были предложены практические решения в связи со зрелостью сотовых систем и ростом спроса на услуги с высокой скоростью передачи данных. Лучший довод этой зрелости - это стандарт IEEE 802.16j систем мобильного WiMAX (802.16e).

Было предложено несколько методов ретрансляции, простейшие - повторители, которые усиливают и отсылают принятый сигнал, декодируют и направляют ретрансляторам, которые декодируют принятые сигналы и регенерируют их. С точки зрения системного

уровня, ретрансляция может быть реализована либо традиционным методом, или совместным / объединенным.

При обычной ретрансляции пользовательское оборудование (МС) принимает данные или от БС, или от ретрансляционной станции (РС). При объединенной ретрансляции, МС может получать и комбинировать сигналы от нескольких РС и БС. Схема обычной ретрансляции, приведенная для поддержки обратной совместимости, потому что это просто и практически для перехода LTE в область многопролетных систем.

На рисунке 2 показана архитектура сети LTE Advanced со статическим развертыванием РС. Шлюзы имеют ряд функций, таких, как поддержка сигнализации, мобильности и базовая установка / обслуживание. В связи с природой ретрансляции, МС соединена или прямо с БС, или РС, но не с обоими одновременно. Весь трафик, предназначенный для ретрансляционной МС всегда направляется к донорной БС, которая поддерживается РС шлюзами и трафик направляется затем к РС через донорные БС.

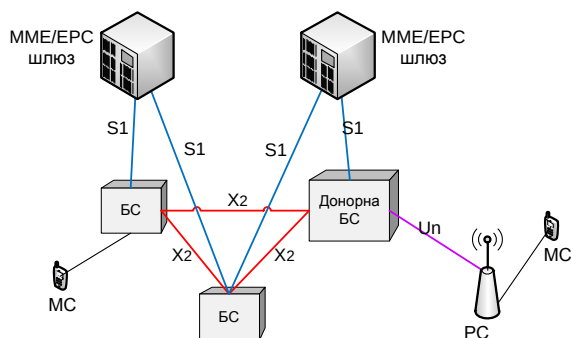


Рисунок 2 Архитектура ретрансляции сети с фиксированными РС

Управления БС осуществляется управлением радиоресурса (RRM) системы. Кроме того, они также отвечают за конфигурацию и управление РС их ресурсов, маршрутизацию трафика к РС, обеспечение надежных каналов связи между БС и МС с помощью внешнего автоматического повторителя запроса (ARQ), управление потоком с целью уменьшения объема буферов в РС и т.д. Таким образом, шлюзы не обязательно должны знать о существовании компьютеров в системе.

Важнейшей задачей РС является направление данных между БС и МС. Предполагается, что пользовательское оборудование сенсорной сети должно поддерживать соединения через ретрансляционные узлы РС. РС должен поддерживать информационный уровень ширококвещательной системы точно так же, как БС так, чтобы получилось, как обычный БС к МС. В связи с этим, МС-РС-интерфейс должен быть аналогичен МС-БС-интерфейса релиза 8. Третий уровень (L3) предполагает также поддержку децентрализованного RRM. То есть, РС отвечает за трафик пересылки пакетов радиоинтерфейса, используя ресурсы, которые были запасены для них узлом БС.

Предусматривается, что РС будут развернуты оператором в определенных местах, особенно в «горячих точках» и местах, которые страдают от потерь, (край соты и зоны высокого затенения), а каждая РС связана с донорской БС. Однако такие статические соединения ограничивают гибкость / эффективность системы. Именно поэтому и предлагается введение динамической ретрансляции. Такое решение привлекательно по нескольким причинам. Во-первых, донорная базовая станция (БС) может быть перегружена, а соседние соты - в полной разгрузке, что негативно влияет на надежность и

производительность сети. Запуск системы с несколькими легко загруженными сотами - крайне энергетически неэффективен и эффективность может быть увеличена за счет выключения некоторых БС или РС в системе (например, поздними вечерами в рабочие дни) и концентрации загрузки системы на нескольких БС. Во-вторых, статическое соединение (статическая ретрансляция) ограничивает систему, т.к. поддерживает только стационарные ретрансляционные станции (РС), а мобильные РС (например, РС, прикрепленные к поездам) не могут быть использованы, что негативно сказывается на мобильности абонентов и сети в целом. Наконец, динамическая ретрансляция, подходит под требования самоорганизующейся сети (SON), что является одной из важных характеристик требуемых от операторов сотовой связи для будущих релизов LTE и требований к 4G в целом.

С целью обеспечения динамической ретрансляции, необходим механизм для РС, чтобы выявить ретранслятор, который поддерживает узлы БС, которые могут выступать в качестве их донорных БС. Кроме того, БС, поддерживающие ретрансляцию могут сообщать РС об их ретрансляционной возможности, включая эту информацию в блоки сообщений. Пользовательское оборудование МС в таком случае должно просто проигнорировать эту дополнительную информацию. Также РС могут опрашивать БС чтобы увидеть, поддерживают ли они ретрансляцию, используя новую процедуру протокола управления радиоресурса (RRC). БС, которые не поддерживают ретрансляцию не распознают это сообщение и, таким образом, будут просто игнорировать его.

После обнаружения РС БС, поддерживающих ретрансляцию, он может выбрать свою донорную БС на основе нескольких критериев. Может выбрать БС с лучшим усилением. Кроме этого могут учитываться интерференция и нагрузки, одним словом, это должен быть набор параметров, чтобы найти БС, которая может обеспечить высокие транспортные скорости передачи данных для РС.

Однако при введении динамической ретрансляции должен быть расширен механизм хэндовера РС-БС, т.к. РС в данном случае является мобильной и разработан алгоритм автоматической активации/деактивации РС в зависимости загруженности соты и изменения других параметров (интерференции, пропускной способности сети). На основании измерений, полученных от РС, а также на таких параметрах как энергия и балансировки нагрузки трафика от соседних сот, донорная БС решает осуществить процедуру хэндовера через РС к другой БС. Данное решение хэндовера доносится до целевой БС пока процесс не будет завершен.

Литература

1. Зелкин Е.Г. Построение излучающей системы по заданной диаграмме направленности / Е.Г. Зелкин. – М.: Энергоиздат, 1963.-374 с.
2. Габриэльян Д.Д. Метод амплитудно-фазового синтеза антенной решетки произвольной геометрии / Д.Д. Габриэльян, С.Е. Мищенко // Радиотехника и электроника. — 1995. — Т.40, №7. — С. 45 — 48

СЕНСОРНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ МАРШРУТИЗАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ

Василенко Е.Ю.

Київський політехнічний інститут «НТУУ КІПІ», soup_affair@ukr.net.

Sensory neurons network routing in telecommunications

Глобализация и другие современные тенденции развития телекоммуникационных систем (ТКС) привели к значительным технологическим сдвигам. Взрывной рост информационного трафика реального времени и его мультимедийный характер вызывают сетевые конфликты и перегрузки, блокируя нормальную работу ТКС. Бурное развитие новых видов услуг резко повысило требования к качеству обслуживания и своевременной доставки информации. Традиционные методы маршрутизации в нынешних условиях роста и глобализации сетей не справляются с возложенной на них задачей.

Возникшие проблемы привели к необходимости создания новых алгоритмов и методов адаптивного сетевого управления трафиком с использованием протоколов нового поколения (IPv6 и др.). Новые алгоритмы должны учитывать как реальную динамику ТКС, т.е. фактическое изменение структуры (топологии) и параметров (весов каналов связи) ТКС в реальном времени, так и адаптацию к различным факторам неопределённости на основе мониторинга и функциональной диагностики ТКС. Эти задачи решаются так называемыми интеллектуальными сетями – нейронными сетями.

В работе рассматривается вопрос создания управляющего элемента маршрутизирующего сетевого устройства на базе нейронной сети. Существующие сетевые устройства принимают решения о маршрутизации пакета на основании непосредственно запомненной таблицы, называемой, как правило, таблицей маршрутизации, в который для каждого конкретного адреса подсети или хоста существует одна или несколько записей, указывающая номер порта, с которого пакет следует передать дальше для наискорейшей доставки получателю. В связи с бурным ростом компьютерных сетей такой подход теряет эффективность, поскольку из-за большого числа подсетей таблицы маршрутизации становятся громоздкими не только для синхронизации между соседними устройствами, но и для быстрого поиска по ним.

Для решения этой проблемы выберем в качестве элемента, принимающего решения о маршрутизации пакетов, экспертную систему на основе нейронной сети. Поскольку нейронная сеть обладает ассоциативной памятью, то такой подход позволит существенно сократить время, необходимое на принятие решения о маршрутизации.

Необходимо создать логический элемент маршрутизирующего устройства, способный на основе некоторой базы данных принимать решение относительно направления пришедшего на вход пакета на один из выходных портов для достижения цели наискорейшей (наилучшей) доставки пакета адресату. На вход элемента будет подаваться закодированный каким-либо образом номер (сетевой адрес) получателя пакета, на выходе же должен сформироваться закодированный каким-либо образом номер порта, на который следует переслать пакет для его доставки. Кроме того, при подключении устройств к сети логический элемент будет информироваться специальным сообщением о том, за каким портом относительно него следует искать новое устройства. Соответственно эта информация будет использоваться для внесения изменений в базу данных элемента.

Для решения задачи использовалась нейронная сеть в виде однослойного перцептрона, а адрес получателя и порт назначения представлялся следующим образом (рисунки 1):

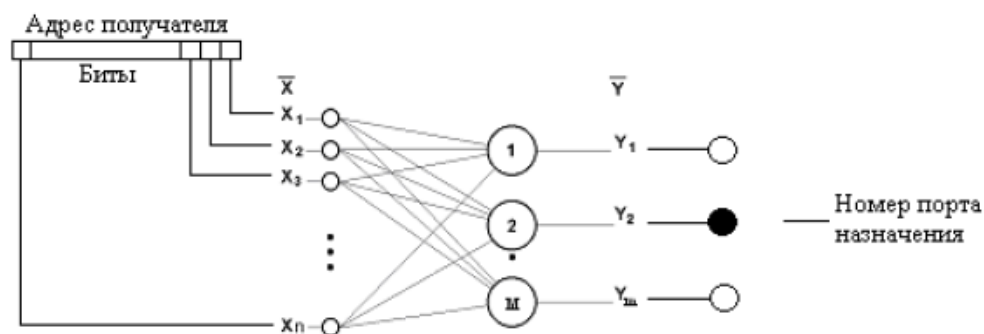


Рисунок 1 – Пример представления адреса получателя и порта назначения с использованием нейронной сети.

В ходе моделирования были получены неплохие результаты: на сетях состоящих из нескольких сотен адресуемых устройств нейронная сеть выбирала правильный маршрут доставки для более 70% пакетов.

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.

Адаптивная маршрутизация потоков данных имеет ряд преимуществ по отношению к неадаптивной (статической или динамической) маршрутизации, а именно:

- обеспечивает работоспособность и надежность ССУ при непредсказуемых изменениях структуры или параметров ТКС;
- приводит к более равномерной загрузке узлов и каналов связи ТКС за счет «выравнивания» нагрузки или адаптации к сетевым перегрузкам;
- упрощает управление потоками данных при сетевых перегрузках или сетевых конфликтах;
- увеличивает время безотказной работы при непредсказуемых изменениях параметров и структуры ТКС.

Принцип адаптивной маршрутизации основывается на передаче локальной информации (в форме локальной обратной связи) от соседних узлов или глобальной информации (в форме глобальной обратной связи) от всех узлов ТКС. Эта информация содержит данные об отказах или задержках в узлах или каналах связи ТКС.

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. Итоги науки и техники: физические и математические модели нейронных сетей, т.1, М.: ВИНТИ, 1990.
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.
5. Ф.Уоссермен, Нейрокомпьютерная техника. М.:Мир, 1992.

КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Ковшик А.Г.

Национальный технический университет Украины "КПИ", anastasiia.kovshyk@gmail.com

The concept of wireless sensor networks and their application

We consider wireless sensor networks, which are a specific structure, that provides a solution of problems of monitoring, collection, storage and processing. Describes the basic principles of wireless sensor and communication methods with protocol Zigbee

В настоящее время большую популярность приобретают сенсорные беспроводные системы, так как они предоставляют ряд преимуществ потребителю. Но из-за новизны данного вида сетей возникают некоторые сложности при их проектировании.

Важное значение при разработке структуры беспроводных сенсорных сетей играет метод построения сети. Все методы построения можно объединить в две группы:

- с одним главным узлом (single-hop). Используется, когда мощность передатчика сенсора достаточна для передачи сигнала к базовой станции.
- с несколькими главными узлами (multi-hop). В данной топологии некоторые узлы не только собирают информацию о наблюдаемом процессе, но и собирают информацию от других узлов.

Имеются различные стандарты для передачи данных по сети, видеоданных и другие, однако, до сегодняшних дней не было стандарта, который бы удовлетворял требованиям сенсорных беспроводных сетей. Они не требуют высоких скоростей передачи, но при их работе необходимы низкие задержки при передаче информации, низкое энергопотребление и невысокая стоимость. Так как ни один стандарт не удовлетворял данным требованиям, то был разработан комплект протоколов и расширений для передачи данных в сенсорных беспроводных сетях, которые вошли в стандарт IEEE 802.15.4. Согласно определению IEEE 802.15.4 — это стандарт для низкоскоростных частных радиосетей — Low Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN), которые обеспечивают беспроводную связь в различных приложениях с ограниченным энергопотреблением, ограниченной пропускной способностью, при передаче информации на небольшие расстояния от нескольких метров до сантиметров.

Согласно стандарту сенсорная беспроводная система состоит из нескольких компонентов. Основными компонентами являются два типа устройств:

FFD-устройства (full function device). Может выступать в качестве:

- PAN-координатор (personal area network coordinator). Наиболее дорогой тип устройств, так как он должен содержать всю информацию о сетевых соединениях, иметь большой объем памяти и высокую производительность;
- координатор. Координатор может реализовывать функции ретранслятора, моста, маршрутизатора и шлюза;
- конечное устройство.

RFD-устройства (reduced function device). Могут выступать только в роли конечного устройства. Могут общаться только с FFD-устройствами. Применяются в простых

приложениях, таких как управление светом. RFD-устройствам не нужно передавать большой объем информации и они могут сообщаться только с одним FFD устройством в определенный момент времени.

Минимальное количество устройств в сети LR-WPAN — 2. Причем в любой сети должно быть по крайней мере одно FFD-устройство, работающее в качестве PAN-координатора. FFD-устройства могут сообщаться с RFD-устройствами или другими FFD-устройствами.

Выбираемый вид топологии зависит от требований приложения. Стандарт IEEE 802.15.4 в LR-WPAN сетях предусматривает применение двух видов топологий: топология «Звезда» (star topology) и топология с децентрализованным управлением (peer-to-peer topology).

В топологии «Звезда» связь осуществляется между несколькими устройствами и единственным центральным контроллером, который называется PAN-координатор. Часто для питания PAN-координатора используется постоянный источник питания, когда остальные узлы питаются от батареек. Топология «Звезда» используется для построения домашних систем автоматического контроля, управления периферией домашних персональных компьютеров и игр.

Топология с децентрализованным управлением отличается тем, что каждое устройство может взаимодействовать с другим устройством на расстоянии, на котором возможно произвести обмен при помощи приемопередающего устройства. Данный вид топологии позволяет построить более сложные конфигурации сетей. Например, данный вид топологии может быть применен для построения систем производственного контроля и мониторинга, беспроводных сенсорных сетей, перевозки хрупких товаров и систем умного сельского хозяйства. Топология с децентрализованным управлением может быть самоорганизующейся и иметь возможность автоматического ремонта.

Так как сенсорные беспроводные сети имеют отличия от обычных сетей, то они также имеют собственные ограничения и проблемы [1].

Энергопотребление. Ограничение по энергопотреблению связано с тем, что сенсоры работают от источника питания с ограниченным лимитом энергии (обычно батарейка). Также энергопотребление является важным ограничением при использовании сенсоров, доступ к которым осложнен, следовательно, источник питания не может быть заменен или подзаряжен. Требование на ограничение энергопотребления распространяется на сенсорный узел и на конструкцию сети. Например, выбор сделанный на физическом слое сенсорного узла влияет на энергопотребление всего устройства и конструкцию уровней, расположенных выше [3].

Самоуправление. Сенсорные сети часто должны работать в удаленных областях и в жестких условиях, без возможности их обслуживания и починки. Поэтому, сенсорные узлы должны конфигурироваться самостоятельно, взаимодействовать с другими узлами, адаптироваться к поломкам изменениям окружающей среды без вмешательства человека.

Децентрализованное управление. Алгоритмы построения многих сенсорных сетей строятся по централизованному принципу. При децентрализованном управлении сенсорные узлы должны обмениваться информацией с соседними узлами, чтобы сгенерировать решения о коммутации узлов, без глобальной информации о всей сети. В следствии, децентрализованные алгоритмы могут быть не оптимальными, но более эффективными в отношении энергии, чем централизованные.

Конструкция. В данное время возможности компьютерных систем продолжают быстро увеличиваться, однако главной целью беспроводных сенсорных сетей является создание маленьких, дешевых и эффективных устройств. Из-за требования к низкому потреблению энергии типичный сенсорный узел имеет небольшие скорости выполнения операций и объемы хранимой информации. Также из-за этого нежелательно использование некоторых устройств, таких как GPS приемники. Ограничения по размерам влияют на структуру протоколов и алгоритмов, реализованных в беспроводных сенсорных сетях.

Безопасность. Удаленное расположение сенсоров и их автоматическая работа увеличивает их незащищенность к сторонним вторжениям и атакам. При беспроводном соединении достаточно легко для нарушителя перехватить пакеты, передаваемые сенсорным узлом. Например, наиболее большая угроза осуществления атаки «отказа в обслуживании» (*denial-of-service*), цель данной атаки нарушить корректное функционирование сенсорной сети. Это может быть достигнуто при помощи различных способов, например, при подаче мощного сигнала, который мешает сенсорным узлам обмениваться информацией («белый шум» или *jamming attack*) [1]. Есть различные варианты защиты систем от злоумышленников, но для многих из них необходимы высокие требования к аппаратным ресурсам, что труднодостижимо на жестко ограниченных по многим требованиям сенсорных узлах. Следовательно, сенсорные беспроводные сети требуют новых решений для создания ключей, их распространения, идентификации и защиты узлов.

Литература

1. Waltenegus Dargie, Christian Poelabauer «Fundamentals of Wireless Sensor Networks Theory and Practice» - Wiley Series on Wireless Communications and Mobile Computing, 311c, 2010 John Wiley & Sons Ltd.
2. IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems— Local and metropolitan area networks— Specific requirements. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). IEEE Std 802.15.4™-2006 (Revision of IEEE Std 802.15.4-2003)
3. Shih, E., Bahl, P., and Sinclair, M. (2002) Wake-on wireless: An event driven energy saving strategy for battery operated devices. Proc. of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom).
4. Sinha, A., and Chandrakasan, A.P. (2000) Energy aware software. Proc. of the 13th International Conference on VLSI Design.
5. De, V., and Borkar, S. (1999) Technology and design challenges for low power and high performance. Proc. Of the International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED).
6. Ye, W., Heidemann, J., and Estrin, D. (2004) Medium access control with coordinated adaptive sleeping for wireless sensor networks. IEEE/ACM Transactions on Networking 12 (3), 493–506.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ КАНАЛІВ З ПАКЕТНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ ДАНИХ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМАХ

Козленко М. М.

Національний технічний університет України «КПІ», Nick.Kozlenko@gmail.com

Analysis of the features of packet data channels organization in telecommunication sensor systems

In the article the analysis of the packet data channels organization is performed. The advantages and peculiarities of using packet data transmission in Episodic Wireless Network are examined.

Сучасна телекомунікаційна сенсорна система (WSN) – це система, яка складається з просторово розподілених автономних пристроїв з використанням датчиків, які забезпечують загальний контроль фізичних, екологічних чи інших параметрів: температури, звуку, вібрації, тиску, руху, дії забруднення та ін..

Особливості організації каналів передачі даних та маршрутизації інформації в телекомунікаційних сенсорних ситем (ТСС) розглянемо дослідивши безпроводові епізодичні мережі (БЕМ) на основі безпілотний літальний апарат (БЛА). Особливості функціонування БЕМ на основі БЛА, перш за все динаміка та змінна топологія мережі (як наземних вузлів, так і мережі БЛА).

Організація каналу по маршруту передачі інформації може здійснюватися двома способами: шляхом комутації каналів або шляхом комутації пакетів.

Перший спосіб полягає в створенні каналу «від кінця до кінця», з подальшою передачею повідомлення по всьому маршруту без розбиття на пакети. Недоліком такого способу є неможливість використання задіяних БЛА-вузлів іншими абонентами, як під час прокладки маршруту, так і під час передачі повідомлення, а висока динаміка топології мережі швидко руйнує побудований канал.

Комутація пакетів має два основні різновиди:

- комутація пакетів, при якій окремі пакети по мережі передаються незалежно по різних шляхах та «зшиваються» в повідомлення безпосередньо у абонента-одержувача інформації (це так званий датаграмний режим);

- комутація віртуальних каналів, при якій всі пакети одного повідомлення досягають одержувача по одному маршруту, визначуваному на етапі встановлення віртуального каналу.

Принципова відмінність комутації каналів від комутації віртуальних каналів полягає в наступному:

- у першому випадку канал недоступний для інших абонентів, навіть якщо в деякий момент часу по ньому нічого не передається

- у другому випадку має місце статистичне розділення каналів або поодиночці віртуальному каналу, або по окремих його ділянках можуть передаватися інформаційні пакети різних абонентів.

Комутація пакетів володіє рядом переваг. Це ефективне використання пропускної здатності мережі, висока надійність і живучість, пов'язані з можливістю використання альтернативних маршрутів при виході з ладу окремих вузлів мережі або зіткненні пакетів. Проте реалізація переваг цього методу досягається тільки при відповідному управлінні інформаційними потоками, яке дозволяє забезпечити оптимізацію маршрутів і рівномірний розподіл навантаження на мережу.

Визначення маршруту для кожного пакету є складною та відповідальною операцією і може здійснюватися як бортовими комплексами БЛА, так і наземними вузлами. Відзначимо,

що маршрутизатор БЛА-вузла має ті ж самі функціональні властивості, що й маршрутизатор будь-якого наземного вузла. Це дозволяє використовувати існуючі протоколи маршрутизації, що розроблені для MANET, та, ще більш важливо, відмовитись від потреби допоміжного протоколу, що координує прибуття та відліт БЛА з протоколом маршрутизації.

В теперішній час для використання в БЕМ запропонований ряд протоколів маршрутизації, які по способу побудови та підтримки маршруту класифікуються на дві основні групи:

- таблично-орієнтовні (DSDV, WRP, OLSR та ін.);
- зондові (DSR, AODV, TORA та ін.);
- гібридні (ZRP, R-зоновий та ін.)

При застосуванні таблично-орієнтовних методів кожен вузол постійно – на основі періодичного обміну вмістом маршрутних таблиць із сусідніми вузлами – будує маршрутну таблицю, що вміщає найкоротші шляхи (по критерію мінімальної вартості, де під вартістю може розумітися число ретрансляцій, час доставки, затрачена потужність передавача та ін.) до усіх інших вузлів.

При зондовій маршрутизації вузли формують маршрут передачі інформації по мірі необхідності («on-demand»), шляхом хвильової розсилки по мережі службових пакетів малого розміру (зондів-запитів) та збору зондів-відповідей, що вміщують інформацію про найкоротші маршрути (за вибраним критерієм) передачі інформації. Ця розсилка продовжується до тих пір, поки маршрут до необхідного вузла не буде встановлено, та знов відновлюється, коли встановлений маршрут втрачається. Такі протоколи ідеально підходять для застосування у БЕМ на основі БЛА, оскільки підтримують усі можливі випадки використання БЛА для підвищення зв'язності наземних вузлів.

В цілому БЕМ передачі інформації з використанням БЛА характеризуються значно вищою складністю і рівнем організації, чим існуючі системи передачі інформації.

Література

1. Алгулиев Р.М. Сенсорные сети: состояние, решение и перспективы / Р.М.Алгулиев, Т.Х. Фаталиев, Б.С. Агаев, Т.С. Алиев // ISSN 1684-2588 Телекоммуникации. Ежемесячный научно-технический информационно-аналитический и учебно-методический журнал. — 2007. — № 4. — С. 27—32.
2. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. — М.: Эко-Трендз, 2005. — 384 с.
3. Кучерявый Е.А. Принципы построения сенсоров и беспроводных сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // Электросвязь. — 2006. № 6.
4. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столингс. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
5. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті / [Щербак Г.В., Мельнікова Л.І., Рубан І.В., Садовий К.В., Сумцов Д.В.]: Підручник. — Харків: 2007. — 255 с.
6. Boukerche, A.; Nakamura, E.F.; Loureiro, A.F. Algorithms for Wireless Sensor Networks. In Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks; Boukerche, A., Ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2009.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Лемеш С.Б.

Национальный технический университет "КПИ"

E-mail: changelife90@gmail.com

Analysis of algorithm with evaluation structural reliable telecommunication sensor networks

In this paper, we propose to review the work of the lower bound algorithm for computing the probability of two nodes connected in a sensor network based on the selection of a subset of independent paths of the functional unit (F-node) to the base station (BS). Next, the algorithm estimates the structural reliability of the SS based on the selection of edge-disjoint paths and the use of the lower bound Litvak-Ushakov.

В данной работе предлагается рассмотреть работу алгоритма вычисления нижней оценки вероятности связности P_{fs} двух узлов сенсорной сети основанного на выделении подмножества независимых путей от функционального узла (Ф-узла) к базовой станции (БС). Надежность структуры сенсорной сети (СС) при заданном множестве ее функциональных узлов $\{D_f\}$, $f=1, \dots, k$, определяется набором значений вероятностей связности P_{fs} каждого из узлов заданного множества $\{D_f\}$ с базовой станцией. В качестве показателя надежности структуры СС принято минимальное из этих значений $P_{FS} = \min \{P_{fs}\}$, $f=1, \dots, k$, где P_{fs} вычисляется для заданной нагрузки T , т.е. $P_{fs} = P_{fs}(T)$, а для получения оценки P_{FS}' этого показателя предлагается использовать нижние оценки вероятностей связности узлов множества $\{D_f\}$ с базовой станцией, т.е. $P_{FS}' = \min \{P_{fs}'\}$, $f=1, \dots, k$.

Вероятность связности двух узлов может быть оценена с помощью методов, исключающих полный перебор (методы минимальных путей и сечений, оценки Эзари-Прошана). Вычислительная сложность этих методов полиномиально возрастает с увеличением количества ребер графа, поэтому данные методы могут применяться только при малой исходной размерности и небольшой связности СС. Далее предлагается алгоритм оценки структурной надежности СС, основанный на выделении реберно-непересекающихся путей и применении нижней оценки Литвака-Ушакова.

Процедура поиска независимых путей (ПНП) находит все независимые пути (НП) от Ф-узла к БС. Для этого двунаправленный связный граф (ДСГ), представляющий СС, преобразуется в ориентированный связный граф (ОСГ), после чего применяется алгоритм Форда-Фалкерсона (Ф-Ф), осуществляющий вычисление максимального потока между Ф-узлом и БС.

Преобразование ДСГ в ОСГ осуществляется путем замены всех пар Т-узлов, связанных двунаправленными ребрами, на четыре Т-узла, циклически связанные однонаправленными ребрами. Таким образом, один Т-узел преобразуется в два Т-узла, причем все входящие связи от других узлов поступают на первый Т-узел, исходящие же связи идут от второго Т-узла (рисунок 1). Необходимо подчеркнуть, что имеется только одно преобразование из ДСГ в ОСГ, которое не зависит от способа обхода ДСГ.

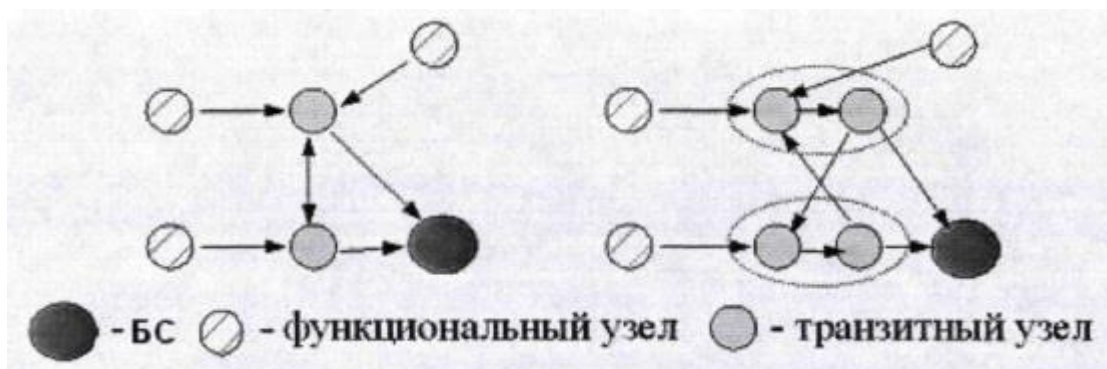


Рисунок 1- Пример преобразования двунаправленного графа в ориентированный граф.

На рисунке 2 показана схема нахождения НП между Ф-узлом и БС. Вначале находится путь с использованием незадействованных ребер с потоком 1, эти ребра помечаются как задействованные (рисунок 2.2 (b)). Затем находится новый путь с использованием одного задействованного ребра, но направленного в противоположном направлении (рисунок 2.2 (c)). После этого ребра найденного пути отмечаются как задействованные, вес ребра направленного в противоположном направлении устанавливается в 0 (рисунок 2.2 (d)). Таким образом, суммарное количество НП равняется двум.

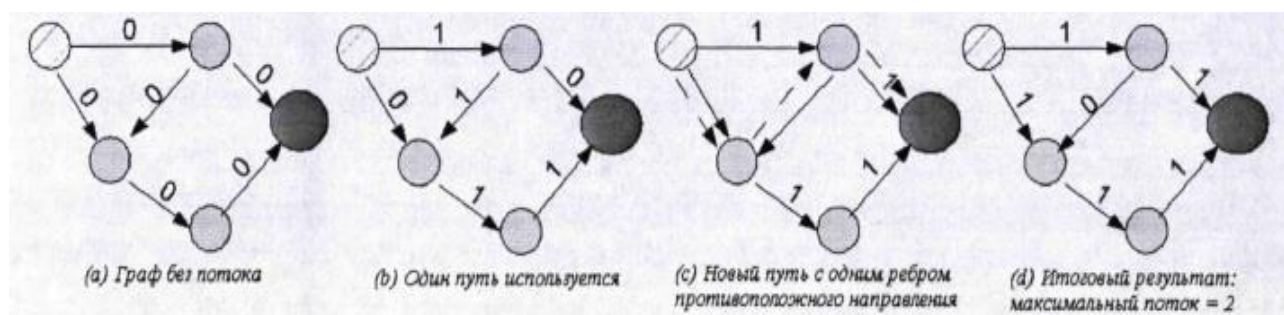


Рисунок 2 – Пример поиска независимых путей.

Для обеспечения структурной надежности СС с точки зрения ее связности в работе осуществляется исследование существующих алгоритмов обеспечения надежности структуры СС и предлагаются пути их улучшения; предлагаются новые алгоритмы, превосходящие существующие по количеству размещенных Т-узлов. Построение надежной структуры СС достигается путем последовательного применения алгоритмов следующих классов:

(а) алгоритмы базового размещения Т-узлов, формирующие базовую структуру СС, т.е. такую, в которой, для каждого Ф-узла есть хотя бы один путь передачи сообщений к БС;

(б) алгоритмы избыточного размещения Т-узлов, с помощью которых, на основе полученной базовой структуры, строится отказоустойчивая структура СС.

Литература

1. Nitaigour, P.M. (Editor) Sensor networks and configuration fundamentals, standards, platforms, and applications / P.M. Nitaigour // Springer. - 2007. — 510 p.
2. Кучерявый, Е.А. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // Электросвязь, 2006. - №6 - с.10-15.
3. Варгаузин, В.А. Радиосети для сбора данных от сенсоров, мониторинга и управления на основе стандарта IEEE 802.15.4 / В.А. Варгаузин // ТелеМультиМедиа – 2005. - №6.
4. T. Ishizuka, Performance Study of Node Placement in Sensor Networks / Ishizuka M., Aida M. // Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops. — W7: EC (Icdcs'04). — Natchioji, Tokyo, Japan, 2004. — Vol. 7.
5. Райншке, К. Оценка надежности систем с использованием графов / К. Райншке, И.А.Ушаков // М. : Радио и связь, 1988. — С. 15-39

ЗАЛЕЖНІСТЬ ОКРЕМИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИКОРДОННОГО КОНТРОЛЮ ВІД ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ДПСУ

Катеринчук І.С.⁽¹⁾, Басараб О.К.⁽¹⁾, Семенченко А.І.⁽²⁾, Алексеева І.В.⁽³⁾

⁽¹⁾Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького

⁽²⁾ Національна академія державного управління при президентіві України

⁽³⁾ Національний технічний університет України "КПІ"

E-mail: a_basarab@ukr.net

The dependence of single indexes of border control effectiveness on the functioning of the telecommunication network

The dependence of single index of border control effectiveness on the functioning of information and telecommunication network have been determined.

Сучасні умови, в яких вирішуються завдання різноманітними правоохоронними структурами, вимагають широкого впровадження новітніх інформаційних технологій. Активно проводиться інформатизація і у Державній прикордонній службі України (ДПСУ). З метою підвищення ефективності вирішення задач за основними напрямками оперативно-службової діяльності (ОСД) у ДПСУ використовуються інформаційно-телекомунікаційні системи (ІТС), які входять до складу інтегрованої інформаційно-телекомунікаційної системи (ІІТС) «Гарт». Проте, це робить вирішення завдань ОСД ДПСУ залежним від функціонування ІТС. Тому, дослідження цих залежностей є актуальним.

В доповіді, на основі статті [1], представлено вираз для обчислення окремого показника ефективності прикордонного контролю, який залежить від функціонування ІТС прикордонного контролю «Гарт-І/П».

Для забезпечення заданого рівня ефективності прикордонного контролю необхідно визначити показники, які будуть використовуватись для її оцінки. Оскільки однією з основних задач ОСД у пунктах пропуску є недопущення незаконного перетинання державного кордону, то таким показником може бути імовірність цієї події. Визначимо імовірність незаконного перетинання державного кордону у пунктах пропуску, як імовірність події, яка полягає у тому, що правопорушник незаконно перетинає кордон через пункт пропуску. Позначимо цю імовірність $P_{нкк}$. Оскільки нам завчасно невідомо, який саме напрям перетину кордону обере правопорушник, то цю імовірність запропоновано визначати наступним чином

$$P_{нкк} = \sum_{i=1}^N P_{1i} \cdot P_{ннpi} , \quad (1)$$

де: P_{1i} – імовірність того, що порушник кордону буде перетинати кордон у i -му пункті пропуску; $P_{ннpi}$ – імовірність незаконного перетину кордону у i -му пункті пропуску; N – кількість пунктів пропуску.

Вираз (1) отриманий за таких міркувань. Порушник кордону, який знаходиться в Україні, або за її межами при перетині кордону через пункт пропуску має обрати один з N можливих варіантів. Схематично це відображено на рисунку 1.

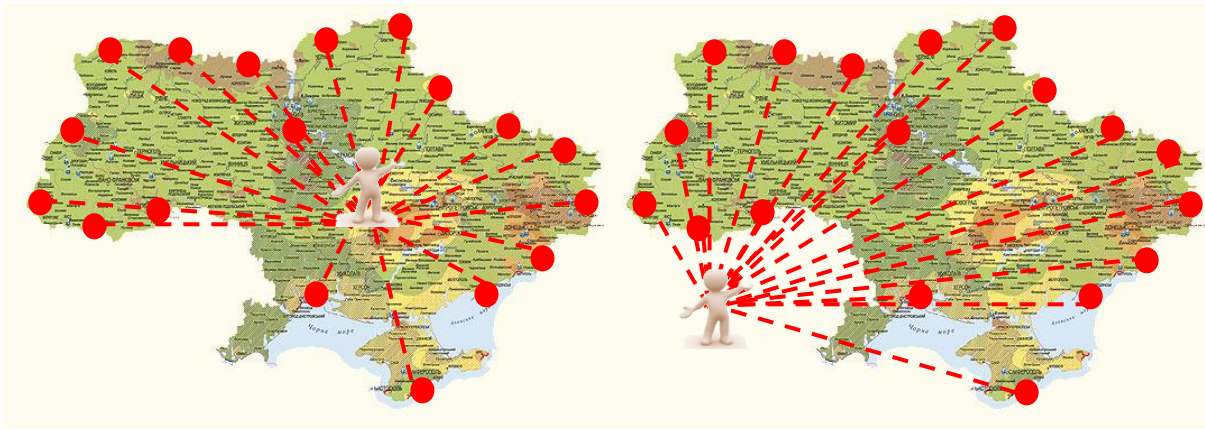


Рис.1. Варіанти перетину кордону через пункти пропуску

Оскільки порушником кордону буде обраний один з N можливих незалежних варіантів, остаточно $P_{нк}$ буде обчислюватись як сума часткових ймовірностей незаконного перетинання кордону у всіх пунктах пропуску. Ці часткові ймовірності, в свою чергу, визначатимуться двома незалежними подіями: вибором порушником кордону певного пункту пропуску і незаконним перетином кордону у ньому. Відповідно до цього, для їх обчислення необхідно отримати добуток ймовірностей цих подій (P_{1i} і $P_{нпi}$).

Оскільки порушником кордону буде обраний для перетинання кордону один з N пунктів пропуску, справедливою є наступна нормуюча умова

$$\sum_{i=1}^N P_{1i} = 1. \quad (2)$$

Нормуюча умова (2) відображає той факт, що порушником робиться спроба перетину кордону і тому сума ймовірностей P_{1i} по всім пунктам пропуску має дорівнювати одиниці.

Передбачалось, що різні пункти пропуску мають різну «привабливість» для порушників кордону. P_{1i} було обчислювано на основі статистичної інформації про затриманих порушників

$$P_{1i} = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^N a_i}, \quad (3)$$

де: N – кількість пунктів пропуску; a_i – кількість порушень кордону у i -му пункті пропуску за достатньо великий, для статистичної обробки проміжок часу.

Звичай, ймовірність визначена за виразом (3) відповідає умові нормування (2).

Слід відмітити, що незалежно від того, як проводити обчислення P_{1i} , ця величина залежить від вибору який здійснює правопорушник, і ми не можемо безпосередньо на нього впливати. Тому з точки зору визначення шляхів підвищення ефективності прикордонного контролю доцільно звернути більшу увагу в (1) на ймовірність незаконного перетину кордону у i -тому пункті пропуску ($P_{нпi}$). Аналіз факторів, які впливають на значення цього показника, дозволяє зробити висновок, що він є складною функцією, яка залежить від: людського фактору – ймовірності помилки оператора при внесенні інформації до ЦСД ($P_{но}$) та ймовірності збою, внаслідок помилки контролера при оформленні особи ($P_{нк}$); ймовірності збою у роботі ПТК «Гарт-1/П» без урахування мережевої складової ($P_{нмк}$); ймовірності того, що інформація про правопорушника не надійде до бази даних сервера пункту пропуску ($P_{бд}$). Таким чином, для конкретного пункту пропуску ймовірність визначатиметься за формулою:

$$P_{нп} = f(P_{но}, P_{нк}, P_{нмк}, P_{бд}). \quad (4)$$

Оскільки всі події, імовірності яких враховуються в (4) є незалежними, а виявлення порушника кордону здійсниться лише тоді, коли всі вони не відбудуться, P_{npr} можна знайти з наступного виразу:

$$P_{\bar{n}\bar{o}} = 1 - (1 - P_{\bar{n}}) \cdot (1 - P_{\bar{e}}) \cdot (1 - P_{\bar{i}\bar{o}\bar{e}}) \cdot (1 - P_{\bar{a}\bar{a}}). \quad (5)$$

Остаточно комплексний показник ефективності прикордонного контролю $P_{nпк}$ з урахуванням (1), (3) та (5) визначатиметься за такою аналітичною залежністю:

$$P_{nпк} = \sum_{i=1}^N \frac{a_i}{\sum_{i=1}^N a_i} \cdot [1 - (1 - P_{noi}) \cdot (1 - P_{nki}) \cdot (1 - P_{ntki}) \cdot (1 - P_{\bar{o}\bar{o}i})].$$

Аналіз статистичних даних, які дозволяють оцінити величини, потрібні для обчислення P_{npr} показує, що значну роль у (6) відіграє $P_{\bar{o}\bar{o}}$. Причиною збільшення $P_{\bar{o}\bar{o}}$ є недостатня надійність роботи комп'ютерної мережі. В середньому протягом року мережа є недоступною понад сто годин, що обумовлює достатньо низьке значення доступності мережі на рівні 98%, що не відповідає вимогам світових стандартів до високоефективних комп'ютерних мереж. Все це приводить до зростання $P_{\bar{o}\bar{o}}$ і, відповідно, зростання P_{npr} і $P_{nпк}$ вище допустимого рівня.

Література.

1. Басараб, О.К. Визначення залежності окремих показників ефективності прикордонного контролю від функціонування телекомунікаційної мережі / О.К. Басараб// Збірник наукових праць № 58 –Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2012. – С. 96–99.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО МАРШРУТУ РУХУ У ГЕОІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ЯК ЗАДАЧА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

Катеринчук І.С.⁽¹⁾, Мул Д.А.⁽¹⁾, Шпорт М.М.⁽¹⁾, Алексеева І.В.⁽²⁾

⁽¹⁾Національна академія Державної прикордонної служби України

імені Богдана Хмельницького

⁽²⁾Національний технічний університет України "КПІ"

E-mail: shport_nik@ukr.net

Rational choice routes in geoinformation system as decision problems

The algorithm for solving the problem of choice route in geoinformation systems in the presence of several criteria on the basis of fuzzy preference relations and sets alternatives.

Задача вибору раціонального маршруту руху в геоінформаційній системі можна представити як різновид задачі прийняття рішень, яка в свою чергу, є однією з найпоширеніших задач у будь-якій предметній області. Рішення цієї задачі зводиться до вибору одного чи декількох кращих варіантів маршрутів руху, наприклад прикордонного наряду в певних умовах обстановки деякого набору можливих варіантів.

В роботах [1, 2] проаналізована проблема прийняття рішення в умовах наявності декількох можливих варіантів дій, та математичні методи, які застосовуються для обґрунтованого вибору потрібного варіанту.

В багатьох випадках задачу вибору раціонального маршруту в геоінформаційній системі в загальному вигляді можна описати множиною допустимих варіантів (альтернатив) і заданим на цій множині відношенням переваги, яка відображує інтереси особи, яка приймає рішення. В цьому випадку задача вибору маршруту полягає в виборі допустимої альтернативи, яка є кращою серед всіх альтернатив для заданого відношення переваг.

Відношення переваги на множині альтернатив можна описати двома способами: за допомогою функції корисності та в вигляді бінарного відношення переваги.

В процесі вирішення задачі вибору маршруту руху у геоінформаційній системі особа що приймає рішення порівнює різні альтернативи на основі аналізу інформації про реальну ситуацію, яка представлена у вигляді функцій корисності. Однак такий спосіб опису інформації про реальну ситуацію можливий не завжди. Не завжди відношення переваги і не на будь-якій множині альтернатив можна описати за допомогою функції корисності. Більш універсальним є опис інформації про реальну ситуацію за допомогою елементів теорії нечітких відношень, тобто ситуація описується у формі відношень переваги особи що вибирає маршрут на множині альтернативних варіантів дій у цій ситуації. Згідно з цим підходом передбачаємо, що при вирішенні задачі вибору маршруту руху в геоінформаційній системі скористаємося підходом, який використовується в задачах багатокритеріальної оптимізації. Будемо розглядати лише такі рішення (альтернативи), які не домінуються суворішими іншими альтернативами.

Сформулюємо алгоритм вирішення задачі вибору маршруту руху в геоінформаційній системі при наявності декількох критеріїв на основі застосування нечіткого відношення переваги та множини недомінуємих альтернатив.

1. Визначається множина альтернативних маршрутів руху X . Наприклад, ця множина складається з чотирьох альтернатив x_1, x_2, x_3, x_4 .

2. Визначається множина критеріїв R , за якими особа, що приймає рішення, оцінює кожен маршрут. Нехай ця множина складається з трьох критеріїв r_1, r_2, r_3 . Для кожного критерію визначається коефіцієнт відносної ваги, відповідно $\omega_1, \omega_2, \omega_3$. Крім того, по оцінкам експерта встановлюють відношення переваги критеріїв на множині альтернативних маршрутів. Наприклад, вказані критерії встановлюють такі відношення переваги на множині альтернативних маршрутів: r_1 : маршрут x_1 має перевагу над маршрутом x_4 ($x_1 \succ x_4$), маршрут x_2 приблизно еквівалентний маршруту x_3 ($x_2 \approx x_3$), а маршрут x_2 має перевагу над маршрутом x_1 ; r_2 : $x_1 \succ x_2, x_2 \approx x_4, x_3 \succ x_2$; r_3 : $x_4 \succ x_2, x_3 \succ x_2, x_1 \approx x_4$.

3. На цьому етапі будуємо матриці відношення для кожного критерію на множині альтернативних маршрутів. У матриці заносимо значення функцій приналежності нечіткого відношення переваги для r_i . Для побудови матриці відношення скористаємось виразом:

$$\mu_{r_i}(x_i, x_j) = \begin{cases} 1, & x_i \geq x_j, x_i \approx x_j; \\ 0, & x_i \not\succeq x_j \end{cases} \quad (1)$$

4. Для вирішення задачі багатокритеріального вибору альтернативного маршруту виберемо спосіб згортки багатьох критеріїв в скалярний. В якості способу згортки критеріїв вибираємо перетин :

$$Q_1 = \bigcap_{i=1}^n R_i, \quad (2)$$

де Q_1 – нечітке відношення переваги альтернативних маршрутів по заданим критеріям R_i .

Величина Q_1 буде мати функцію належності у вигляді:

$$\mu_{Q_1}(x_i, x_j) = \min(\mu_1(x_i, x_j), \mu_2(x_i, x_j), \dots, \mu_n(x_i, x_j)), \quad (3)$$

де $\mu_n(x_i, x_j)$ - функція належності нечіткого відношення переваги по кожному з критеріїв.

5. Знаходимо множину недомінуємих альтернативних маршрутів руху. Згідно з визначенням нечіткого відношення переваги [3, 4] для будь-яких альтернативних маршрутів величина функції приналежності є сутінню, з якою один альтернативний маршрут домінується іншим. Виходячи з цього множина всіх альтернативних маршрутів, які не домінуються описується функцією приналежності виду:

$$\mu_{Q_1}^{nd}(x) = 1 - \sup_{y \in X} \left\{ \sum_{i=1}^n \mu_{Q_1}(x, y) - \mu_{Q_1}(y, x) \right\}, \quad (4)$$

де x, y – альтернативні маршрути руху, $x \in X$; $\mu_{Q_1}(x, y), \mu_{Q_1}(y, x)$ - функції належності. Таким чином, отримуємо підмножину недомінуємих альтернативних маршрутів:

6. Використовуючи згортку критеріїв у вигляді суми, будуємо нечітке відношення переваги Q_2 :

$$Q_2 = \sum_{i=1}^n \omega_i f_i(x), \quad (5)$$

де $f_i(x)$ - функція корисності для i -го критерія.

Нечіткому відношенню Q_2 відповідає функція належності:

$$\mu_{Q_2}(x, y) = \sum_{i=1}^n \omega_i \mu_i(x, y). \quad (6)$$

7. Знаходимо нечітку підмножину недомінуємих альтернатив по відношенню Q_2 . Ця множина характеризується функцією приналежності в вигляді:

$$\mu_{Q_2}^{nd}(x) = 1 - \sup_{y \in X} \left\{ \sum_{i=1}^n \mu_{Q_1}(x, y) - \mu_{Q_1}(y, x) \right\}. \quad (7)$$

Таким чином, отримуємо підмножину недомінуємих альтернатив по відношенню Q_2 .

8. Використовуючи перетин множин Q_1^{nd} та Q_2^{nd} , знаходимо загальну множину недомінуємих альтернатив цих маршрутів $Q_{nd} = Q_1^{nd} \cap Q_2^{nd}$ з функцією належності:

$$\mu_{Q_{nd}}(x) = \min(\mu_{Q_1}^{nd}(x), \mu_{Q_2}^{nd}(x)). \quad (8)$$

Знайшовши значення функції належності результуючої множини, вибираємо альтернативу, якій відповідає найбільше значення функції належності результуючої множини:

$$X_p = \left\{ x^* : \mu_{Q_{nd}}(x^*) = \sup \mu_{Q_{nd}}(x), x \in X \right\}. \quad (9)$$

На підставі аналізу значень функції належності по кожному альтернативному маршруту робимо висновок про найкращу альтернативу.

Література.

1. Теория прогнозирования и принятия решений / Под ред. С. А. Саркисяна.- М.: Наука, 1985. – 356 с.
2. Р. Л. Кини, Х. Райфа. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. Пер. с англ./ Под ред. И. Ф. Шахнова. – М.: Радио и связь, 1981.- 559 с.
3. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / Ф.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. - М.: Радио и связь, 1989.- 304 с.
4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Наука, 1986.- 396 с.

СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЕРЖПРИКОРДОНСЛУЖБИ УКРАЇНИ

Катеринчук І.С.⁽¹⁾, Рачок Р.В.⁽¹⁾, Басараб О.К.⁽¹⁾,
Семенченко А.І.⁽²⁾, Алексеева І.В.⁽³⁾

⁽¹⁾Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького,

⁽²⁾ Національна академія державного управління при президентіві України

⁽³⁾ Національний технічний університет України "КПІ"

E-mail: a_basarab@ukr.net

Scorecard operational efficiency of telecommunication systems Border Patrol UKRAINE

Research results in the system of indicators to measure the efficiency of telecommunication system Border Service of Ukraine.

Аналіз методів, форм та способів охорони державного кордону на сучасному етапі[1] засвідчив важливу роль розвитку інформаційної складової в системі охорони кордону, зокрема телекомунікаційної системи (ТКС) Держприкордонслужби.

Опишемо показники оцінки ефективності функціонування ТКС.

Продуктивність телекомунікаційної мережі характеризує кількість інформації користувачів мультисервісної системи і яка обслуговується даною системою з заданою якістю за одиницю часу [2, 3]. Показник продуктивності системи включає такі часткові показники: пропускання спроможність, час реакції системи та час затримки передачі і варіації затримки передачі. Середня пропускання спроможність $C_{спс}(t)$ визначається:

$$C_{спс}(t) = \frac{V_{прд}(t)}{T_{прд}}. \quad (1)$$

де $V_{прд}(t)$ – загальний обсяг переданих даних; $T_{прд}$ – час передачі даних.

Час реакції ТКС можна визначити як інтервал часу між появою на вході системи запиту користувача до будь-якої мережевої служби (запити n -ї послуги) і отриманням на виході мережі відповіді на даний запит:

$$T_p = \frac{1}{N_{ср.} N_{аб.} N_{пос.}} \sum_{n_{ср.}=1}^{N_{ср.}} \sum_{n_{аб.}=1}^{N_{аб.}} \sum_{n=1}^{N_{пос.}} (t_{п.з.н} + t_{прд.з.н} + t_{о.з.н} + t_{прд.в.н} + t_{о.в.н}), \quad (2)$$

де $N_{пос.}$ – кількість послуг, які надаються ТКС; $N_{аб.}$ – кількість абонентів, які обслуговуються ТКС; $N_{ср.}$ – кількість серверів послуг, до яких звертаються абоненти; $t_{п.з.н}$ – час, який витрачається на підготовку користувачем запиту на АРМ n -го типу; $t_{прд.з.н}$ – час передачі запиту між АРМ і сервером послуг через сегмент мережі; $t_{о.з.н}$ – час обробки запиту на сервері; $t_{прд.в.н}$ – час передачі відповіді від сервера до АРМ; $t_{о.в.н}$ – час обробки отриманих відповідей на АРМ.

Третьою складовою показника продуктивності ТКС є час затримки передачі і варіації затримки передачі [4]:

$$T_{зп} = t_{макс.з.прд} + \Delta t_{з.прд}, \quad (3)$$

де $t_{\text{макс.з.прд}} = (t_{\text{вих.}} - t_{\text{вх.}})$, $t_{\text{вх.}}$, $t_{\text{вих.}}$ – час появи пакету (повідомлення) на вході та на виході системи відповідно; $\Delta t_{\text{з.прд}}$ – величина варіації затримки передачі.

Як свідчить аналіз робіт [2, 5], стійкість ТКС може мати об'єктовий і функціональний рівні оцінки. Під об'єктовою завадостійкістю ТКС будемо розуміти здатність ТКС до підтримання актуального стану з'єднання в умовах навмисних впливів:

$$F_{\text{оз}}(t) = P(T_{\text{сф}} \geq T_{\text{сфн}}) = 1 - \sum_{r=1}^{R_{\text{мв}}} P_{\text{злр}}(t)(1 - P_{\text{зр}}(t)), \quad (4)$$

де $R_{\text{мв}}$ – кількість можливих варіантів впливу; $P_{\text{злр}}(t)$ – ймовірність реалізації зловмисником r -го варіанту впливу; $P_{\text{зр}}(t)$ – ймовірність захищеності каналу інформаційного обміну при r -м варіанті впливу. Під об'єктовою технічною надійністю ТКС будемо розуміти здатність ТКС підтримувати свій працездатний стан в умовах технічних відмов [3, 5]:

$$F_{\text{тн}}(t) = P(T_{\text{сс}} \geq T_{\text{ссн}}) = 1 - \frac{N!l^l X^{n+1}}{v!l!}, \quad (5)$$

де $N = v + n$ – загальна кількість резервних (n) і робочих (v) елементів; $X = \frac{\lambda_{\text{відм}}}{l\mu_{\text{відн}}}$ – коефіцієнт відновлення елементів, виражений через співвідношення інтенсивності відмов $\lambda_{\text{відм}}$, інтенсивності відновлення елементів $\mu_{\text{відн}}$ і число одночасно відновлюваних елементів l , де $1 \leq l \leq n$.

Частковий показник функціональної стійкості ТКС являє собою здатність каналу інформаційного обміну нарощувати можливості стійкого функціонування за рахунок раціональної (оптимальної) поведінки в умовах протидії [3, 5]. Функціональна стійкість буде мати вигляд:

$$F_{\text{фс}}(t) = \frac{1}{C_{\text{н.пс}}(t)} \sum_{r=1}^{R_{\text{мв}}} (1 - P_{\text{злр}}(t)) \sum_{\hat{r}=1}^{R_{\text{мп}}} C_{\text{тпс.}\hat{r}\hat{r}}(t-1) F_{\hat{r}\hat{r}}(t-1, t), \quad (6)$$

де $R_{\text{мв}}$ – кількість можливих варіантів впливу; $R_{\text{мп}}$ – кількість можливих варіантів протидії; $P_{\text{злр}}(t)$ – ймовірність реалізації зловмисником r -го варіанту впливу; $C_{\text{тпс.}\hat{r}\hat{r}}(t-1)$ – технічна пропускна здатність з'єднання, що забезпечується при $\hat{r}$ -му способі протидії застосуванню зловмисником r -го варіанту впливу на $(t-1)$ -му етапі функціонування; $F_{\hat{r}\hat{r}}(t-1, t)$ – функція корисності для оцінки варіантів відновлення інформаційного каналу обміну, приймаюча значення від 0 до 1.

Наступним показником оцінки ефективності функціонування ТКС є показник достовірності передачі інформації $F_{\text{дп}}(t)$ в процесі функціонування ТКС [5, 6]. Достовірність передачі характеризує точність (безпомилковість) і неспотвореність інформації в процесі її передачі від абонента до абонента через елементи ТКС. Точність (безпомилковість) передачі інформації можна оцінити коефіцієнтом помилок передачі інформації $K_{\text{п.прд.і}}(t)$:

$$K_{\text{п.прд.і}}(t) = \sum_{r=1}^R \alpha_r N_{\text{вт}}(t), \quad (7)$$

де α_r – відносна важливість (пріоритет) переданої інформації r -го виду, $N_{\text{вт}}(t)$ – кількість втраченої інформації.

Показник неспотвореності при передачі інформації в ТКС чисельно характеризує здатність системи протистояти модифікації або руйнуванню оброблюваної і переданої інформації і може бути представлений у вигляді коефіцієнта спотворення переданої інформації (пакетів, блоків даних тощо) $K_{\text{н.прд.і}}(t)$.

Показник безпечності передачі даних в ТКС є показником, який кількісно характеризує здатність ТКС забезпечувати конфіденційність інформації. У загальному випадку показник безпечності передачі інформації можна характеризувати за допомогою коефіцієнта дешифрування інформації:

$$K_{\text{деш.і}}(t) = 1 - P_{\text{деш.і}}(t), \quad (8)$$

де $P_{\text{деш.і}}(t)$ – ймовірність дешифрування інформації за інтервал часу, тривалість якого не перевищує значення, яке визначається швидкістю старіння інформації.

Враховуючи [7] для оцінки впливу функціонування ТКС на оперативно-службову діяльність будемо оцінювати ймовірність незаконного перетину кордону у пункті пропуску.

Ефективність функціонування ТКС безпосередньо пов'язана з ймовірністю того, що інформація про правопорушника знаходиться у базі даних сервера пункту пропуску ($P_{\text{бд}}$) і може бути визначена виразом:

$$P_{\text{бд}} = \frac{l \cdot v_o}{2 \cdot T_p \cdot M} \cdot T_k^2. \quad (9)$$

де T_k - тривалість непрацездатності мережі; l – кількість виходів з ладу мережі протягом достатньо великого, для статистичної обробки, проміжку часу (одного року); M – загальна кількість записів у БД пункту пропуску; v_o – середня швидкість надходження записів з дорученнями до БД (кількість записів в одиницю часу); T_p – тривалість достатньо великого, для статистичної обробки, проміжку часу (одного року).

Таким чином, сформована система показників дозволяє оцінити ефективність функціонування ТКС Держприкордонслужби.

Література

1. *Литвин М.М.* Нові підходи до охорони державного кордону в сучасних умовах // М.М.Литвин // Честь і закон. – 2008. – № 2. – С.3-8.
2. *Вишневский В.М.* Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
3. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Под ред. В.Н. Гордиенко и А.Д. Крухмалева. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 510
4. *Таннебаум Э.* Компьютерные сети / Э. Таннебаум. – [4-е изд]. – СПб.: Питер, 2003. – 992 с.
5. *Ненадович Д.М.* Методологические аспекты экспертизы телекоммуникационных проектов. - М.: Горячая линия – Телеком, - 2008. – 280 с.
6. *Советов Б.Я., Яковлев С.А.* Построение сетей интегрального обслуживания. – Л.: Машиностроение, 1990. – 332 с.
7. *Басараб О.К.* Шляхи підвищення ефективності прикордонного контролю за рахунок вдосконалення мережевої складової «ГАРТ-1». Збірник наукових праць №58, ч. II / – Хм.: видавництво НАДПСУ, 2012. - С.241-245.

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕНСОРНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ РЕАГИРОВАНИЯ НА КОНФЛИКТНЫЕ СИТУАЦИИ

Писарчук А.А.⁽¹⁾, Афанасьева Л.А.⁽²⁾

⁽¹⁾*Житомирский военный институт имени С. П. Королева Национального авиационного университета*

⁽²⁾*Национальный технический университет Украины «КПИ»*

E-mail: PlatinumPA@meta.ua

Structurally-self-reactance synthesis of the distributed sensor-based system of reacting on conflicts situations

The decision of task of structurally-self-reactance synthesis of the distributed sensor-based system of reacting is examined on conflicts situations with the use of methods of multicriterion analysis. The synthesis of structure of the system is realized on the base of ideology of situational management.

Современные задачи управления сложными объектами решаются в условиях динамического изменения внешней обстановки, сопровождаются анализом многих факторов, обработкой значительных информационных массивов, получаемых от разнородных, распределенных в пространстве информационных источников (ИнфИ), а также требуют адекватного и актуального реагирования на возникающие при этом конфликтные ситуации (КС). Примером таких информационно-управляющих структур могут быть системы управления воздушным движением, войсками и оружием, государственными институтами разного уровня и т. д. Эффективным подходом к решению подобных задач управления может быть применение распределенных информационно-управляющих систем реагирования на КС. Разнообразие и априорная неопределенность по типу КС требует использования ситуационного принципа управления в системах реагирования на них [1]. При этом в зависимости от содержания и сущности контролируемой ситуации, необходимо адаптивно (ситуативно) создавать структурно-параметрическую конфигурацию системы управления.

Задача конфигурирования информационно-управляющей системы относится к классу задач анализа и синтеза сложных систем [2–4]. Основными недостатками классических подходов, применительно к системе реагирования на КС, является сложность их практического применения для разнородных распределенных систем, а также использование, по большей части, однокритериальных целевых функций эффективности. Вместе с тем показано, что эффективность решения такого класса задач повышается с применением методов многокритериального анализа [4].

Исходя из изложенного, актуальной является задача выработки подхода по структурно-параметрическому синтезу распределенной информационно-управляющей системы реагирования на КС с использованием методов многокритериального анализа.

Предлагается рассматривать синтезируемую систему на трех обобщенных уровнях: ИнФИ; системы обработки информации и принятия решений; потребителей информации – исполнительных элементов, действия которых направлены на устранение КС. Такая система предназначена для реализации функций: контроля текущей ситуации с использованием имеющихся и доступных ИнФИ; выявления и идентификации КС; конфигурирования системы в соответствии со сложившейся ситуацией; формирования сценария действий по ее устранению; определения заданий исполнительным элементам и ИнФИ на устранение и контроль развития КС с последующим переводом системы в штатный режим функционирования.

Описание конфликтной ситуации реализуется следующим образом. Пусть i -я ($i = 1 \dots I$) КС – KS_i характеризуется множеством (формуляром), состоящим из тройки: P_{ks} – признак КС, представляющий уникальную для каждого ее типа литерно-цифровую комбинацию; T_{ks} – множество (перечень) частных задач системы по устранению возникшей ситуации (формируется, исходя из задач системы в целом и задач отдельных АРМ); I_{ks} – множество (перечень) информационных потребностей системы по устранению КС. Тогда *формуляр КС* задается множеством

$$KS_i = \{P_{ks\ i}, T_{ks\ j}^{KS}, I_{ks\ f}^{KS}\}, i = 1 \dots I, j = 1 \dots J, f = 1 \dots F. \quad (1)$$

В свою очередь, множество частных задач по устранению КС и перечень информационных потребностей для i -й КС можно представить в виде подмножеств:

$$T_{ks\ j}^{KS} = \{T_{ks\ i1}, T_{ks\ i2}, T_{ks\ i3}, \dots, T_{ks\ il}, \dots, T_{ks\ iL_i}\}, l = 1 \dots L_i, \quad (2)$$

$$I_{ks\ f}^{KS} = \{I_{ks\ i1}, I_{ks\ i2}, I_{ks\ i3}, \dots, I_{ks\ ik}, \dots, I_{ks\ iK_i}\}, k = 1 \dots K_i.$$

Описание системы обработки информации реализуется для каждого ее отдельного элемента (АРМ) как технической системы. Каждое АРМ характеризуется множеством (*формуляром АРМ*) из перечня задач и информационных потребностей

$$ES_j = \{T_{ks\ j}^{ES}, I_{ks\ j}^{ES}(I_{ks\ f}^{ID})\}. \quad (3)$$

Функциональное обозначение $I_{ks\ j}^{ES}(I_{ks\ f}^{ES})$ характеризует взаимосвязь информационных потребностей j -го АРМ, обеспечиваемых информационными возможностями f -го ИнФИ.

Описание источников информации характеризуется множеством пар (*формуляр ИнФИ*): I_{ks}^{ID} – перечень (множество) информационных возможностей ИнФИ; TX – перечень (множество) технических характеристик (ТХ) ИнФИ, обеспечивающих его возможности:

$$ID_f = \{ I_{ksf}^{ID}, TX_f \}. \quad (4)$$

Таким образом, на понятийном уровне осуществлено формальное математическое описание составляющих распределенной информационно-управляющей системы реагирования на КС.

Далее осуществляются структурно-параметрический синтез системы по количественному и качественному составу с применением методов многокритериальной оптимизации путем сведения совокупности частных критериев в единый функционал по свертке проф. Воронина А.Н. [4] Сущность синтеза заключается в определении состава необходимых автоматизированных рабочих мест (АРМ), приданных к ним (доступных) ИнфиИ для устранения возникшей КС. Состав АРМ и ИнфиИ косвенным образом определяет параметры составляющих системы реагирования на КС.

Так количественный состав системы определяется в соответствии с оптимизационной моделью

$$F(N_{ARM}) = (1 - t_{ks0}(N_{ARM}))^{-1} + (1 - D_{ks0}(N_{ARM}))^{-1} + (1 - ID_{ks0}(N_{ARM}))^{-1} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где зависимыми от количества АРМ N_{ARM} нормированными к минимизационной форме частными критериями являются: $t_{ks0}(N_{ARM})$ – время, затрачиваемое на устранение КС; $D_{ks0}(N_{ARM})$ – достоверность решений, формируемых для устранения КС; $ID_{ks0}(N_{ARM})$ – характеристика информационной избыточности синтезируемой системы.

Качественный состав системы определяется исходя из требований наилучшего отображения в ее структуре возникшей КС. При этом оптимальной будет структура системы, обеспечивающая: выполнение наибольшего количества функций АРМ из заданных формуляром КС $T_{sj} \rightarrow \max$; наибольшее количество используемых для устранения КС ИнфиИ $I_{sj} \rightarrow \max$ с наилучшими ТХ $TX_{sj} \rightarrow \max$. Операция конфигурирования реализуется в соответствии с оптимизационной моделью вида

$$\Psi_j = GT_{j0}(1 - T_{sj0})^{-1} + GI_{j0}(1 - I_{sj0})^{-1} + GTX_{j0}(1 - TX_{sj0})^{-1} \rightarrow \min. \quad (6)$$

В качестве весовых коэффициентов используются параметры GT_j , GI_j , GTX_j , отражающие значимость АРМ по параметрам T_{sj} , I_{sj} , TX_{sj}

Таким образом, предложен подход структурно-параметрического синтеза структуры распределенной информационно-управляющей системы реагирования на КС. Подход базируется на принципе ситуационного управления, реализованном с использованием методов многокритериального анализа применительно к задаче анализа и синтеза сложных систем.

Литература.

1. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление: теория и практика / Д. А. Поспелов. – М. : Наука, 1986. – 288 с.
2. *Цвиркун А. Д.* Основы синтеза структуры сложных систем / А. Д. Цвиркун. – М. : Наука, 1982. – 200 с.
3. Основы моделирования сложных систем : учеб. пособ. для студентов вузов / Под ред. И. В. Кузьмина . – К. : Высшая школа, 1981. – 360 с.
4. Сложные технические и эргатические системы: метод использования / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиятдинов, А. В. Харченко, В. В. Осташевский. – Х. : Факт, 1997. – 240 с.

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ, ЩОДО ПРІОРИТЕЗАЦІЇ ТРАФІКУ В СЕНСОРНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Хоптинський Р.П.⁽¹⁾, Новіков В.І.⁽²⁾

⁽¹⁾Національна академія державної прикордонної
служби України ім. Б.Хмельницького,

⁽²⁾Національний технічний університет України "КПІ"
E-mail: oficer-83@ukr.net

Analysis of approaches, in relation to traffic prioritization in modern telecommunication networks

Approaches to appoint priority classed so traffic in modern telecommunication networks to provide quality of service

На даний час інтегрована інформаційно-телекомунікаційна система "Гарт" включає в себе двадцять одну інформаційно-телекомунікаційну систему та ряд підсистем, які безпосередньо відповідають за виконання певних специфічних задач, тому постає питання, щодо врахування та призначення пріоритетів пакетів, які формують дані ІТС, а також потрібно враховувати наступні характеристики: ієрархічну структуру ТКМ – на різних рівнях виконуються різні функції; вид трафіку, який генерується з кінцевого вузла; технічну складову, який елемент генерую той чи інший трафік (сервер АРМ, система відео конференцв'язку, ІР-телефон та інші).

Аналіз літератури в даному напрямку показав, що на даний час існує два підходи щодо призначення пріоритетів, а саме: перший підхід запропонований Міжнародним союзом електрозв'язку в рекомендаціях Y-1541; другий – Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів в проєкті TIPHONE (ETSI-TR102). Проте, дані рекомендації орієнтовані перш за все на врахування виду трафіку і не враховують специфіку функціонування ТКМ ДПС України. Для врахування даної специфіки перш за все потрібно проаналізувати можливі способи задання пріоритетів та фільтрації трафіку сучасних ТКМ.

В ідеальному варіанті для досягнення найкращих результатів по продуктивності, надійності, керованості та масштабованості потрібно розглядати телекомунікаційну мережу з погляду багаторівневого підходу. Даний підхід дозволяє нарощувати мережу шляхом додавання нових блоків, забезпечує високий детермінізм поведінки мережі, вимагає мінімальних зусиль і коштів для пошуку і усунення несправностей.

Багаторівнева модель ТКМ в загальному випадку складається з трьох рівнів [1]: рівень доступу – комутатори 2 рівня з інтелектуальністю 3-4 рівнів; рівень розподілу - комутатори 3-4 рівнів; магістральний рівень - комутатори 3-4 рівнів. Проте аналізуючи якість обслуговування вводять четвертий рівень серверний блок – комутатори 3-7 рівнів.

З точки зору забезпечення якості обслуговування потрібно перш за все розглядати перших три рівні, саме на цих рівнях першочергово потрібно впроваджувати механізми якості обслуговування. В свою чергу потрібно розуміти, що теоретично можливо об'єднання декількох логічних рівнів, найчастіше об'єднання проходить на рівні доступу, розподілу та магістральному в одному фізичному пристрої, такий підхід характерний для ТКМ ДПС України.

Обладнання на рівні доступу та/або розподілу володіє наступними можливостями: класифікація трафіку - здатність класифікувати трафік за типами додатків, фізичним і мережевим адресам джерел та одержувачів, портів комутаторів і т.п. Класифікований трафік отримує мітку, що позначає призначений пакетам рівень пріоритету, тим самим даючи можливість пристроям мережі відповідним чином обслуговувати цей

трафік. Також забезпечується рекласифікація пакетів на основі заданої адміністратором політики якості обслуговування.

Обладнання магістрального рівня володіє наступними можливостями:

запобігання та управління перевантаженнями - здатність управляти поведінкою мережі при перевантаженні, відкидаючи певні пакети на основі класифікації або політики в моменти перевантаження мережі за допомогою технології Weighted Random Early Detection (WRED) і організації черг на інтерфейсах;

планування - здатність здійснювати пріоритетну передачу пакетів, засновану на класифікації або політиці якості обслуговування, за допомогою декількох черг і технології Weighted Round Robin (WRR).

Якість обслуговування в маршрутизаторах на даний час досягається впровадження правил якості обслуговування, для будь-якого правила потрібно насамперед визначити трафік, що має особливі вимоги, інструмент класифікації позначає пакет або фрейм певним значенням. Ці значення міток дозволяють розмежувати різні типи трафіку і застосувати до них різні правила обробки черг.

Розглянемо значення по яким здійснюється класифікація на різних рівнях OSI на основі аналізу значень IP-пакету[2]:

1). Параметри другого рівня:

біти класу послуг 802.1Q/p (CoS, ClassofService) - Ethernet фрейми можуть позначатися за допомогою біт в заголовку другого рівня з використанням 802.1p біт пріоритету в заголовку 802.1Q. Розмір поля 802.1p - 3 біти, таким чином тільки вісім класів сервісу (0-7) доступні для маркування Ethernet фреймів другого рівня;

MPLS EXP - біти MPLS EXP - це три біта в MPLS мітці, що містять індикатор якості обслуговування. За замовчуванням, під час імпозиції мітки в значення MPLS EXP записується значення поля IPP IP пакета. Розмір поля дозволяє використовувати до восьми маркувань пріоритетів. Значення EXP біт використовуються для визначення PHB на вузлах MPLS мережі і можуть використовуватися для забезпечення прозорості перенесення значень IPP/DSCP в пакетах клієнта в разі застосування MPLS методів тунелювання Diffserv (MPLS DiffServ Tunneling Modes).

2). Параметри третього рівня:

байт типу сервісу IP-TypeofService (ToS). У зв'язку з тим, що в процесі проходження пакетів від джерела до призначення часто змінюється середу другого рівня, більш універсальний метод маркування полягає у використанні заголовка третього рівня. Другий байт заголовка IPv4 пакета - це байт ToS. Перші три біти байта ToS називаються бітами IPP (IP Precedence). IPP також як і CoS біти 802.1p, дозволяють помітити пакет тільки вісьмома значеннями (0-7);

значення DSCP (Differentiated Services Code Point) можуть бути виражені в цифровій формі або з використанням спеціальних ключових слів, які називаються поведінкою мережних ділянок (PHB - Per-HopBehavior). Визначено три класи DSCP маркування: по можливості (besteffort - максимальних зусиль або DSCP 0), гарантована доставка (Гарантований Forwarding, AF) і термінова доставка (термінова доставка - EF). На додаток до цих трьох певних класів існують коди селектора класів (клас точок вибору коду), які сумісні з IPP (CS1-CS7 ідентичні значенням 1-7 IPP). Дані PHB описані в RFC 2547, 2597 і 3246, відповідно;

IP-адреси джерела та пункту призначення.

3). Параметри четвертого рівня (порти TCP або UDP): за допомогою записів списків доступу (Access Control Entries - ACE) перевіряється відповідність трафіку на основі адреси та інформації порту четвертого рівня [3]. ACE-записи групуються в списки управління доступом (Access Control Lists - ACL), або стратегії якості обслуговування, що застосовуються до певних портів комутуючих пристроїв.

4). Параметри сьомого рівня - підписи додатків в ідеальному варіанті функціонування ТКМ використання параметрів даного рівня не є прийнятним, тому що не доцільно довіряти адекватності маркування трафіку різними додатками.

В роботі розглянуто способи пріоритезації трафіку в сучасних ТКМ та встановлено, що найбільш прийнятним способом пріоритезації трафіку є використання розширених списків управління доступом, які дають змогу призначати пріоритети трафіку не тільки по типу трафіку, а й по IP-адресам та портам відправників та отримувачам по типу протоколу. Проте порядок створення списків управління доступу у випадку великої розмірності ТКМ постає досить складне завдання врахування всіх можливих параметрів трафіку, а відсутність науково-методичного апарату, щодо розподілу пріоритетів якості обслуговування з урахуванням особливості побудови та функціонування ІТС “Гарт”, що містить в своєму складі велику кількість ІТС та підсистем з різними вимогами, щодо передачі інформації вимагає створення такої методики, яка б враховувала такі параметри: різновид ІТС, рівень управління, вид трафіку та технічна складова.

Література

1. Программа сетевой академии Cisco CCNA 3 и 4. Вспомогательное руководство. : Пер. с англ. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2007. – 994с.
2. Шринивас Вегешна. Качество обслуживания в сетях IP. - М.: Вильямс, 2003. - 368 с.
3. Программа сетевой академии Cisco CCNA 1 и 2. Вспомогательное руководство 3-е изд., с испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2008. – 1168 с.

ДЕКОМПОЗИЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ СЕНСОРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В КОРПОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ

Стрельбіцький М.А.⁽¹⁾, Прищеп Т.О.⁽²⁾

⁽¹⁾Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького

⁽²⁾Національний технічний університет України "КПІ"
E-mail: michael_str@mail.ru

Decomposition of information security technologies in corporate systems

The article are defined the component part so complex information security systems for corporate systems at the stage of modernization. Given their three organizational parts: feature to protect information, management tools and feature for data protection feature the overall organization of the system. The result of research his management scheme information security.

Широкомасштабне впровадження автоматизованих систем, побудованих з використанням сучасних інформаційних технологій, в структуру управління на всіх рівнях Державної прикордонної служби України (ДПСУ) є об'єктивною реальністю[1]. До певного моменту автоматизація всіх сфер діяльності суспільства і держави здійснювалась без належної уваги до проблем захисту інформації, що призвело до збільшення можливостей несанкціонованого доступу, як до державних, так і до приватних інформаційних ресурсів. Прикладом неналежної уваги до питань захисту інформації може служити факт розкрадання інформаційних ресурсів Міністерства оборони і державного департаменту США, що містили більше 400 тисяч секретних документів і передача їх власникам скандально відомого інтернет порталу Wikileaks.

Структура та склад інформаційно-телекомунікаційних систем ДПСУ передбачає збір, обробку та передавання інформації про особу, транспортні засоби та вантажі, які перетинають державний кордон. У цьому аспекті ці підсистеми можуть стати ціллю для зловмисників. Ефективне функціонування інтегрованої інформаційно-телекомунікаційної системи ДПСУ при існуючих загрозах на даний час стає неможливим без забезпечення інформаційної безпеки. Особливе місце в цій проблемі займає технологія управління, як організаційна складова процесу захисту інформації.

Метою дослідження є встановлення складових технології захисту інформації в корпоративних системах (КС) на стадії їх модернізації.

Найважливішою концептуальною вимогою до інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС) є вимога адаптованості, тобто здатності до цілеспрямованого пристосування при зміні структури, технологічних схем або умов їх функціонування. Для такого функціонування система захисту інформації (СЗІ) має базуватися на чіткій організації та регулярному управлінні.

Під управлінням в ІТС розуміється визначення на кожному кроці її функціонування таких керуючих впливів на елементи системи, наслідком яких буде вирішення одного або декількох функціональних завдань.

Під функціональним завданням розуміється сукупність однорідних у функціональному відношенні операцій, що реалізуються ІТС. З метою здійснення функцій по обробці даних засобами ІТС в рамках кібернетики сформульовані загальні закони управління [2]:

- 1) будь-яке управління є цілеспрямований процес;
- 2) будь-яке управління є інформаційний процес, що полягає в зборі обробці та передачі інформації;

3) будь-яке управління здійснюється в замкнутому контурі, утвореному керуючим і керованим об'єктами, об'єднаними в єдину систему прямою і зворотною лініями зв'язку.

Рівень розвитку сучасних засобів обчислювальної техніки дозволяє включати до складу СЗІ підсистему підтримки прийняття рішення, яка використовується в центрі управління безпекою КС для автоматизації та підвищення оперативності управління безпекою даних [3].

В результаті декомпозиції СЗІ можна виділити три організаційних частини:

- механізми забезпечення захисту інформації;
- механізми управління механізмами захисту інформації;
- механізми загальної організації роботи системи.

Складовими компонентами системи управління захистом інформації повинні бути механізми, що створюються безпосередньо в КС, а також підрозділи, що створюються для організації та забезпечення їх функціонування.

Сутність механізмів захисту інформації полягає в спостереженні за функціонуванням системи; встановлення порогових значень для включення сигналу про події безпеки; сповіщення суб'єктів про ці події; відпрацювання рекомендацій з управління діями СЗІ і застосуванні певних засобів захисту для надання нейтралізуючого впливу на дестабілізуючий фактор(ДФ) та усунення порушення [4,5].

При створенні і організації функціонування системи управління розглядаються два види процесів:

- 1) створення механізмів захисту інформації, необхідних і достатніх для надійного захисту інформації для самого загального випадку потенційно можливих ДФ;
- 2) організація ефективного управління використанням та вдосконаленням (для раніше неврахованих випадків ДФ) механізмів захисту інформації.

У механізмах забезпечення захисту можна виділити два організаційних компонента: постійні (вбудовані) механізми і змінні. При цьому під постійними розуміються такі механізми, які вбудовуються в компоненти КС в процесі створення СЗІ і знаходяться в робочому стані у весь час функціонування відповідних компонентів КС. Змінні механізми є автономними, використання їх для вирішення завдання захисту інформації передбачає попереднє здійснення операцій щодо введення їх до складу компонентів КС. Як вбудовані так і змінні механізми можуть мати у своєму складі технічні, програмні та організаційні засоби забезпечення захисту. Механізми загальної організації роботи СЗІ призначені для системної ув'язки та координації роботи всіх компонентів СЗІ.

Таким чином, для вирішення завдань захисту інформації в КС повинна бути включена система управління. Організаційно система управління складається з наступних частин: механізмів забезпечення захисту інформації, механізмів управління ними і механізмів загальної організації роботи системи. В рамках концепції комплексної автоматизації система управління повинна охоплювати всі елементи КС. При цьому основні обов'язки щодо забезпечення необхідної ефективності захисту лягають на службу захисту інформації. Система управління повинна бути гнучкою, легко адаптуватись до конкретних умов, що складаються в процесі її цілеспрямованої діяльності. Іншими словами, завчасно повинні не просто визначатися конкретні рішення, а формуватися можливо більш повна технологія управління.

Список використаних джерел:

1. Наказ Голови Держприкордонслужби № 326 від 5 травня 2006 року «Про затвердження Програми розвитку телекомунікаційної мережі та інформатизації ДПСУ на період до 2015 року».
2. Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных, -М.: Энергоатомиздат, 1994, кн. 1,2

3. Терминология в области защиты информации. Справочник. М.: ВНИИ стандарт, 1993.
4. Про затвердження Правил проведення робіт із сертифікації засобів захисту інформації. Наказ Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 25.04.2007 № 75/91 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 травня 2007 р. за № 498/13765.
5. Про затвердження Правил посиленої сертифікації. Наказ Департаменту спеціальних телекомунікаційних систем та захисту інформації служби безпеки України від 13.01.2005 № 3. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 27 січня 2005 р. за № 104/10384.

CALCULATION OF DIRECT PARTIAL LOGIC DERIVATIVES BY MULTI-VALUED DECISION DIAGRAM

Jozef Kostolny

Department of Informatics, University of Zilina, Univerzitna 8215/1, Zilina, Slovakia

e-mail: jkostolny@gmail.com

Вычисление направленных логических производных с помощью диаграм решений многозначной логики

Reliability engineering used for expression of the initial state of the system mathematical model Multi-State System (MSS). This model can define multiple levels of performance, including working and failure mode. But also in this model with increasing number of system components is increasing the dimension of the system. This article presents a method for the analysis of MSS with large dimensions, based on Multi-valued Decision Diagrams (MDD) which representing MSS. This method is primarily designed for calculation of importance measures of MSS.

In the reliability analysis is used two primary models – Binary-state System (BSS) and MSS. Difference between these models is in the definition numbers of states in which the system component or system may be present. BSS allows define only two states – functional and failure, while MSS except of these conditions defines middle ground states. Therefore MSS allows representing more detailed and accurate than now represent the most used BSS. The MSS has been used for representation and reliability analysis of systems, such as the manufacturing, production, water distribution, power generation and in telecommunications [1]. In telecommunications have a reliability analysis also wide application on analysis of emergency telecommunications systems for nuclear power plants or other manufacturing factories as chemical plants, reliability of telecommunications network access for emergency telephone network system and various others.

For reliability analysis of MSS are proposed various methods. In this article the approach is based on the description of the MSS by structural function. Structural function defines dependency between system components and performance level of the system [2]. Main problem with this approach is that the MSS structural function of complex systems may have a large dimension [2]. This problem was solved in the work [3] by using Multiple Valued Logic (MVL). For the analysis MVL functions of larger size is designed Multi-valued Decision Diagram (MDD). The basic design of usage a MDD to analyze structural function of the MSS [3] is defined by dependence on changes in the level of system performance and changes in the level of performance system components.

MSS allows representing an initial object as a system of n components that has M performance levels. Each of n components of system can be in one of m_i ($i = 1, \dots, n$) possible states: from the complete failure ($i = 0$) to the perfect functioning ($i = m_{i-1}$). One of MSS representations that define correlation of system performance level and components states are already referred structure function [4]:

$$\phi(x): \{0, \dots, m_{1-1}\} \times \dots \times \{0, \dots, m_{n-1}\} \rightarrow \{0, \dots, M-1\}, \quad (1)$$

where x_i is the i -th component state; $x = (x_1, \dots, x_n)$ is a vector of components states.

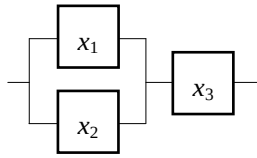
Every state of system component x_i is characterized by probability of the performance rate:

$$p_{i,s} = \Pr\{x_i = s\}, \quad s = 0, \dots, m_{i-1}. \quad (2)$$

where $p_{i,s}$ (2) is probability of the performance levels for the i -th system component.

Structural function can be presented by using a truth table, equation of MVL function and graphs MDD. Example of representation of these forms is shown in Fig. 1 [5]. MDD is a generalization of Binary Decision Diagrams. It's designed for the analysis of MVL functions with high dimension. Article [3] is MDD defined as directed acyclic graph of MVL functions. For the definition of structural function the MDD consist from M sink nodes (labeled from 0 to $M-1$), which corresponds to the M system state. Each non-sink node x_i has m_i output edges. These edges present state of system components and are labeled from left to right of "0" which indicates the failure of components and to " m_{i-1} " which is functional state of component.

MSS of three components ($n = 3$)
and $M = 3$, $m_1 = 2$, $m_2 = 2$, $m_3 = 4$



(a) Truth Table

		x_3			
x_1	x_2	0	1	2	3
		0	0	0	0
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	2	2

(b) MVL function

$$\phi(\mathbf{x}) = (x_1 \vee x_2) \wedge x_3$$

(c) MDD

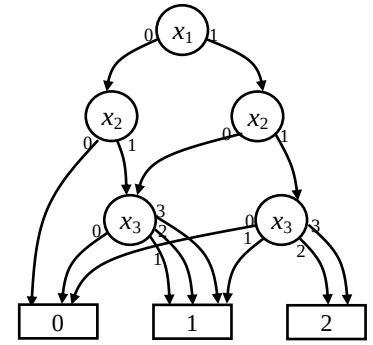


Fig. 1. Examples of the structure function representation of MSS of three system components ($n=3$)
with $M = 3$, $m_1 = 2$, $m_2 = 2$, $m_3 = 4$.

Importance analysis of MSS is approach for estimation of behavior the system structure and components states of MSS. For importance analysis of MSS is used structural importance (SI) [4]. SI of MSS for the i -th component state s is defined as probability of this system performance level j decrement if the component state changes from s_i to (s_i-1) :

$$I_S^{(s_i,j)} = \frac{\rho_i^{s,j}}{m_1 \dots m_{i-1} m_{i+1} \dots m_n} \quad (3)$$

where $\rho_i^{s,j}$ is number of system states when the change component state from s to $(s-1)$ results decrement of the system performance level.

In article [6] is presented a method for calculating the number of the system state, which is based on calculation of the structural function by DPLD of MSS. DPLD is method of Logical Different Calculation for estimation of the influence of change of variable value to the MVL function value change. DPLD background for MVL function has been considered in [7]. DPLD for MSS structure function is defined as [6]:

$$\frac{\partial \phi(j \rightarrow j-1)}{\partial x_i(s \rightarrow s-1)} = \begin{cases} 1, & \text{if } \phi(s_i, \mathbf{x}) = j \text{ and } \phi((s-1)_i, \mathbf{x}) = j-1 \\ 0, & \text{other} \end{cases} \quad (4)$$

where $\phi(s_i, \mathbf{x}) = \phi(x_1, \dots, x_{i-1}, s_i, x_{i+1}, \dots, x_n)$; $\phi((s-1)_i, \mathbf{x}) = \phi(x_1, \dots, x_{i-1}, (s-1)_i, x_{i+1}, \dots, x_n)$; $s_i \in \{1, \dots, m_{i-1}\}$ and $j \in \{1, \dots, M-1\}$.

The calculation algorithm of DPLD with MDD is introduced in article [5]. There are described two possible ways of algorithm – one analyzes the MDD from top non-sink node to sink node and second in reverse order from sink node to top non-sink node. Also in this article are defined some rules for analysis MDD.

Now is proposed a new algorithm for calculating DPLD by MDD. The principle of the algorithm is based on the analysis of sub-diagrams based on the MDD. Example sub-diagram of MSS from Fig.1 is shown in Fig. 2 for system component x_1 and x_3 . The first sub-diagram arises from finding the path from sink node with the value defined by the initial system state, to the top non-sink node. This “paths” including only path through node labeled x_i with initial value of component state x_i . Second sub-diagram just looking for another path from sink node, which is defined by the second system state, to the top non-sink node. Also in the second sub-diagram find only those paths that pass through a node labeled x_i with second state component. The resulting intersection of sub-diagrams is performance by operation AND. Created a sub-diagram that contains only non-zero DPLD paths from initial MDD. Fig.2 shows an example of sub-diagrams on a) for the component x_1 , DPLDs $\partial \phi(1 \rightarrow 0) / \partial x_1(1 \rightarrow 0)$ and on b) for components x_3 , DPLDs $\partial \phi(1 \rightarrow 0) / \partial x_3(1 \rightarrow 0)$. DPLD is further used to calculate the reliability indices for the reliability analysis.

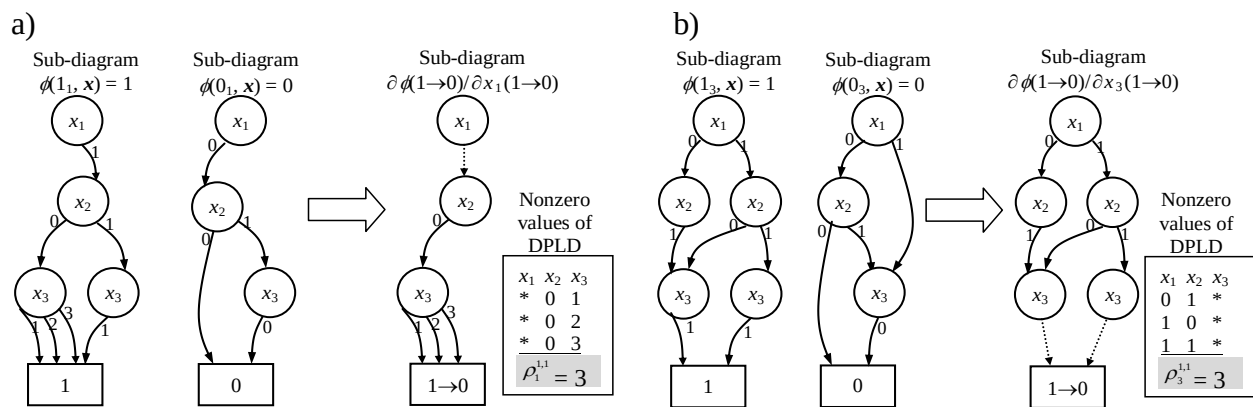


Fig. 2. Calculation of DPLD for structure function of MSS in Fig. 1 with respect to variable x_1 (a) and x_3 (b)

This article was proposed a new algorithm for the calculation DPLD by MDD. MDD is a suitable tool for MVL functions with a larger size and numbers of variables. Structural function of MSS is typically large size because consist from many variables. For reliability analysis is now mainly used truth tables and equations. Using the new proposed algorithm reduces the complexity of estimation reliability analysis of MSS by MDD.

References

1. E. Zio, "Reliability engineering: Old problems and new challenges", *Reliability Engineering and System Safety*, vol.94, pp.125-141, 2009
2. R. E. Barlow, F. Proschan, *Statistical Theory of reliability and Life Testing*, Holt Reinhart Winston, 1975.
3. M. Miller, R. Drechsler, "On the construction of multiple-valued decision diagrams", in *Proc. of the IEEE 32nd Int. Symp. on Multiple-Valued Logic (ISMVL)*, 2002, pp. 264-269.
4. E. Zaitseva, "Importance Analysis of a Multi-State System Based on Multiple-Valued Logic Methods", in: *Recent Advances in System Reliability: Signatures, Multi-state Systems and Statistical Inference*, London: Springer, pp. 113-134. (2012).
5. E. Zaitseva, J. Kostolny, V. Levashenko, "Multi-state system importance analysis based on direct partial logic derivative", in: *Proc. of 2012 IEEE International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE 2012)*, 2012, pp.1514-1519.
6. E. Zaitseva, V. Levashenko, "Dynamic reliability indices for parallel, series and k-out-of-n multi-state system", in *Proc. IEEE 52nd Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, 2006, pp 253 – 259.
7. V. Shmerko, S. Yanushkevich, V. Levashenko, "Techniques of Computing Logical Derivatives for MVL-functions", in: *Proc. of IEEE the 26th Int. Symp. on Multiple-Valued Logic (ISMVL)*, 1996, pp. 267-272.

VECTORS OF MULTI-STATE SYSTEMS

Kvassay M.

University of Zilina, Faculty of Management Science and Informatics, Slovak Republic

E-mail: Miroslav.Kvassay@fri.uniza.sk

Алгоритм вычисления минимальных разрезов для систем с несколькими уровнями надежности

An exact algorithm for finding all minimal cut vectors of multi-state systems is presented in this paper.

Reliability is principal characteristics of telecommunication systems [1], [2], [3]. Therefore development of methods for reliability analysis is important part in telecommunication. One of the principal questions (steps) in reliability analysis is mathematical interpretation of initial system. There exist two approaches for such representation that are named as binary-state systems and multi-state systems.

A binary-state system (BSS) allows defining two states in system performance: failure (it is 0) and functioning (it is 1). A multi-state system (MSS) is used for mathematical representation of systems with some (more than two) performance levels [4]. MSS consists of n components and has M performance levels, which are defined from 0 (complete failure) to $(M - 1)$ (perfect functioning). Every component of the system can be in one of M_i ($i = 1, 2, \dots, n$) possible states (performance levels), which are also defined from 0 (complete failure) to $(M_i - 1)$ (perfect functioning). The correlation between system performance level and components states is defined by structure function (SF) [4], [5], [6]:

$$\phi(\mathbf{x}): \{0, 1, \dots, M_1 - 1\} \times \{0, 1, \dots, M_2 - 1\} \times \dots \times \{0, 1, \dots, M_n - 1\} \rightarrow \{0, 1, \dots, M - 1\} \quad (1)$$

where x_i is the i -th components state and $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ is a vector of components states.

There are different mathematical techniques to quantify system reliability. One of them is based on minimal cut sets (MCS) analysis. Minimal cuts are used in reliability analysis of coherent systems. (The coherent system consists of only components, which are relevant to the system performance, and the SF (1) of the system is non-decreasing [4], [5].)

Conception of MCS is used for BSS reliability analysis often. A lot of methods for reliability estimation based on this approach have been proposed for BSS [7], [8]. However, the term MCS is not very suitable for coherent MSS. Therefore, the concept of cut vectors (CV) and minimal cut vectors (MCV) is developed. Below two states vectors $\mathbf{x}$ and $\mathbf{y}$ will be used for CV and MCV definitions and the convention $\mathbf{x} > \mathbf{y}$ means that $x_i \geq y_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) and there exists at least one i such that $x_i > y_i$.

MCV definition is as follows [4]:

A state vector $\mathbf{x}$ is a cut vector for demand level j if $\phi(\mathbf{x}) < j$. A cut vector $\mathbf{x}$ is minimal if $\phi(\mathbf{y}) \geq j$ for any $\mathbf{y} > \mathbf{x}$.

Let $CVS_{<j}$ denote a set of all CV and let $MCVS_{<j}$ denote a set of all MCV for demand level j . Then we can write:

$$\mathbf{x} \in CVS_{<j} \Leftrightarrow \phi(\mathbf{x}) < j \quad (2)$$

$$(\mathbf{x} \in MCVS_{<j}) \Leftrightarrow (\forall \mathbf{y}; \mathbf{y} > \mathbf{x} : \phi(\mathbf{x}) < j \text{ AND } \phi(\mathbf{y}) \geq j) \quad (3)$$

There exist some algorithms for finding all MCS for BSS. These algorithms are based on the failure tree analysis [9]. An algorithm for finding MCS in networks has been also presented in [10]. In a case of MSS, an algorithm for finding all MCV of limited multi-state networks has been proposed in [11]. But this algorithm can be used for MSS that is presented as multi-state network only. Therefore a new algorithm for finding of all MCV for all system performance levels is presented. The algorithm is based on the definition of MCV and representation of MSS by SF.

Firstly, we have a state vector $\mathbf{s} = (s_1, s_2, \dots, s_n)$, where $0 \leq s_i < M_i$, for $i = 1, 2, \dots, n$. Now we use the following notation:

$$\mathbf{s}^{(i)} = (s_1, s_2, \dots, \min(s_i + 1, M_i - 1), \dots, s_n) \quad (4)$$

Then, it is clear that:

$$\forall \mathbf{y}; \mathbf{y} > \mathbf{s} : (\exists i \in \{1, 2, \dots, n\} : \mathbf{s}^{(i)} \leq \mathbf{y}) \quad (5)$$

This statement implies the following definition of MCV:

$$(\mathbf{s} \in MCVS_{<j}) \Leftrightarrow (\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}; \mathbf{s}^{(i)} \neq \mathbf{s} : \phi(\mathbf{s}^{(i)}) \geq j) \quad (6)$$

The previous statement leads in the following algorithm for computation of all MCV for all system performance levels:

```

1.  $\mathbf{s} = (0, 0, \dots, 0)$ 
2. for  $i = 1, 2, \dots, n$ :
    if  $\mathbf{s}^{(i)} \neq \mathbf{s}$  AND  $\phi(\mathbf{s}^{(i)}) = \phi(\mathbf{s})$  then
        go to step 4
3.  $MCVS_{<\phi(\mathbf{s})+1} = MCVS_{<\phi(\mathbf{s})+1} \cup \{\mathbf{s}\}$ 
4.  $\mathbf{s}++$ 
5. if  $\mathbf{s} < (M_1 - 1, M_2 - 1, \dots, M_n - 1)$  then
    go to step 2
else
    stop

```

The operation $\mathbf{s}++$ is implemented as follows:

```

 $k = n$ 
 $s_k = s_k + 1$ 
while  $(k > 0 \text{ AND } s_k = M_k)$ :
     $s_k = 0$ 
     $k = k - 1$ 
     $s_k = s_k + 1$ 

```

The logical test $\mathbf{s} < (M_1 - 1, M_2 - 1, \dots, M_n - 1)$, which is in step 5, can be implemented with respect to the implementation of the operation $\mathbf{s}++$ as follows:

$$s_1 < M_1$$

The algorithm is exact for BSS, but not for MSS in generally. This is caused by the fact that in a case of MSS, one state vector can be MCV for different levels of system performance (for example, a system that consists of 2 components, which have 2 and 3 states, and whose SF is defined as $\phi(\mathbf{x}) = x_1 x_2$, has MCV (0, 3) for two system performance levels (1 and 2)). This problem can be solved by the following statement, which is based on the definition of MCV:

Let $\mathbf{s}$ be MCV for system performance level j . Then it is also MCV for every level that is greater than level j and less than or equal to minimal system performance level from state vectors $\mathbf{s}^{(i)}$ ($i = 1, 2, \dots, n$ AND $\mathbf{s}^{(i)} \neq \mathbf{s}$):

$$\left(\mathbf{s} \in \text{MCVS}_{<j} \text{ AND } \min = \min_{i: \mathbf{s}^{(i)} \neq \mathbf{s}} \bigcup \phi(\mathbf{s}^{(i)}) \right) \Rightarrow \quad (7)$$

$$(\forall k \in \{j+1, j+2, \dots, \min\} : \mathbf{s} \in \text{MCVS}_{<k})$$

We get the following algorithm after implementation of the previous statement:

```

1.  $\mathbf{s} = (0, 0, \dots, 0)$ 
2.  $\min = M - 1$ 
3. for  $i = 1, 2, \dots, n$ :
    if  $\mathbf{s}^{(i)} \neq \mathbf{s}$  AND  $\phi(\mathbf{s}^{(i)}) = \phi(\mathbf{s})$  then
        go to step 5
    if  $\mathbf{s}^{(i)} \neq \mathbf{s}$  AND  $\phi(\mathbf{s}^{(i)}) < \min$  then
         $\min = \phi(\mathbf{s}^{(i)})$ 
4. for  $j = \phi(\mathbf{s}) + 1, \phi(\mathbf{s}) + 2, \dots, \min$ :
     $\text{MCVS}_{<j} = \text{MCVS}_{<j} \cup \{\mathbf{s}\}$ 
5.  $\mathbf{s}++$ 
6. if  $\mathbf{s} < (M_1 - 1, M_2 - 1, \dots, M_n - 1)$  then
    go to step 2
    else
    stop

```

This is the exact algorithm for finding all minimal cut vectors of MSS. It is very simple to implement it and it has also minimal memory demand. However, it has to study all possible state vectors to find all MCV. Because of that, further research is needed to find out how to improve its effectiveness (how to reduce the number of investigated state vectors).

References

8. Shinomiya, T., Nojo, S. and Watanabe, H., "Reliability specification methods for preventing long service outages in telecommunication networks," *Communications, 1992. ICC '92, Conference record, SUPERCOMM/ICC '92, Discovering a New World of Communications., IEEE International Conference on*, 1992, pp. 1688 -1692 vol.3.

9. Zhang, X. and Johnson, C. R., "End-to-end service reliability considerations for converged telecommunications networks," *Wireless and Optical Communications Conference, 2009. WOCC 2009. 18th Annual*, 2009, pp. 1 -4.
10. Salmela, O., "The effect of introducing increased-reliability-risk electronic components into 3rd generation telecommunications systems," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 89, no. 2, 2005, pp. 208 - 218.
11. Lisnianski, A. and Levitin, G., *Multi-state system reliability*, World-Scientific, 2003.
12. Zaitseva, E., "Importance Analysis of a Multi-State System Based on Multiple-Valued Logic Methods," in *Recent Advances in System Reliability*, Springer Series in Reliability Engineering Lisnianski, A. and Frenkel, I., Edt., Springer London, 2012, pp. 113-134.
13. Zaitseva, E. and Levashenko, V., "Dynamic reliability indices for parallel series and k-out-of-n multi-state systems," *Reliability and Maintainability Symposium, 2006. RAMS '06. Annual*, 2006, pp. 253 -259.
14. Fussell, J.B., "How to Hand-Calculate System Reliability and Safety Characteristics," *Reliability, IEEE Transactions on*, vol. R-24, no. 3, 1975, pp. 169 -174.
15. Rauzy, A., "Mathematical foundations of minimal cutsets," *Reliability, IEEE Transactions on*, vol. 50, no. 4, 2001, pp. 389 -396.
16. Vatn, J., "Finding minimal cut sets in a fault tree," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 36, no. 1, 1992, pp. 59 - 62.
17. Yeh, W., "An improved algorithm for searching all minimal cuts in modified networks," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 93, no. 7, 2008, pp. 1018 - 1024.
18. Yeh, W., "A Fast Algorithm for Searching All Multi-State Minimal Cuts," *Reliability, IEEE Transactions on*, vol. 57, no. 4, 2008, pp. 581 -588.

Routing protocols for wireless sensor networks

In this paper, we consider issues related to the transmission of data packets in wireless sensor networks. Existing simple routing protocols briefly reviewed.

Беспроводные сенсорные сети – это сети, в которых данные от отдельных узлов передаются от узла к узлу, и после нескольких пересылок оказываются на шлюзе, подключенном к базовой станции. Такая схема позволяет покрывать большие территории при использовании маломощных радиопередатчиков. На рис. 1 представлена обобщенная схема всей системы связей.

Преимущества технологии беспроводных сенсорных сетей могут быть эффективно использованы для решения различных прикладных задач, связанных с распределенным сбором, анализом и передачей информации. БСС – это новая перспективная технология, и все связанные с ней проекты в основном находятся на стадии разработки. Основные области применения данной технологии:

- контроль окружающей среды;
- мониторинг промышленного оборудования;
- слежение за транспортировкой грузов;
- мониторинг физиологического состояния человека.



Рисунок 1 – Обобщенная схема беспроводной сенсорной сети

Протокол SPIN

Sensor Protocols for Information via Negotiation (SPIN) – это семейство протоколов, которые используются для эффективной передачи информации в БСС, путем предварительного согласования. Стандартные протоколы распространения данных, такие как flooding и gossiping используют пропускную способность каналов связи и энергетические ресурсы узлов, отправляя избыточную информацию по всей сети. SPIN решает эти недостатки с использованием согласованности данных и ресурсо-адаптивных алгоритмов.

Узлы использующие SPIN всем данным назначают специальные имена, называемые метаданными. Таким образом при необходимости передать информацию от узла А к узлу В, узел А посылает сначала метаданные. Когда метаданные достигают узла В, последний при возможности принять эти данные отправляет пакет запроса данных. После получения узлом А данного запроса, он начинает передачу данных. Кроме того SPIN имеет доступ к текущему уровню энергии узла, что позволяет корректировать маршруты основываясь на остатках энергии. [3]

Таким образом при установлении маршрутов передачи данных пропускная способность каналов не занимается целыми пакетами данных, а лишь небольшими

идентификаторами метаданных, кроме этого адаптивные алгоритмы позволяют распределить энергозатраты по всей сети.

Протокол LEACH

LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) собирает данные из распределенных узлов и передает их на базовую станцию. Данный протокол использует следующую кластерную модель: каждый узел в определенный момент времени выбирается главным узлом. Эти узлы собирают данные от узлов, находящихся в непосредственной близости, и после объединения данных отправляют их на базовую станцию. Поскольку передача данных требует больших энергетических затрат, то все узлы по очереди выбираются главными – это приводит к сбалансированному потреблению энергии всех узлов сети, а следовательно увеличивает время функционирования сети. [4]

Работа LEACH разделена на раунды. Каждый из таких раундов состоит из фазы настройки и стационарной фазы. В фазе настройки производится выбор главных узлов и объединение их с соседними устройствами. Главные узлы выбираются на случайной основе с помощью следующего алгоритма. Каждому из n узлов присваивается случайное значение N от 0 до 1. По представленным ниже формулам рассчитывается значение порога $T(n)$.

$$T(n) = \frac{P}{1 - P * (r \bmod P^{-1})}, \forall n \in G,$$
$$T(n) = 0, \forall n \notin G$$

где P – вероятность выбора главного узла, r – номер текущего раунда, G – число узлов, которые не были главными узлами в последних $1/P$ раундах. Если $N < T(n)$, то узел становится главным кластером. Такой алгоритм гарантирует, что каждый узел будет выбран главным узлом только один раз в течении $1/P$ раундов. В стационарной фазе производится передача агрегированных данных базовой станции.

Литература

- [1] H. Karl and A. Willig. Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. John Wiley & Sons, May 2005
- [2] Официальный сайт TinyOS – Электронный ресурс: <http://www.tinyos.net/special/mission>
- [3] SPIN: Sensor Protocols for Information via Negotiation – Электронный ресурс: [http://www.scribd.com/doc/3010350/ SPIN-Sensor-Protocols-for-Information-via-Negotiation](http://www.scribd.com/doc/3010350/SPIN-Sensor-Protocols-for-Information-via-Negotiation)
- [4] M.J. Handy, M. Haase, D. Timmermann Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic Cluster- Head Selection – Электронный ресурс: http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/se/IEEE_MWCN2002.pdf

**РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСОВОЙ
ИНФОРМАЦИИ В IP СЕТЯХ****Собакар Я.С***Национальный технический университет "КПИ", yaroslav.sobakar@gmail.com***Developing an algorithm of optimal voice transmission in IP networks**

In this paper, we propose to review the main problems of transferring Voice over Internet Protocol (IP) and the ways of the fixing that problem. Work considered on base of Petri networks by using MATLAB processing power to find a way create an algorithm of optimal voice transmission in IP networks

При разработке VoIP на базе современной инфраструктуры Интернет особое значение приобретает повышение эффективности сетевого взаимодействия на всех уровнях стека TCP/IP: начиная от скорости распространения сигналов на физическом уровне и заканчивая быстродействием приложений на прикладном уровне – все с целью улучшения качества передачи голосовой информации с избавлением от всех нежелательных эффектов. Но особое значение при этом имеют весьма нетривиальные процессы, происходящие на межсетевом (IP) и транспортном (TCP) уровнях. Построение достаточно адекватных и полных аналитических моделей с целью поиска оптимальных параметров функционирования системы, в этом случае является практически невозможным, поэтому основным методом исследования сетевой инфраструктуры является моделирование, как с использованием специализированных средств, так и на базе достаточно универсальных систем моделирования.

В работе рассматривается вопрос поиска и развития оптимального алгоритма передачи голосовой информации по IP сетям. Так как в существующих алгоритмах никуда не делись основные проблемы VoIP сетей связанные с проблемами следования трафика по сети Интернет. Основной из которых будет задержка трафика в узлах сети, основное количество которых занимают маршрутизаторы которые определяют куда отправить дальше тот или иной пакет, но основная задача стека протоколов TCP/IP это доставка пакетов «во что бы то не стало» от отправителя к получателю не смотря на временные строгие рамки и порядок поступления пакетов – в этом и кроется основная проблема при попытках передачи голосовой информации по IP.

Решая эту проблему обратимся к моделированию поведения сети в программном пакете MATLAB (модули SIMULINK и STATEFLOW) для исследования протокола TCP и процессов взаимодействия серверов маршрутизации (уровень IP). При этом анализируются некоторые алгоритмы управления перегрузкой в сети. Исследуются также эффективность различных вариантов организации взаимодействия маршрутизаторов в точках доступа к сети (NAP - Network Access Point) при отслеживании текущих изменений в сетевой инфраструктуре. Для моделирования использовался пакет Stateflow - интерактивный инструмент проектирования для моделирования и имитации сложных систем. Тесно интегрированный с Simulink и MATLAB, Stateflow дает возможность элегантно проектировать встроенные системы, эффективно объединяя сложную логику управления и наблюдения внутри Simulink моделей. С помощью Stateflow можно быстро разрабатывать графические модели управляемых событиями систем, используя теорию конечного состояния машин, формализм диаграмм состояния и нотацию потоковых диаграмм. Комбинация Stateflow, Simulink и MATLAB создает уникальную интегрированную среду моделирования, в которой можно моделировать, имитировать и анализировать сложные динамические системы.

Основой моделирования при этом является аппарат сетей Петри, реализующий условно-событийный подход, для чего компоненты системы и их действия представляются абстрактными событиями. Событие может произойти (реализоваться) один раз, повториться многократно или не произойти ни разу.

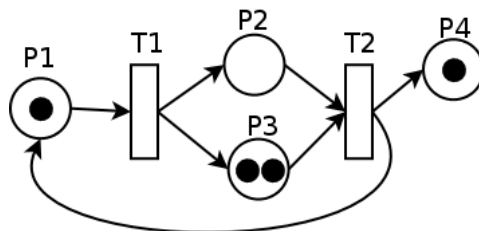


Рисунок 1. Пример сети Петри. Белыми кружками обозначены позиции, полосками — переходы, чёрными кружками — метки.

Литература:

1. Гулятьев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB. – СПб:Питер, 2000, 432с.
2. Кульгин М. Коммутация и маршрутизация IP/IPX-трафика. –Издательство «Компьютер Пресс», 1998.
3. Меггелен Дж., Мадсен Л., Смит Дж. Asterisk. Будущее телефонии. – Символ-Плюс, 2009, 652с.
4. Гольдштейн Б.С IP-телефония. – Радио и связь, 2001, 336с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

Чернишенко Н. А.

Національний технічний університет України «КПІ», nataly947@gmail.com

Researching throughput capacity of telecommunication sensor system

The analysis of the throughput capacity of channels sensor-sensor system was performed. It allows you to determine the connectivity of the network at the data link layer of the OSI model and assess the possible geometrical dimensions TSS with a given throughput capacity.

Сучасна телекомунікаційна сенсорна система (WSN) – це система, яка складається з просторово розподілених автономних пристроїв з використанням датчиків, які забезпечують загальний контроль фізичних, екологічних чи інших параметрів: температури, звуку, вібрації, тиску, руху, дії забруднення та ін..

В доповіді досліджено пропускну здатність телекомунікаційних сенсорних систем (ТСС) на основі протоколу множинного доступу (МД). Основними характеристиками, що визначають ефективність функціонування протоколу МД до загального каналного ресурсу, є середня швидкість передачі, середня затримка передачі та граничне значення трафіку, при якому досягається межа стійкої роботи мережі. Ці параметри визначаються як функція системних параметрів, серед яких основними є інтенсивність трафіку, швидкість передачі, довжина пакету, геометричні розміри мережі або узагальнюючий їх інтервал уразливості.

Середня швидкість передачі представляє собою математичне очікування випадкової величини, що визначає кількість безконфліктно переданих пакетів за одиницю часу. За одиницю часу прийнято час передачі самого пакету T , тоді максимальним теоретичним значенням середньої швидкості передачі буде одиниця. Максимальне значення середньої швидкості передачі називають пропускну здатністю.

Середня затримка передачі – це нормований інтервал часу з моменту появи на вході вузла запиту на передачу до завершення безконфліктної передачі пакету даних. При чому враховується тільки два фактори, що перешкоджають передачі: затримка доступу, тобто час до моменту отримання дозволу на передачу, та затримка повторної передачі, що зумовлена лише пошкодженням пакетів при їх інтерференції.

Граничне значення трафіку характеризує область застосування протоколу МД у конкретних умовах, а також визначає кількість вузлів у зоні дії сенсора.

Для аналізу вище вказаних характеристик та визначення їх потенційно можливих значень використовувались аналітичні моделі, що будуються із використанням елементів теорії відновлення та припущення, що кількість сенсорів нескінченно велика, кожен з яких генерує пакети з нескінченно малою швидкістю, що фактично припущенням про пуасонівський характер процесу надходження пакетів для передачі по радіоканалу. При цьому інтенсивність надходження пакетів вимірюється кількістю за час передачі пакету T та позначається буквою G . Середня швидкість передачі S також вимірюється в кількості пакетів за час T , але що передані безконфліктно. Припускається також, що всі пакети мають однакову довжину L . Данні моделі оперують із середніми значеннями часових відрізків стану радіоканалу.

Під інтенсивністю G надходження пакетів на передачу, що була вказана раніше, розуміють сумарну інтенсивність, що включає як вхідний потік первинних пакетів Z_1 , так і потік пакетів Z_2 , що передаються повторно. Потік Z_1 кожного вузла формують як власні пакети, так ті, що потрібно ретранслювати від інших вузлів, а потік Z_2 визначаються процедурними характеристиками протоколу МД та значеннями його системних параметрів, а саме інтервалом часу перед повторною передачею.

При взаємодії сенсорів на каналному рівні використовують протокол випадкового множинного доступу із контролем несучої (МДКН). Для нашого випадку оберемо гнучку стратегію МДКН, тоді середню швидкість передачі можна визначити за наступною формулою:

$$S = \frac{G \exp(-aG)}{G(1+2a) + \exp(-aG)}, \quad (1)$$

де a – нормований максимальний час розповсюдження радіосигналу в системі.

$$\text{Враховуючи, що } a = \frac{x \cdot m\Pi}{c \cdot L}, \quad (2)$$

де x – максимальна відстань між сенсорами (датчиками), м;

c – швидкість розповсюдження сигналу, м/с;

L – довжина пакету, біт; Π – смуга частот одного каналу, Гц;

m – коефіцієнт використання смуги частот, та підставляючи (1) в (2) отримаємо:

$$S = \frac{G \cdot \exp\left(-\frac{x \cdot m\Pi}{c \cdot L} G\right)}{G\left(1 + 2\frac{x \cdot m\Pi}{c \cdot L}\right) + \exp\left(-\frac{x \cdot m\Pi}{c \cdot L} G\right)} \quad (3)$$

В ході дослідження були отримані графічні залежності виходячи з виразу (3), аналізуючи їх, можна підкреслити наступне:

- а) середня швидкість передачі монотонно спадає при збільшенні максимальної відстані між вузлами x . Це пов'язано з тим, що при збільшенні x зростає зона уразливості a , що спричиняє ріст кількості колізій при організації МД.
- б) збільшення x призводить до зменшення межі стійкості g та діапазону стійкої роботи протоколу МД.
- в) проблему збільшення пропускної здатності при заданому x (або ж еквівалентно збільшення максимальної відстані між сенсорами x при заданій S) можна вирішити шляхом збільшення довжини пакету L , однак при цьому зростає ймовірність ураження пакета завадою та час доставки пакетів в системі. Також цю проблему можна вирішити шляхом зменшення швидкості передачі V (тобто виділеної частотної смуги Π), але це – нерационально, оскільки при цьому знижують інші основні характеристики системи – пропускна здатність та коефіцієнт використання смуги частот.

Отже, вибір максимальної відстані між вузлами x визначається мінімальним допустимим значенням пропускної здатності протоколу МД при заданих V та L .

Литература

7. Алгулиев Р.М. Сенсорные сети: состояние, решение и перспективы / Р.М.Алгулиев, Т.Х. Фаталиев, Б.С. Агаев, Т.С. Алиев // ISSN 1684-2588 Телекоммуникации. Ежемесячный научно-технический информационно-аналитический и учебно-методический журнал. — 2007. — № 4. — С. 27—32.
8. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. — М.: Эко-Трендз, 2005. — 384 с.
9. Кучерявый Е.А. Принципы построения сенсоров и беспроводных сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // Электросвязь. — 2006. № 6.
10. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столингс. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
11. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті / [Щербак Г.В., Мельнікова Л.І., Рубан І.В., Садовий К.В., Сумцов Д.В.]: Підручник. —Харків: 2007. — 255 с.
12. Boukerche, A.; Nakamura, E.F.; Loureiro, A.F. Algorithms for Wireless Sensor Networks. In Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks; Boukerche, A., Ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2009.

КОНТРОЛЬ ИЗЛУЧАЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕНСОРНЫМИ СЕТЯМИ

Великий А.А.

Национальный технический университет "КПИ"

E-mail: a.a.velikiy@gmail.com

Control emitting technical means of telecommunication systems sensor networks

Problems of monitoring sensor networks creation for radiating equipment of telecommunications in territory of big cities are considered. Possible methods and algorithms of construction that of systems, and also use of geoinformation systems for an estimation of distribution of electromagnetic radiation of means and visualization of electromagnetic conditions are discussed.

Рассматриваются проблемы создания сенсорных сетей контроля излучающих технических средств телекоммуникаций на территории крупных городов. Обсуждаются возможные методы и алгоритмы построения таких систем, а также использование геоинформационных систем для оценки распределения электромагнитного излучения технических средств и визуализации электромагнитной обстановки.

В 21-м веке телекоммуникационные системы обрели высокую популярность и применение во всех сферах жизнедеятельности человечества, и продолжают развиваться очень быстрыми темпами. Появляется все больше и больше излучающих технических средств телекоммуникационных систем. И необходимо осуществлять контроль их излучения для безопасности жизни.

В настоящее время обсуждаются возможные методы и алгоритмы построения сенсорных сетей контроля излучающих технических средств телекоммуникаций, и возможность использования геоинформационных систем оценки распределения электромагнитного излучения технических средств, а также визуализация электромагнитной обстановки, на территории крупных городов.

Основной проблемой контроля технических средств (электромагнитной обстановки) непосредственными измерениями на местности, является актуализация полученных данных. Так как обновление информации происходит очень медленно, в первую очередь это связано с большими территориями контроля [1].

Частично решить проблему актуализации данных можно установкой стационарных систем мониторинга. Но такое решение требует значительных затрат — и в результате информация об электромагнитной обстановке обновляется на небольших участках контролируемых площадей.

Чтобы увеличить контролируемую площадь, на практике используют периодические «выезды» с мобильными устройствами мониторинга, при всем этом не нужно устанавливать дополнительные стационарные системы мониторинга. Мобильное устройство мониторинга чаще всего состоит из широкополосного приемного устройства с возможностью организации записи данных на внешний носитель. Также вместе с данными об источниках электромагнитной обстановки записываются текущие координаты мобильного устройства мониторинга. После организации таких выездов, полученные данные обрабатываются в автоматическом или полуавтоматическом режиме, происходит сравнение полученных данных с базой зарегистрированных устройств и т.д.

Основным недостатком такой организации мониторинга электромагнитной обстановки является низкая степень актуальности полученных данных, кроме того не регистрируются источники излучения, которые в момент проезда вблизи них устройства мониторинга находились в отключенном состоянии.

Альтернативным решением данной проблемы актуализации данных может стать создание подвижной сенсорной сети контроля электромагнитной обстановки, постоянно осуществляя мониторинг значительных площадей.

Структурная схема такой сенсорной сети может состоять из двух основных элементов: центральный модуль управления и мобильный модуль сбора данных.

Центральный модуль управления – должен представлять программно-аппаратный комплекс, выполняющий следующие основные функции: сбор данных с мобильных модулей, классификацию и хранение собранных данных, управление функциями мобильных модулей, вывод (визуализацию) данных для оператора системы.

Программным ядром центрального модуля управления может стать специальная геоинформационная система. Основным этапом работы модуля будет сбор данных - в данном случае необходимо формировать файлы векторных или растровых данных с координатами мобильного модуля и дополнительными атрибутами в виде сканированной информации [2]. При этом на этапе сбора для оптимизации дальнейших процессов необходимо проводить первичную классификацию данных и использовать различные хранилища для разных диапазонов частот.

В качестве подвижной платформы для мобильных модулей системы контроля в мегаполисе можно использовать общественный транспорт — такое решение позволит оперативно получать данные об изменениях электромагнитной обстановки.

Основу мобильного модуля сенсорной сети контроля электромагнитной обстановки составляет беспроводная сеть передачи данных, состоящая из мобильных установок контроля. Каждая установка снабжена управляющим контроллером, измерительным устройством, накопителем данных, системой позиционирования и беспроводным интерфейсом.

Использование в качестве подвижной платформы городского общественного транспорта позволит создать сенсорную сеть контроля электромагнитной обстановки с высокой степенью актуальности данных и широкой зоной охвата, а использование геоинформационных систем для сбора, обработки и визуализации данных позволит построить высокоэффективный инструмент контроля электромагнитной обстановки на территории мегаполиса.

Литература

1. Довбыш В. Н., Сивков В. С., Сподобаев Ю. М. Визуализация электромагнитной обстановки, создаваемой телекоммуникационными техническими средствами, расположенными на больших территориях // Антенны. № 10(113), 2006. – С. 58-62.
2. Довбыш В.Н., Сивков В.С. Цифровая электромагнитная модель местности // Инфокоммуникационные технологии 2007.- Т5 - №1. - С.85–88

Методика проектування ліній зв'язку для сенсорних мереж з обладнанням спектрального ущільнення DWDM

Воловик В.А.

Національний технічний університет "КПІ"

E-mail: Vera@jabber.ks.ua

Method of constructing lines with equipment wavelength division multiplexing DWDM

In this paper we propose to review the increase the efficiency of main link trace by implementing DWDM equipment. Taken into account and recommendations for the placement of amplifiers and dispersion compensators.

В даній роботі пропонується розглянути підвищення ефективності магістральної системи передачі інформації за рахунок впровадження ліній зв'язку з обладнанням спектрального ущільнення DWDM.

Переважна більшість ВОСП використовує одне ОВ (оптичне волокно) для передачі випромінювання однієї робочої довжини хвилі. Істотного збільшення сумарної ємності системи можна досягти передачею в одному волокні випромінювання декількох робочих довжин хвиль. Дана технологія називається спектральним ущільненням, і, фактично, являє собою реалізацію на новому технологічному рівні принципу ЧРК (частотне розділення каналів). Основною складністю в реалізації спектрального ущільнення є створення оптичного розгалужувача на кілька входів/виходів з малими втратами (загасаннями) при введенні/виводі оптичного випромінювання. Широке застосування технології спектрального ущільнення в цей час обмежено у виді щодо малої вартості окремого ОВ в оптичному кабелі й поки ще щодо малої потреби в дуже високі (сотні й тисячі Гбіт/с) швидкостях передачі.

Істотне збільшення дальності зв'язку (довжини ділянок регенерації) при використанні ВОЛЗ (волоконно-оптична лінія зв'язку) досягається застосуванням волоконних підсилювачів. Для реалізації волоконних підсилювачів використовуються різні фізичні принципи. Широко поширені волоконні підсилювачі, виконувані на основі легованого ербієм ОВ. Дані підсилювачі використовують властивості рідкоземельного елемента ербія підсилювати оптичний сигнал.

Подібні підсилювачі можуть використовуватися у ВОСП зі спектральним ущільненням. Одночасно підсилюються всі спектральні компоненти, на відміну від традиційних систем, у яких кожний оптичний сигнал обслуговується окремим підсилювачем (регенератором).

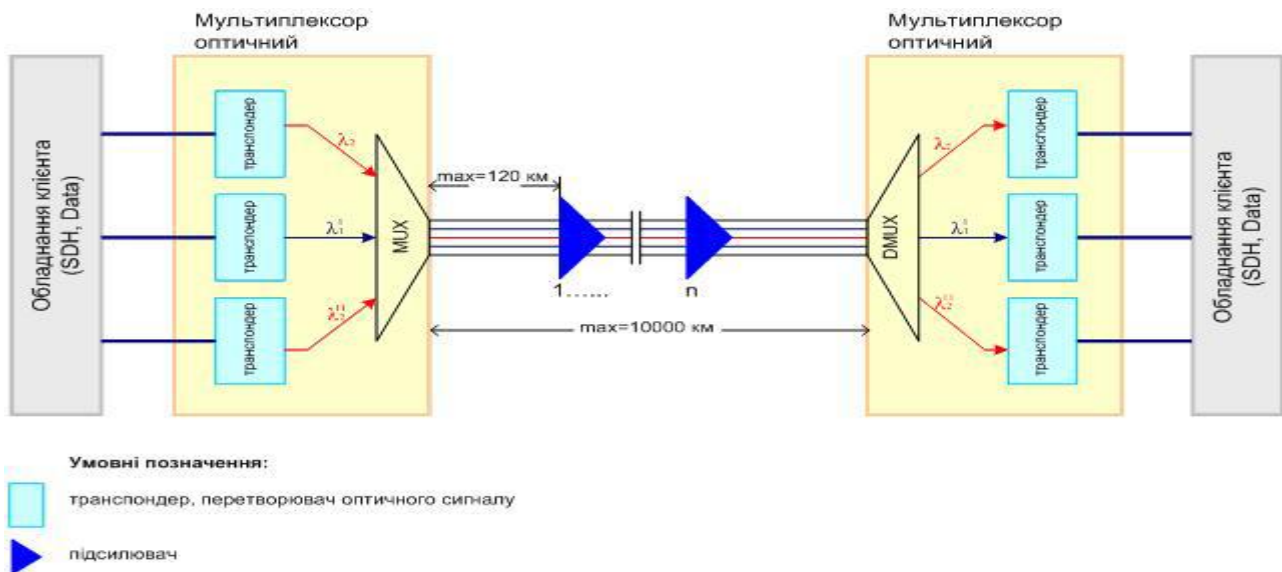
Довжина підсилювальної ділянки в подібних системах, наприклад OLC фірми Lucent, досягає 120 км. Допускається послідовне з'єднання трьох підсилювальних ділянок до регенерації сигналів. Таким чином, довжина ділянки регенерації може становити 360 км.

Для організації в одному волокні кількох оптичних каналів для кожного клієнтського сигналу за допомогою транспондера змінюється оптична довжина хвилі. Потім за допомогою мультиплексора сигнали змішуються та передаються в оптичну лінію. У кінцевому пункті відбувається зворотна операція – за допомогою демультіплексора сигнали, що надійшли, виділяються з групового сигналу, змінюють довжину хвилі та передаються споживачеві.

У процесі проходження через оптичне волокно сигнал поступово загасає. Для того щоб його підсилити, використовуються оптичні підсилювачі.

Рис. 3.2.1 Принципова схема DWDM

Для волоконно-оптичної лінії зв'язку на обладнанні DWDM необхідно обирати



волокна Рекомендації G.655 (Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable).

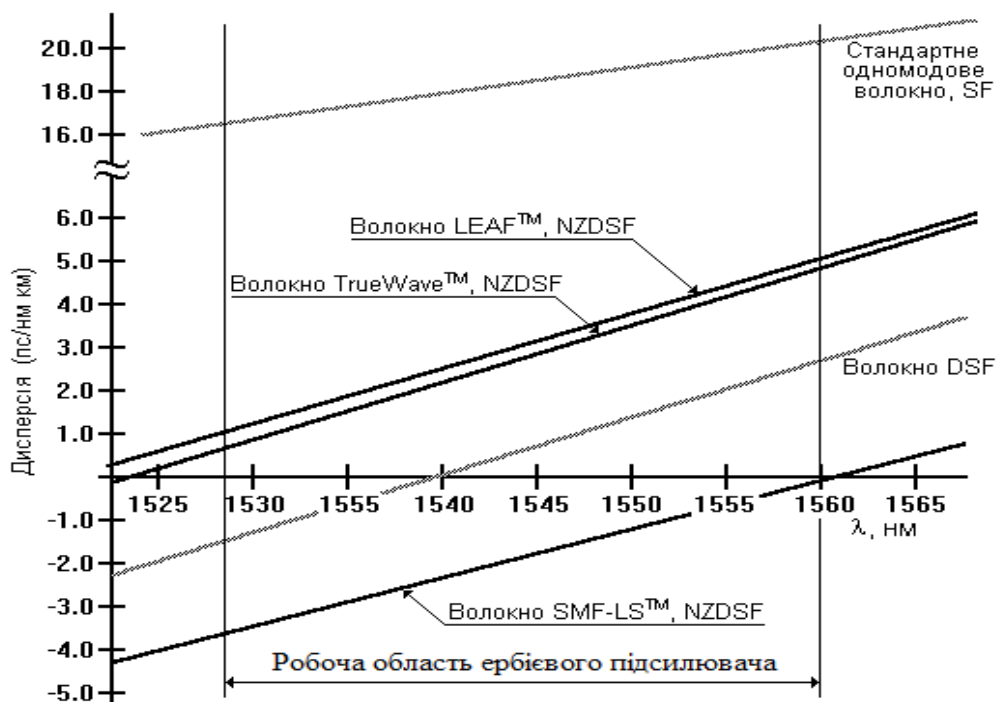


Рис.4.1.2. Залежність дисперсії в одномодових волокнах від довжини хвилі

Модулі для компенсації дисперсії повинні задовільняти ряд вимог: малі втрати, малі габарити і вага, мала потужність споживання, низька вартість.

На сьогоднішній день для компенсації дисперсії застосовують два методи:
-на основі використання волокна, що компенсує дисперсію (DCF);
-на основі Бреггівських ґраток.

На практиці прийнято компенсувати дисперсію по всьому лінійному тракту після кожного оптичного підсилювача. Модуль компенсації дисперсії необхідно розміщувати в ідеальному випадку через деякі інтервали лінії разом з підсилювачем сигналу. Головною проблемою є вибір місця розташування ОА (optical attenuator) та DCM (Dispersion Compensation Module) перед та після розгалуження магістралі, оскільки при їх неправильному розміщенні сигнали, які передаються по волокнах у потрібному напрямку уже не будуть мати однакове затухання та збільшення дисперсії. А це ускладнить вибір та налаштування ОА та DCM, які знаходяться після ВУ, і може призвести до неприйнятних помилок на приймальній стороні. Перевищувати максимальну довжину регенераційної ділянки не можна, оскільки це викличе надмірне послаблення сигналу, і спричинить відсутність зв'язку на приймальній стороні. Тому необхідно вибирати довжини прольотів з урахувань цих особливостей.

Література

- 1) Бірюков М.Л., Стеклов В.К., Костік Б.Я. Транспортні мережі телекомунікацій. – Київ: Техніка, 2005 – 311с.
- 2) Каток В. Б., Руденко И. Э., Тарасенко А. П. Волоконно-оптичні лінії зв'язку. Київ, 1995 – 136 с.
- 3) Каток В.Б., Короп Б.В., Нікітченко Ю.Б., Руденко И.Э. Волоконно-оптичні системи передачі. – Київ: Ірис, 1994. – 121 с.

**ОБНАРУЖЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ШУМА ПРИ НИЗКОМ УРОВНЕ
ФОНОВЫХ ШУМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ
МНОГОЯЧЕЙСТЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА**

Дедух Я.С.

*Национальный технический университет "КПИ", maximom009@gmail.com***Noise origins' sensing in conditions of low-level of back-ground noises with usage of
wireless multicelled monitoring systems**

The method of the organization processing of the information in wireless mesh systems of monitoring for a problem of detection of sources of noise is offered at low level of background noise. The method essence consists in version of the Sequency Theory Spatial Filter's direct transformation so that the transformation is performed on a course of the information passage. As a consequence the resource and the operating time of monitoring wireless mesh systems raises, particularly those that analyze the dynamics of ongoing process.

Предлагается метод организации обработки информации в беспроводных многоячейстых системах мониторинга для задачи обнаружения источников шума при низком уровне фоновых шумов. Суть метода заключается в модификации прямого преобразования пространственного фильтра теории секвентного анализа, так чтобы это преобразование выполнялось по ходу следования информации. За счёт чего повышается ресурс и время работы беспроводных многоячейстых систем мониторинга.

Сложность промышленных систем постоянно растёт. Появляются и решаются всё новые и новые задачи. Одной из важных задач является постоянное наблюдение (мониторинг) за параметрами технических систем с целью обеспечения их эффективной работы и безопасности.

Ряд законов и указы органов управления обязывают предприятия организовать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности. Наиболее перспективными являются беспроводные системы мониторинга.

Среди беспроводных систем мониторинга особое место занимают системы, построенные по многоячейстому принципу с использованием беспроводных сетей. Такие системы мониторинга принято называть беспроводными многоячейстыми системами мониторинга (БМСМ). Они быстро монтируются, легко масштабируются и обладают рядом уникальных свойств, позволяющих использовать их при мониторинге сложных, опасных или труднодоступных объектов.

С другой стороны своевременное обнаружение источников шума течи, свищей и разрывов, позволяет предотвратить возможные разрушения и, таким образом повысить эксплуатационную безопасность промышленных объектов.

Для акустического обнаружения источников шума при низком уровне фоновых шумов обычно используются простейшие и наиболее распространённые методы, которые основываются на сравнении регистрируемого шума с заданным пороговым значением (звукового давления), устанавливаемого в зависимости от уровня фоновых шумов (оборудования) [1]. Также используются и другие более сложные методы обнаружения, основанные на механизмах интеллектуального мониторинга [2] и агрегации информации [3], но они обладают большей вычислительной сложностью и поэтому малоприменимы в БМСМ. Для локализации источников шума наиболее часто используется метод амплитудной локации [4], основанный на априорно известной зависимости ослабления уровня акустического шума от расстояния до источника звука (течи), а оценка величины течи может осуществляться по эмпирической зависимости между уровнем источника шума течи и её величиной [5].

Предлагается ещё один метод обнаружения и локализации источников шума при низком уровне фоновых шумов для использования в БМСМ. Суть метода заключается в использовании математического аппарата теории секвентного анализа [6], позволяющей интерпретировать уровни шумов (звукового давления) в их совокупности.

В основе секвентного анализа лежит понятие «секвенты», которое имеет смысл обобщённой частоты. Этот математический аппарат предназначен для реализации различных методов обработки информации с использованием двоичных (бинарных) ортогональных функций, таких как системы обработки аудио- и видеосигналов, а также для использования не синусоидальных электромагнитных волн. Достоинствами секвентного анализа являются сравнительно простая аппаратная реализация алгоритмов, которые могут быть вычислены только с помощью операций сложения и вычитания.

Предлагается использовать математический аппарат секвентного анализа для построения распределённого оператора агрегирования информации по ходу её следования, так как для БМСМ лучше всего обрабатывать получаемую информацию используя распределённые операторные методы обработки информации [3]. Для распределённого агрегирования информации за основание взято использование идеи пространственного фильтра секвентного анализа [6].

Таким образом, все элементы БМСМ выполняют функцию распределённого оператора агрегирования для диагностирования наличия источников шума — течей. Применение математического аппарата секвентного анализа в сочетании с теорией распознавания образов дают возможность теоретически обосновать физически получаемые значения и сократить вычислительную сложность алгоритмов.

Литература

1. Гетман А.Ф. Концепция безопасности «течь перед разрушением» для сосудов и трубопроводов давления АЭС. // Энергоатомиздат, 1999, 261 с.
2. Охтилев М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. / М. Ю.Охтилев, Б. В. Соколов, Р. М. Юсупов. — М.: Наука, 2006. — 410с.
3. Рыжов А.П. О качестве классификации объектов на основе нечетких правил. // Интеллектуальные системы, Том 9, вып. 1-4, 2005 С. 253-264.
4. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / Я.Д.Ширман, Ю.И.Лосев, Н.Н.Минервин и др.; под ред.Я.Д.Ширмана М.: ЗАО «МАКВИС», 1998, — 828 с.
5. Маркосян Г.Р., Петросян В.Г., Шахвердян С.В., Асланян М.А. Совершенствование диагностической системы «Alus» для определения места течи теплоносителя из первого контура ВВЭР 440. // Теплоэнергетика. — 2000. — №5. — с.15–20.
6. Хармут Х. Теория секвентного анализа. Основы и применения. — М.: Мир, 1980. 576с.

Спосіб підвищення ефективності безпроводових сенсорних мереж.**Кафідова О.В., Ханіна Т.О.**

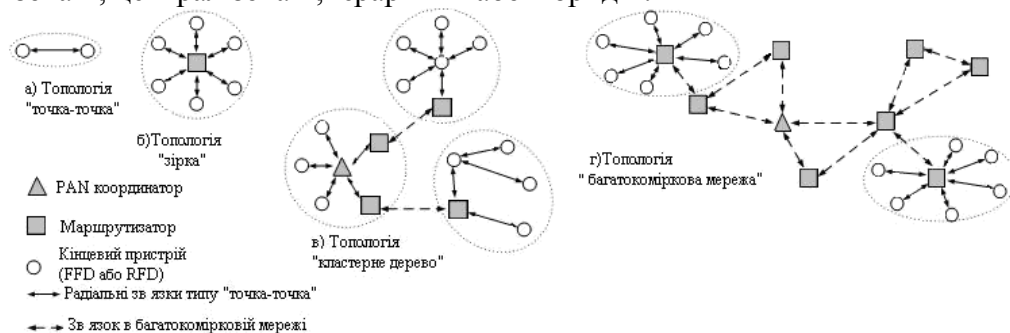
Інститут телекомунікаційних систем,

НТУУ «Київський політехнічний інститут», alena.kafidova@gmail.com, 2bee2@i.ua

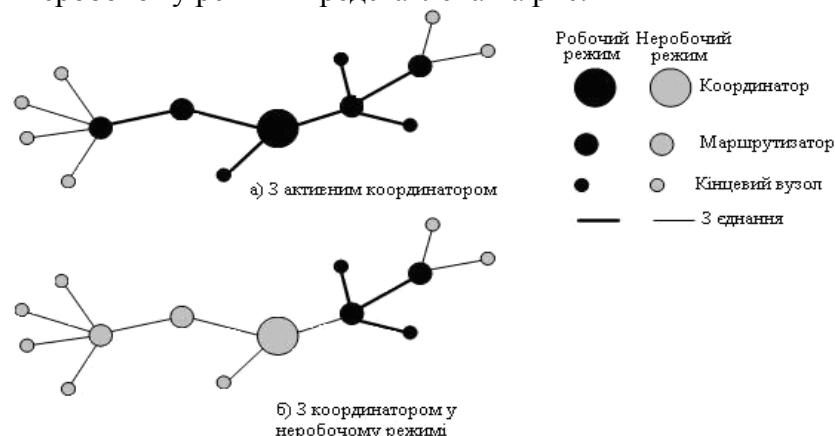
БСМ – це нові перспективні технології в галузі телекомунікацій. Вони вже знайшли широке застосування в промисловості, сільському господарстві, правоохоронних, контролюючих і охоронних структурах. І передбачається стійка тенденція щодо розширення сфери їх застосування.

Телекомунікаційні сенсорні мережі будуються на базі сенсорів і ліній зв'язку. Сенсори являють собою пристрої, що складаються з датчика, який здійснює вимірювання параметрів об'єкта моніторингу, і прийомопередавача.

БСМ будуються з використанням двох типів фізичних пристроїв: повнофункціонального пристрою (Full Function Device, FFD) та пристрою з обмеженим набором функцій (Reduced Function Device, RFD). Функціональний поділ фізичних пристроїв дозволяє будувати БСМ декількох топологій, які за методом організації можуть бути децентралізовані, централізовані, ієрархічні або гібридні.

**Рис. 1.** Топології сенсорних мереж.

Більшість сенсорів є мобільними пристроями з вбудованими джерелами енергії. Тому одним з факторів тривалості функціонування вузла є енергоспоживання. Обмін даними виконується у межах окремих сегментів мережі, які працюють періодично. Так вдається не тільки заощаджувати електроенергію, але й уникати впливу окремих сегментів мережі один на одного. Ілюстрація енергозберігаючого режиму з активним координатором і з координатором в неробочому режимі представлена на рис.

**Рис. 2.** Енергозберігаючі режими: а) з активним координатором;
б) з координатором у неробочому режимі

Використання стандарту 802.15.4 в БСМ забезпечує найбільше покриття території, передачу голосу і даних, і крім того, пристрої працюють в режимі енергозбереження, що є важливим для функціонування БСМ в критичних умовах. Крім сенсорів, в технології ZigBe

використовуються пристрої з великим набором функцій і обробки даних, які виконують функції шлюзу між різними безпроводовими мережами, що також розширює функціональні можливості сенсорних мереж. Так, якщо системою безпеки, побудованої на ZigBee, виявлено зломисника, відбувається з'єднання з мережею IEEE 802.11, щоб сповістити про це центр управління.

Стандарт IEEE 802.15.4 орієнтований на організацію WPAN з невеликими швидкостями передачі даних (Low-Rate WPANs) – 250 Кбіт/с максимальна швидкість передачі даних, при радіусі дії мережних пристроїв від 10 до 75 м. Низька швидкість передачі даних, але за інших рівних умов вимагає низького енергоспоживання мережних пристроїв. Це дозволяє спростити створення пристроїв, що працюють з автономним живленням.

Висновки: Для того, щоб підвищити ефективність БСМ потрібно використовувати мережі різного рівня ієрархії. Також необхідно застосовувати метод енергозбереження. Доцільна побудова сучасної БСМ на основі безпроводових технологій, що забезпечує надійність функціонування і мобільність. Для персональних БСМ рекомендується використовувати стандарт 802.15.4 ZigBee, а за необхідності забезпечити високошвидкісну передачу даних – стандарт 802.15.3а.

АЛГОРИТМИ МАРШРУТИЗАЦІЇ В СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ZIGBEE

Лєнь В.Є.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», vladymyrlen@gmail.com

ROUTING ALGORITHMS IN SENSOR NETWORKS BASED ON TECHNOLOGY ZIGBEE

In this paper the various routing algorithms in Zigbee networks are analyzed.

ZigBee – специфікація мережевих протоколів верхнього рівня, що використовують сервіси нижнього рівня доступом до середовища MAC та фізичного рівня PHY, регламентованих стандартом IEEE 802.15.4. Особливістю такої технології є мале енергоспоживання, підтримка як простих мереж, так і мереж, що самоорганізуються і самовідновлюються (з так званою mesh топологією). Оскільки технологія ZigBee дозволяє реалізовувати не тільки прості з'єднання, а може утворювати мережу з ретрансляцією повідомлень, то доцільно розглянути алгоритми ефективної маршрутизації в таких мережах.

У ZigBee застосовується декілька алгоритмів маршрутизації:

1. Алгоритм «Ad hoc On Demand Distance Vector» (AODV);
2. Ієрархічний алгоритм;
3. Явний алгоритм маршрутизації.

Суть **алгоритму AODV** полягає в тому, що якщо деякому вузлу (ініціатору) потрібно передати дані іншому вузлу (вузлу призначення), а відповідний маршрут не відомий, то вузол-ініціатор посилає ширококомовний запит RREQ для пошуку даного маршруту. Цей запит передається всім сусідам даного вузла, які, в свою чергу, пересилають його своїм сусідам і так далі. Так як в запиті вказано інформацію про вузол ініціатора, то всі вузли, які отримали даний запит будують маршрути до вузла - ініціатора. Через деякий час цей запит досягає або вузла призначення, або деякого проміжного вузла, якому відомий необхідний маршрут. При цьому вузлу ініціатору відправляється відповідь RREP, яка передається вже не ширококомовно, а по маршруту, побудованому при поширенні запиту. У результаті такої операції будується двонаправлений маршрут між вузлами. Прикладом може бути встановлення маршруту від вузла А до вузла В на рис.1. При цьому пристрій А відправляє запит RREQ, а проміжний пристрій 5, знаючи необхідний маршрут, відправляє назад пристрою А RREP відповідь. Даний алгоритм дозволяє вибирати оптимальні маршрути, але потребує значного обсягу пам'яті для зберігання таблиць маршрутів

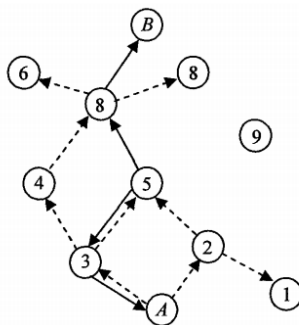


Рис.1. Встановлення маршруту від вузла А до вузла В за допомогою алгоритму AODV

У разі використання **ієрархічного алгоритму маршрутизації** координатор і приєднані маршрутизатори привласнюють діапазони адрес породженим пристроям в ієрархічному порядку, таким чином, кожен пристрій може визначити, чи належить адреса

одержувача пакета, що пересилається, до якоїсь з його породжених гілок або знаходиться в іншій частині мережі. Для прикладу на рис.2. пакет відправляється джерелом И адресату А. Не знаючи оптимального маршруту до адресата А, пристрій 4 використовує ієрархічну маршрутизацію і направляє пакет «вгору» - на пристрій 2. Далі пакет передається на координатор К, який відправляє його адресату А. Ієрархічна маршрутизація проста і не вимагає пам'яті для таблиці маршрутизації, тому ієрархічної маршрутизацією користуються всі маршрутизатори та координатор, якщо у них закінчилися ресурси для підтримки інших типів маршрутизації. Недолік цього алгоритму – в подовженні шляху пакета навіть при наявності прямого зв'язку між джерелом і адресатом.

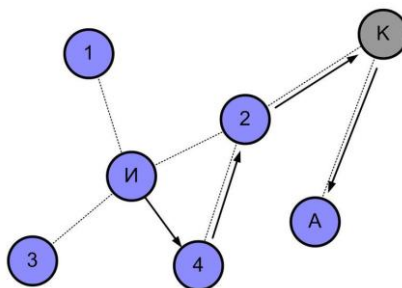


Рис.2. Встановлення маршруту від джерела повідомлення до його одержувачу при ієрархічному алгоритмі

При використанні **явного алгоритму маршрутизації** шлях пакета визначається його відправником. При суворій явній маршрутизації в пакеті вказується повний його шлях, при неявній маршрутизації шлях вказується частково. Явний алгоритм маршрутизації має високі витрати для бездротової передачі, оскільки корисне навантаження у разі явної маршрутизації може зменшуватися з 100 байтів до 60 байт при розмірі пакету фізичного рівня ZigBee 127 байт. Тим не менш, явна маршрутизація присутня в ZigBee, але довжина маршруту обмежена п'ятьма вузлами, щоб мінімізувати накладні витрати.

В статті розглянуті алгоритми маршрутизації, що найбільше використовуються в мережі ZigBee, та мають свої переваги й недоліки.

	Алгоритм AODV	Ієрархічний алгоритм	Явний алгоритм маршрутизації
Переваги	дозволяє вибирати оптимальні маршрути	не вимагає пам'яті для таблиці маршрутизації	в пакеті вказується повний маршрут
Недоліки	потребує значного обсягу пам'яті для зберігання таблиць маршрутів	подовження шляху пакета	зниження корисного навантаження

Табл.1. Переваги та недоліки розглянутих алгоритмів маршрутизації

Література:

1. Drew Gislason. ZigBee Wireless Networking, Newnes, 2008.
2. Зуб М.А., Красичков А.А. Маршрутизация в беспроводных сетях на базе технологии ZigBee стандарта 802.15.4. Сборник международной конференции «Информатика и компьютерные технологии 2009» ДонНТУ.
3. Сетевая инфраструктура систем РТЛС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/155883/>

АДАПТАЦІЯ ІСНУЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖНИМИ РЕСУРСАМИ ДО ЗАДАЧ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

Пономаренко А.В.

Національний технічний університет України "КПІ", a_ponom@mail.ru

Adaptation of existing methods of manipulating network resources for the tasks of increasing the efficiency of sensory systems

Transmission of information in emergencies (fire alarm, attack on the territory of the protected object, etc.). Requires providing guaranteed quality of service the appointment priority traffic at various levels. So, to ensure the desired quality of service in STS (sensory Telecommunications System) is obligatory service in the transmission of information.

Передача інформації в надзвичайних ситуаціях (оповіщення про пожежу, напад на територію об'єкту, що охороняється і ін.) вимагає надання гарантованої якості обслуговування з призначенням трафіку пріоритету різного рівня. Отже, забезпечення заданої якості обслуговування в СТС (сенсорна телекомунікаційна система) є обов'язковою послугою при передачі інформації.

Забезпечення заданих показників якості (QoS) досягається за допомогою управління мережними ресурсами, які можна розділити на дві категорії:

- апаратні ресурси, до яких відносяться пропускні спроможності трактів передачі і ліній доступу (канальний ресурс), буферний простір (буферний ресурс) і процесорний час обчислювальних засобів (обчислювальний ресурс) мережних вузлів;
- інформаційні ресурси, що включають в себе утримання баз даних стану ТКС, маршрутні таблиці, трафіки користувачів і ін.

Існуючі засоби забезпечують як локальне (ресурс вузла чи тракту передачі), так і глобальне управління мережними ресурсами в ТКС в цілому. Як показано на рисунку, завдання управління мережними ресурсами складається з управління параметрами трафіку (інтенсивністю, розміром пакетів і ін.), управління процесами розподілу інформації (маршрутизацією), управління пріоритетами, атрибутами та константами, пов'язаними з розподілом (резервуванням) каналних і буферних ресурсів.

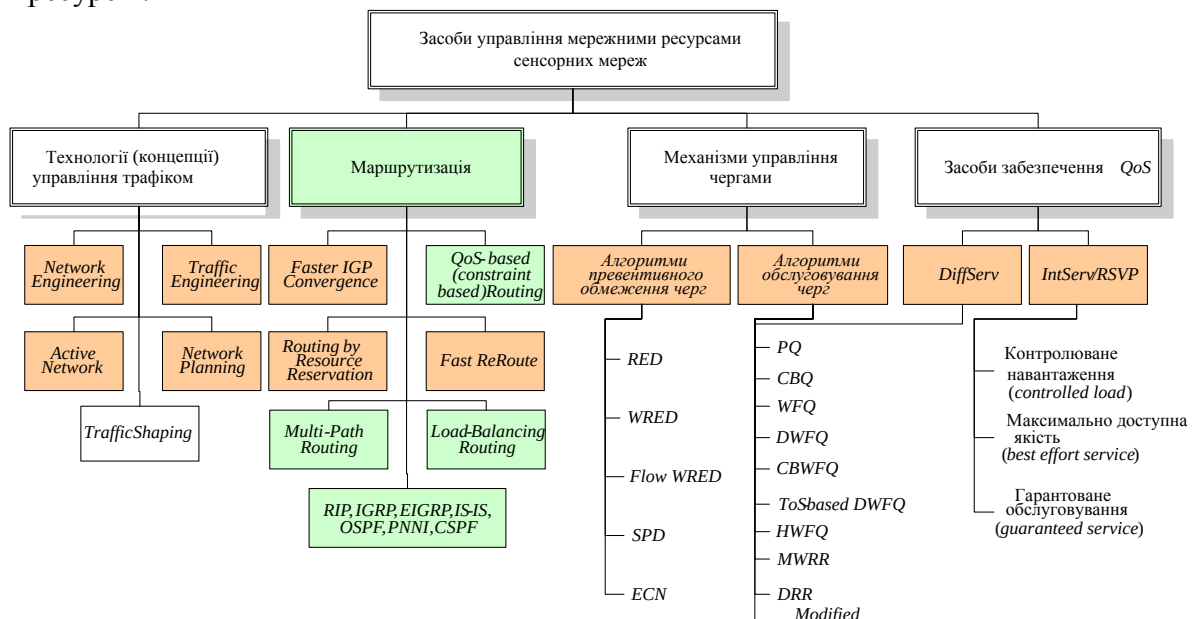


Рис. Засоби управління мережними ресурсами сенсорних мереж

На практиці знайшов своє застосування ряд перспективних концепцій, технологій і протоколів управління мережними ресурсами (PBNM, Active Network, Traffic Shaping, Traffic Engineering, Fast Reroute та ін.) Так, наприклад, до технологій управління мережею належить мережна інженерія, що охоплює методи оперативної зміни пропускної здатності фізичних каналів між маршрутизаторами (Network Engineering, документ IETF «A Framework of Network Engineering», що має статус Internet Draft); методи планування мережі, розраховані на більш довготривалі рішення, засновані на зміні кількості маршрутизаторів в мережі, їх продуктивності і топології фізичних каналів (Network Planning); методи і механізми досягнення збалансованості завантаження всіх ресурсів мережі за рахунок раціонального вибору шляхів проходження трафіку через мережу (Traffic Engineering). У мережах з інтенсивними потоками інформації застосовуються механізми управління інтенсивністю трафіку, що включають дві основні функції: функцію обмеження трафіку, передбачений механізм CAR (Committed Access Rate), і функцію вирівнювання трафіку TS (Traffic Shaping), що усуває сплески і нерівномірність трафіку. До основних засобів Traffic Shaping відносяться буферизація, розподіл пакетів по чергах відповідно до їх пріоритетності, зниження пікової швидкості передачі PCR (Peak Cell Rate), обмеження швидкості відправника.

Розглянуті вище механізми і алгоритми управління мережними ресурсами, при їх використанні, вимагають додаткової продуктивності мережного вузла (швидкодія процесора, додатковий обсяг пам'яті та ін.) При організації роботи СТС використання більшості з цих механізмів є не завжди виправданим і нераціональним, тому що існують апаратні обмеження для мережних вузлів – сенсорів. Дані функції в СТС реалізуються в засобах маршрутизації, де забезпечується швидке самовідновлення СТС, і мінімізуються втрати продуктивності через відмови додатків внаслідок перевантаження ретранслюючого мережного вузла. Аналіз і вибір найбільш ефективних підходів і механізмів вимагає математичної формалізації моделі управління трафіком в СТС.

Сенсорна мережа являє собою частину інформаційної системи, по якій передається мультимедійний трафік. Для високої ефективності застосування такі мережі повинні володіти властивостями мобільності, надійності мережі, відмовостійкості, високими показниками швидкості та надійності передачі даних. Застосування безпроводових технологій (IEEE 802.15, IEEE 802.11, IEEE 802.16) є найбільш перспективним і раціональним рішенням для безпроводових сенсорних мереж. Передача Triple Play трафіку підвищує обсяг переданих даних, що в критичних ситуаціях призводить до перевантаження мережі, так як передаються дані від декількох об'єктів моніторингу. Отже, виникають завдання забезпечення QoS, пріоритетизації трафіку від сенсорів, оптимізації передачі даних за кількома показниками, кількість яких для безпроводових технологій збільшується за рахунок динамічно змінного середовища, і завдання визначення та запобігання стану перевантаження мережі, а для аналізу ситуацій, що виникають у критичних режимах, типових для СТС, необхідно побудова відповідних математичних моделей груп елементів мереж і типових впливів: інформаційних потоків, причин виникнення критичних режимів і інше.

Література

1. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столингс. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
2. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. — М.: Эко-Трендз, 2005. — 384 с.
3. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті / [Щербак Г.В., Мельнікова Л.І., Рубан І.В., Садовий К.В., Сумцов Д.В.]: Підручник. — Харків: 2007. — 255 с.

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ МОНІТОРИНГОВИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ ЗІ СКЛАДНОЮ ОБРОБКОЮ ДАНИХ

Тичковський В.О.

Національний технічний університет України "КПІ", stephi@ukr.net

IMPROVING OF HIGH-SPEED PERFORMANCE IN THE SENSOR SYSTEMS FOR MONITORING WITH COMPLEX PROCESSING OF DATA

Principles of designing of network multi-terminals information and measurement systems for the registration of several interdependent, rapidly changing parameters, linked to a single axis of time are considered. Structural diagrams for the formation of an uninterrupted flow of measurement data as fast as possible and for direct management by object under control are described.

Важливим завданням при проведенні моніторингу та діагностики як природних, так і технічних об'єктів є аналіз швидкоплинних процесів різної фізичної природи, у тому числі одночасно декількох взаємозалежних. Для визначення параметрів цих процесів використовуються інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) з сенсорами та засобами цифрової обробки даних [1].

Під час моніторингу стану складних об'єктів, де одночасно контролюється велика кількість параметрів, дуже важливим є питання швидкодії не тільки окремого вимірювального каналу, але й системи збору та аналізу в цілому. Це питання актуальне навіть при відносно повільних, контрольованих процесах, оскільки необхідно враховувати витрати часу на послідовне підключення та обмін даними із джерелами інформації.

Важливою особливістю мережевих ІВС є те, що сполучення периферійних вимірювальних терміналів з центральним комп'ютером здійснюється єдиною магістраллю послідовного інтерфейсу, а обмін даними в такій системі здійснюється в послідовних кодах з почерговою адресацією до необхідних терміналів.

Значну проблему в мережевих ІВС представляє організація швидкого протиаварійного реагування, особливо якщо визначення ознак аварії здійснюється за складним алгоритмом.

Одним з ефективних шляхів вирішення позначених проблем може бути введення додаткового, нижнього рівня обробки інформації в структуру власне периферійного вимірювального терміналу. Для аналізу швидкоплинних процесів окремі базові вимірювальні термінали забезпечуються допоміжним вимірювально-інформаційним модулем, що працюють під управлінням контролера базового терміналу. Цей модуль містить також власний мікроконтролер і запам'ятовуючий пристрій, що дозволяють по команді основного контролера терміналу накопичувати масиви даних і передавати їх для наступної обробки в основний контролер. На рис. 1 зображена структурна схема вимірювально-керуючого терміналу

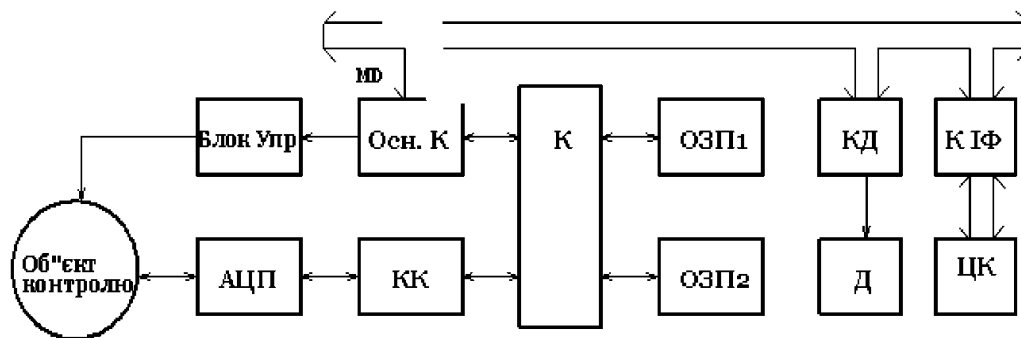


Рис. 1. Структурна схема вимірювально-керуючого терміналу з допоміжним контролером: АЦП — швидкодіючий аналогово-цифровий перетворювач; Блок Упр. — блок управління; Осн. К — основний контролер; КК — координуючий контролер; К — комутатор; ОЗП1, ОЗП2 — оперативні запам'ятовуючі пристрої; Д — дисплей; КД — контролер дисплею; ЦК — центральний комп'ютер

Сигнали сенсора, встановленого на об'єкті контролю перетворюються в цифрові коди за допомогою швидкодіючого АЦП, який управляється координуючим контролером КК. Отримані дані через комутатор К заповнюють по чергові оперативні запам'ятовуючі пристрої ОЗП1 та ОЗП2. В тому циклі, коли заповнюється ОЗП1 основний контролер (Осн.К) підключається комутатором до ОЗП2 і аналізує результати вимірювань попереднього циклу. В наступному циклі дані вимірювань з АЦП запам'ятовуються в ОЗП2, а аналізуються результати вимірювань, що знаходяться в ОЗП1. Від ЦК основний контролер терміналу отримує критерії аналізу, які зберігаються в його енергонезалежній пам'яті. У відповідності до цих критеріїв "Осн.К" через блок управління здійснює керування станом об'єкта контролю. Поточний стан об'єкта може бути відображений на графічному дисплеї (Д) терміналу за допомогою контролера дисплею КД [2].

Розглянуті технічні рішення дозволяють в кілька разів підвищити швидкодію складних мережевих ІВС без значних витрат, забезпечити можливість швидкого реагування системи на виникнення позаштатних ситуацій, а також створити прості засоби моніторингу швидкоплинних процесів для використання в медицині та для наукових досліджень.

Література:

1. Лукина И. В., Лысак А. В., Мельник В. Г., Моги-левский В. М., Семенычева Л. Н.. Открытая сетевая информационно-измерительная система с реализацией обмена данными и управления по технологии "Клиент-сервер" // Технічна електродинаміка, Тематичний випуск: "Проблеми сучасної електротехніки", — ч.3. — Київ, 2006 р. — С. 113—118.
2. Василенко О. Д., Мельник В. Г. Про вибір принципів побудови мультиплексних контрольно-вимірювальних систем // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: "Проблеми сучасної електротехніки", - ч.2. — Київ, 2002р. С.108—112.
3. Мельник В. Г., Василенко А. Д., Карпов И. М. Информационно-измерительная система с двухуровневыми измерительными терминалами для исследования быстропротекающих процессов // Технічна електродинаміка, Тематичний випуск: "Проблеми сучасної електротехніки", — ч.6. -Київ, 2004 р. — С. 119—124.

Секція 6. Супутникові та радіорелейні лінії

УДК 621.391

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ (ССС) ОТ ПОМЕХ

Липатов А.О., Могильченко Н.А.

ИТС НТУУ «КПИ» E-mail: anlip27@ukr.net

This paper presents efficient methods of protection of satellite communication systems from interference.

Системы защиты от помех на основе применения широкополосных сигналов достаточно подробно рассмотрены в ряде монографий. В докладе поясняются особенности трёх перспективных, менее известных, систем помехозащиты.

Система помехозащиты с пространственной компенсацией помех. Известно, что более вероятно и опасно воздействие сигнала помехи не на основной лепесток диаграммы направленности антенны ЗС, а на её боковые лепестки [1].

Схема системы пространственной компенсации помехи (СПКП) представлена на рис. 1. Антенна ЗС принимает сигнал с помехой. Помеха, принятая компенсационной антенной СПКП, усиливается и поступает на вход амплитудно-фазового регулятора, в котором амплитуда и фаза сигнала помехи изменяются в соответствии с заданным алгоритмом работы адаптивного процессора.

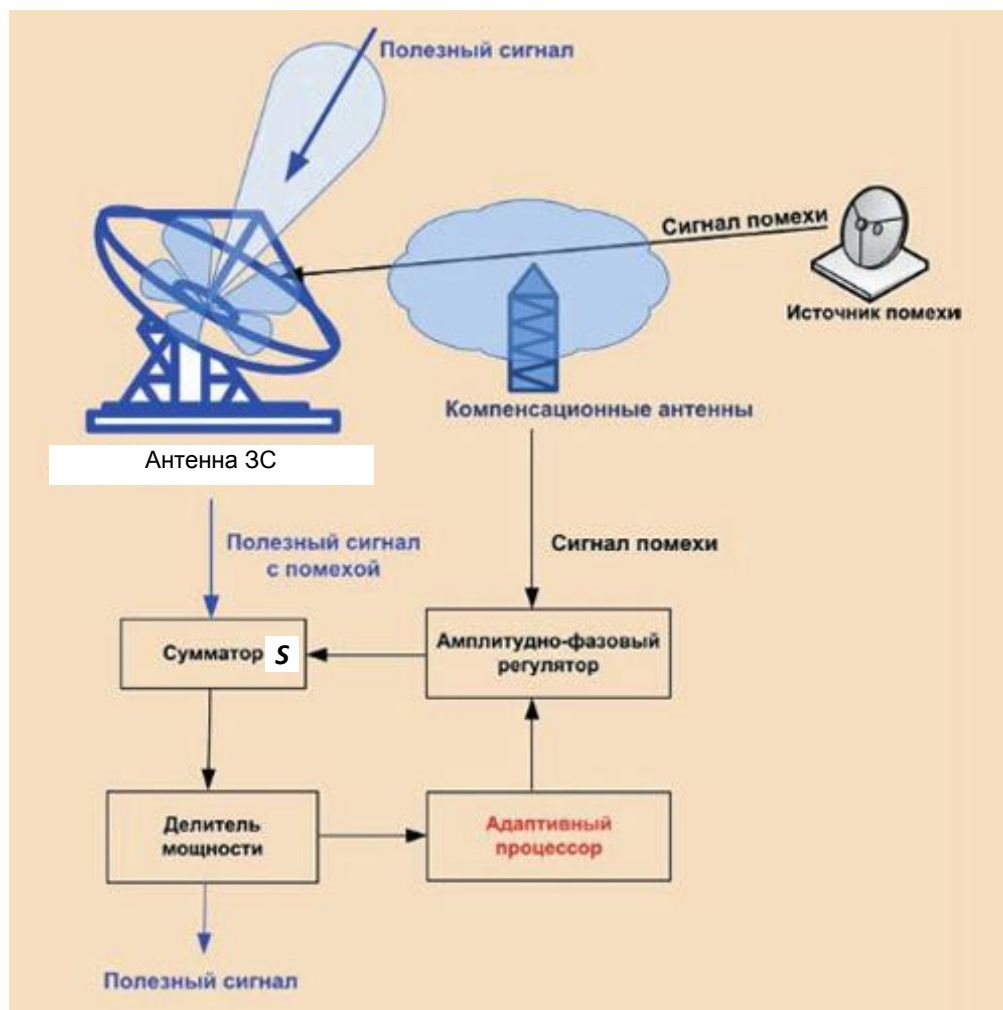
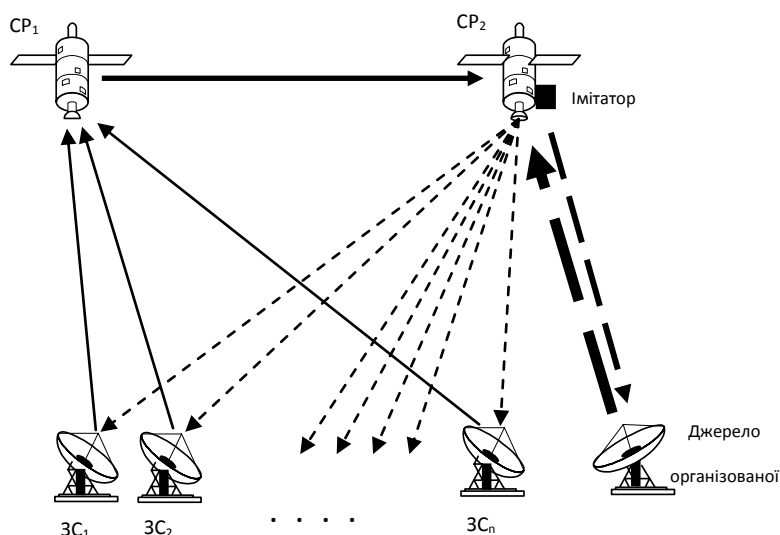


Рис. 1. Схема пространственной компенсации помех

Полученная «копия» помехи через амплитудно-фазовый регулятор подаётся на компенсационный вход сумматора S . На другой вход S поступает аддитивная смесь полезного сигнала и помехи. С выхода S сигнал от делителя мощности передается в аппаратуру защищаемой станции и, через адаптивный процессор, на второй вход амплитудно-фазового регулятора, где происходит очередное изменение амплитуды и фазы помехи. Вследствие итерационных процессов на компенсационном входе S появляется напряжение помехи, равное по амплитуде и противоположное по фазе напряжению помехи, поступающему на основной вход S от антенны защищаемой станции. В результате на выходе сумматора S образуются полезный сигнал и незначительный уровень неполностью скомпенсированной помехи. При этом влияние помехи может быть снижено на 20...30 дБ в сантиметровом и в дециметровом диапазонах волн, в относительной полосе частот до 50%.

Основное требование к СПКП: количество компенсационных каналов (антенн) должно быть не менее количества одновременно действующих помех.

Система защиты от помех с разнесёнными «приёмным» и «передающим» спутниками (CP_1 и CP_2) [2]. Структурная схема системы предоставлена на рис. 2.



В систему входят земные станции ($ЗС_1, ЗС_2, \dots, ЗС_n$) и два пространственно разнесенных спутника-ретранслятора (CP_1 и CP_2). Спутник CP_1 для сигналов всех ЗС является приёмным, а CP_2 — передающим (содержащим имитатор эффективности влияния помех). Сигналы, принятые от ЗС спутником CP_1 , передаются на CP_2 по защищённой от радиопомех с Земли межспутниковой линии связи на частоте 60 ГГц (или лазерной). На этой

Рис. 2. Схема спутниковой связи (CP_1 - CP_2) энергия радиоволн в кислороде (O_2) но ослабляет сигнал станции помех, расположенной на Земле. Спутник CP_2 ретранслирует принятый от CP_1 сигнал в направлении Земли уже в обычной для ССС полосе частот. Помехозащищенность данной ССС достигается следующим. Постановщик помех определяет частоты излучаемых CP_2 сигналов и излучает на сдвинутых относительно передаваемых стандартных частотах приёма помехи в направлении CP_2 . Однако, на CP_2 приемника этих частот нет. Для дезориентации постановщика помех на CP_2 установлен имитатор «искажённого» помехами сигнала ССС.

Система мониторинга ССС

При РЭП вероятный противник может воздействовать на наши СР с целями: введения ошибочной информации в сообщения; отбора мощности СР для передачи своих сигналов; выявления реакции системы помехозащиты на «случайные» помехи и т.п. Поэтому необходим постоянный мониторинг работы СР с целью выявления наличия и характера помех. Контроль и анализ излучений СР в полосах частот, выделенных для ССС, осуществляется штатными средствами этих систем.

Предлагается для решения этой задачи использовать автоматизированные системы радиомониторинга (АСРМ), основой которой [3] является станция спутникового мониторинга, её структурная схема приведена на рис. 3.

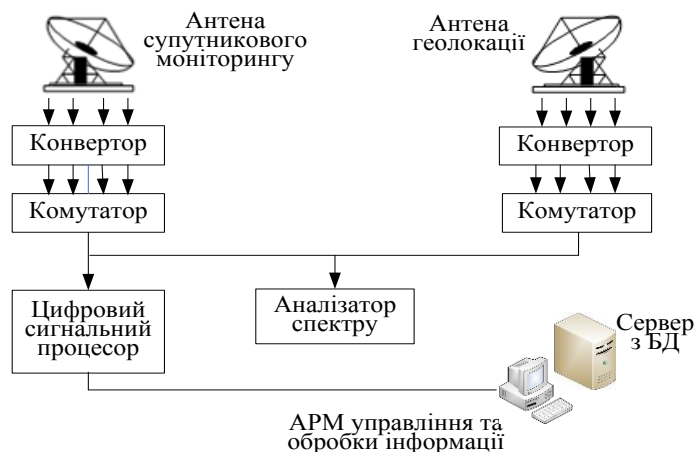


Рис. 3. Станція супутникового радіомоніторингу

АСРМ в режимі контролю

осуществляют:

анализ и измерение параметров радиоизлучений СР;

проверку легитимности передаваемых через него сигналов; регистрацию и отображение полученной информации по заданиям

администрации связи и других контролирующих органов. При этом используется антенна спутникового мониторинга

В режиме геолокации АСРМ использует две приёмные антенны, позволяющие определить приблизительное местонахождение источника помех. Основой его пеленгации являются измерение и анализ времён задержки помехи, которая ретранслируется двумя близко размещёнными СР.

В документе [4] содержатся краткие сведения о варианте АСРМ типа GeoMon. Система содержит в себя подсистемы: контроля спутниковых несущих частот; геолокации; определения, обновления и отображения эфемерид спутников; автоматизированного контроля и управления.

АСРМ может сканировать все несущие частоты проверяемых спутников и осуществлять геолокацию по каждой отдельной несущей частоте с определением координат передатчика.

Приведенные сведения полезны радиоспециалистам ССС и специальной связи, а также операторам коммерческих компаний связи, привлекаемым в особый период к выполнению специальных задач.

Литература

1. Куприянов А.И., Сахаров А.В. – Теоретические основы радиоэлектронной борьбы. – М.: «Вузовская книга», 2007. – 350 с.
2. Патент № 73395. Завадозахищена система супутникового зв'язку / Ільченко М.Ю., Ліпатов А.О., Мазниченко Ю.А., Наритник Т.М., Черкасова Ю.О. Зареєстровано в ДРПУ на корисні моделі 25.09.2012.
3. Слободянюк П.В., Благодарний В.Г., Ступак В.С. – Довідник з радіо моніторингу. – Ніжин: «Аспект-Поліграф», 2008. – С. 358 – 361.
4. Система контроля спутниковых передающих станций для регуляторных органов GeoMon. INTEGRAL SYSTEM 20.08.2008.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ МЕТОДІВ ОБ'ЄДНАННЯ КАНАЛІВ НА ДІЛЯНКАХ РАДІОЛІНІЇ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ**Кашуба С. В.***НТУУ «КПІ» Інститут телекомунікаційних систем, kashubasv@rambler.ru***An Evaluation of Possibility to Use Different Channel Multiplexing Methods at Sections of Radio Lines in Satellite Communication**

Satellite networks use different multiplexing methods in forward and return channels to achieve higher spectral efficiency. With implementing of on-board signal processing possible to use different ways to divide physical resources at sections Earth-Satellite and Satellite-Earth within one transmission link. MF-TDMA signal from terminals or hub converts into TDM wideband stream on the orbit. It allows use narrow band satellite receivers to increase SNR and power efficient mode of satellite amplifier which transmits on one carrier. In such way also we can achieve flexible mesh topology without strict constraints of uplink/downlink bitrates.

Протягом розвитку супутникових систем, для розподілу окремих каналів зв'язку використовувались різні методи, які, шляхом вдосконалення технологій, були націлені на поступове збільшення ефективності цих систем. Під збільшенням ефективності частіше всього мають на увазі збільшення відношення сумарної швидкості передачі інформації в системі до ширини зайнятої частотної смуги (спектральної ефективності). Цей матеріал спрямовано у першу чергу на оцінку можливості підвищити ефективність функціонування супутникових систем за рахунок перетворення на борту супутникового ретранслятора (СР) принципу мультиплексування окремих каналів.

Методи частотного мультиплексування прості у реалізації, але вимагають роботи підсилювача СР у лінійному режимі, далекому від максимуму середньої потужності, та обмежують можливість перерозподілу пропускної здатності між земними станціями (ЗС). Часове мультиплексування дозволяє покращити режим роботи підсилювачів СР та варіювати швидкостями каналів окремих ЗС у широкому діапазоні, хоча і вимагає забезпечення узгодженої роботи всіх ЗС щодо визначення моментів передачі. Можливим рішенням є застосування технологій багаточастотного часового множинного доступу (MF-TDMA), який дозволяє використати переваги обох вищевказаних методів об'єднання каналів, хоча і не позбавляється їх недоліків.

У всіх розглянутих методах СР здійснює лише ретрансляцію сигналів, що поступають на нього, тому принцип розподілу каналів залежить від напрямку (від абонента чи до абонента), а не від ділянки каналу (Земля – супутник чи супутник – Земля). Реалізація на СР демодуляції сигналів, декодування, обробки заголовків канального рівня та зворотні перетворення дозволяють:

- застосовувати на ділянках ЗС1→СР та СР→ЗС2 різні принципи розподілу частотних і часових ресурсів у межах одного напрямку передачі;
- реалізувати гнучку повнозв'язну топологію замість «зірки».

На рис.1 приведено ілюстрацію принципу передачі даних та зайняття частотно-часового ресурсу у супутниковій мережі зі зміною.

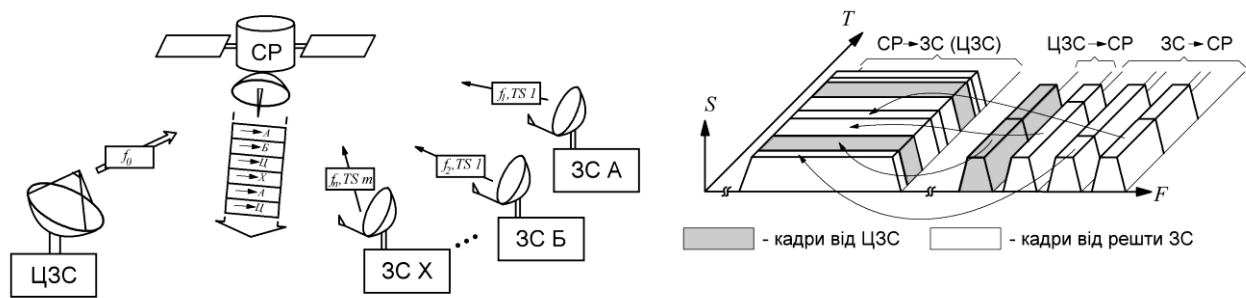


Рис.1. Принцип використання частотно-часових ресурсів при перетворенні методу мультиплексування в СР.

Для супутник повинен мати можливість приймати та обробляти кожну смугу сигналу від ЗС окремо. Очевидно, реалізація приймача (смугових фільтрів, демодуляторів, декодерів) повинна підтримувати функції цифрової обробки сигналів, що дозволить для максимізації продуктивності змінювати кількість та ширину смуг прийому, позиційність модуляції та швидкість коду.

Передача інформації між будь-якими двома ЗС мережі здійснюється за один «скачок», але в два етапи:

1) спочатку ЗС передає кадр даних у напрямку супутника у смузі частот та в інтервал часу, що визначені центральною земною станцією (ЦЗС);

2) на СР прийнятий кадр перевіряється на наявність помилок у службовій інформації, після чого поміщається в буфер для формування потоку разом з кадрами, що надійшли від інших ЗС, передається у напрямку Землі в режимі TDM у межах широкопasmового сигналу, що може бути реалізовано за технологією DVB-S/S2.

Передача у напрямку СР, по-перше, вимагає централізованого керування зайняттям фізичного ресурсу кожною з ЗС, що повинно виконуватись ЦЗС мережі на основі запитів від усіх ЗС системи. По-друге, постає питання про вибір кількості смуг прийому СР та їх ширину (частотну сітку). З одного боку використання вузьких смуг дозволяє різко підвищити енергетику ділянки ЗС→СР або зменшити ЕІВП передавача ЗС, з іншого, відсутність широких смуг обмежує максимальну швидкість передачі від ЗС. Бажано, щоб технологія дозволяла змінювати частотну сітку протягом експлуатації, при чому автоматично.

На параметри частотної сітки впливають:

- кількість ЗС у мережі. Кожна частотна смуга може бути зайнята однією або декількома ЗС, тому смуг не повинно бути більше кількості ЗС, інакше частотний ресурс буде використовуватись неефективно;

- максимальна швидкість передачі ЗС обмежується пропускнуою здатністю найширшої смуги частотної сітки;

- асиметрія трафіку. При використанні ЦЗС як шлюзу в мережу Інтернет, для каналу від ЦЗС повинна бути виділена смуга суттєво ширша ніж від усіх інших ЗС разом (рис.2,а).

Якщо передача даних в мережі відбувається здебільшого безпосередньо між ЗС, то ширина смуги ЦЗС значно менше ніж у (рис.2, б), тоді як основна частина спектру, відведеного для каналів Земля→СР, рівномірно розбита на відносно широкі смуги.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕТРАНСЛЯЦИИ РАДИОСИГНАЛА СПУТНИКОВОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ СТАНДАРТА DVB-S ПО РАДИОЛИНИИ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Авдеев Г.Л., Лавриненко О.Ю., Якорнов Е.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», django2006@ukr.net

Research of digital satellite television DVB-S radiosignal retransmitting in microwave band

The design principles of DVB-S digital satellite television radiosignal retransmitter prototype for 11 GHz for the purpose of students' education improving during digital television studying are shown. The components of transmitter and receiver structure schemes and basic performance indexes of retransmitter during laboratory test are presented.

Введение. В настоящее время стремительное развитие телекоммуникационной отрасли, и, в частности систем спутникового ЦТВ, работающего в СВЧ диапазоне, требует также повышения уровня теоретической и практической подготовки студентов в телекоммуникационных ВУЗах, где читаются курсы по системам телевизионного вещания и технике СВЧ. Однако, не смотря на большое количество доступной литературы посвященной изучению, в первую очередь теоретических аспектов систем ЦТВ [1,2], крайне актуальной в настоящее время становится задача создания макетов и экспериментальных образцов элементов систем ЦТВ, предназначенных для практических и лабораторных занятий со студентами. Это обусловлено тем, что наличие на телекоммуникационном рынке огромного количества оборудования, предназначенного для практического создания современных сетей ЦТВ является недоступным для ВУЗов по причине высокой стоимости и недостаточного государственного и частного финансирования. В связи с этим, в данном докладе рассматривается один из возможных вариантов макета системы ретрансляции радиосигнала спутникового цифрового телевизионного вещания (ЦТВ) стандарта DVB-S по наземному радиоканалу диапазона 11 ГГц, предназначенного для использования в лабораторных работах по курсу «Телевидение» высших учебных заведений с целью повышения уровня подготовки специалистов по направлению «Телекоммуникации».

Основная часть. Рассмотрим принцип работы и состав предлагаемого варианта макета

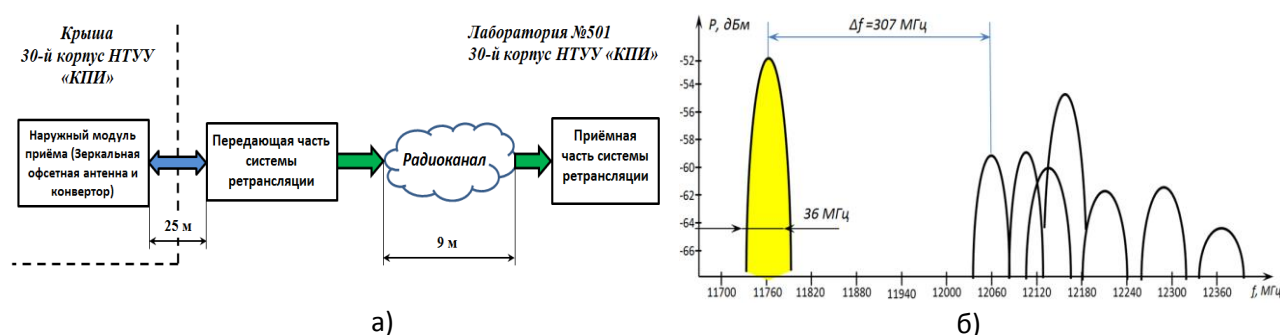


Рис.1 — а) Упрощённая структурная схема макета системы ретрансляции; б) к выбору ретранслируемого транспондера спутника Astra 4A

системы ретрансляции (рис.1,а) радиосигнала спутникового ЦТВ стандарта DVB-S.

В качестве ретранслируемого в лабораторных условиях радиосигнала выбран транспондер (рис.1,б) со спутника Astra 4A (Sirius, 4.8 в.д) с параметрами: частота – 11766 МГц, поляризация излучаемых со спутника радиоволн – горизонтальная, символьная скорость 27500 Ксимв/с, FEC = 3/4, ширина спектра – 36 МГц, модуляция – QPSK, эквивалентная изотропно излучаемая мощность – 51 дБВт. Выбор именно этого транспондера обусловлен двумя причинами: во-первых, в нём транслируются бесплатные украиноязычные телевизионные программы стандартного качества (8 шт.), во-вторых, данный транспондер по частотному плану спутника Astra 4A от ближайшего транспондера (12073 МГц) отстоит на 307 МГц, что облегчает условия по выделению транспондера 11766 МГц на выходе смесителя макета системы ретрансляции, и в третьих – это один из наиболее мощных транспондеров спутника Astra 4A, позволяющий первоначально получить хороший запас по помехоустойчивости в 6-7 дБ на входе макета. Приём указанного транспондера осуществляется с помощью офсетной зеркальной антенны диаметром 0,85 м, установленной на крыше учебного корпуса, в спутниковом конверторе которой радиосигнал усиливается ориентировочно на 60 дБ и переносится в смесителе вниз на частоту 1166 МГц. Далее через DiSeQc коммутатор по радиочастотному коаксиальному кабелю Finmark с волновым сопротивлением 75 Ом длиной 25 м радиосигнал поступает на вход спутникового ресивера EuroSky DVB-3023, где его уровень составляет -50...-47 дБм. Далее через петлю промежуточной частоты (ПЧ), которой оборудовано большинство тюнеров доступных современных спутниковых ресиверов, радиосигнал через разделительный конденсатор поступает на вход двух последовательно соединённых друг за другом усилителей спутниковой ПЧ с общим коэффициентом усиления 30 дБ, и далее через адаптер питания этих усилителей на переменный коаксиальный аттенюатор с глубиной регулировки затухания 0...20 дБ, на выходе которого уровень радиосигнала устанавливается -22...-20 дБм. С выхода аттенюатора радиосигнал по коаксиальному кабелю поступает на первый вход повышающего частоту кольцевого смесителя ADE-11X+, выполненного на диодах Шоттки, на второй вход которого в свою очередь по коаксиальному кабелю поступает сигнал от внешнего гетеродина с частотой 792 МГц и уровнем 4 дБм. Гетеродин выполнен на основе спутникового конвертора Eurosky-3101A в виде отдельного экранированного по высокой частоте блока, который формирует сигнал частоты 792 МГц путём одновременного запуска двух СВЧ генераторов с частотами $f_1 = 9750$ МГц, $f_2 = 10600$ МГц на биполярных СВЧ транзисторах, стабилизированных высокочастотными диэлектрическими резонаторами с последующей подстройкой частоты одного из них с помощью подстроечного винта на требуемый номинал. Гетеродин подключается к кольцевому диодному смесителю через отдельный адаптер питания, коаксиальный аттенюатор с глубиной регулировки 0...20 дБ, полосовой фильтр 47-862 МГц та основе TV/SAT диплексера, предназначенного для подавления второй и последующих гармоник гетеродина не менее чем на 20 дБ и усилитель ТВ сигнала на диапазон 47-860 МГц, на выходе которого аттенюатором устанавливается уровень 3...4 дБм.

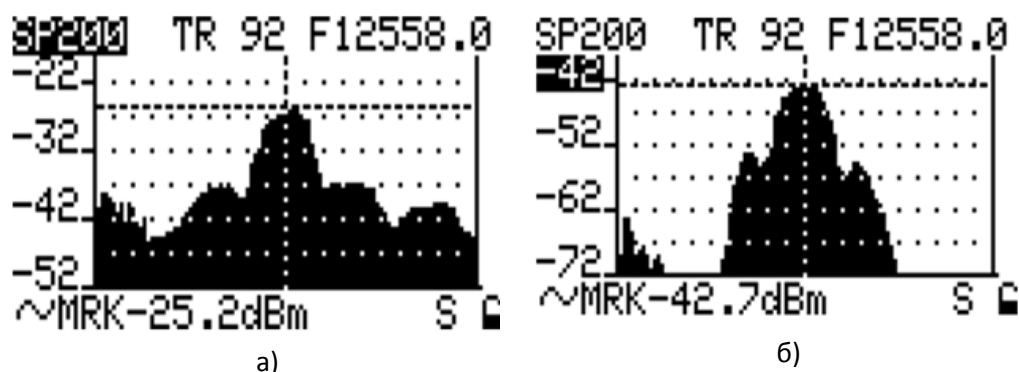


Рис.2 – Спектрограммы радиосигнала DVB-S, полученные с помощью измерителя ST-2 ROVER: а) на входе полосового фильтра; б) на выходе полосового фильтра.

С выхода кольцевого смесителя радиосигнал ЦТВ с несущей частотой 1958 МГц поступает на вход полосно-пропускающего фильтра (рис.2,а) на поверхностных акустических волнах (ПАВ) фирмы EPCOS с центральной частотой 1960 МГц и полосой пропускания около 60 МГц с подавлением сигналов вне полосы пропускания при отстройке от несущей частоты на 200 МГц не менее 40 дБ (рис.2,б), что обеспечивается путём последовательного соединения двух ПАВ микросхем на печатной плате. С выхода полосового фильтра радиосигнал имеет уровень около -35...-40 дБм и поступает через адаптер питания двух последовательно соединённых друг за другом сквозных по постоянному току усилителей ПЧ с суммарным коэффициентом усиления 40 дБ, увеличивающих уровень сигнала до -10...-5 дБм и далее по коаксиальному кабелю длиной 5м на вход транзисторного СВЧ передатчика (рис.3,а), выполненного на основе конвертора EuroSky 3101-А с использованием НЕМТ-транзисторов с выходным уровнем мощности после перехода с круглого волновода на прямоугольный, равным -13 дБм и частотой излучения 11668 МГц. Далее СВЧ радиосигнал поступает на вход волноводного аттенюатора с глубиной регулировки затухания, равной 0...30 дБ и предназначенного для устранения перегрузки приёмного спутникового конвертора, и с выхода аттенюатора на вход пирамидальной рупорной антенны с размерами раскрытия 13,5х10 см и коэффициентом усиления около 21 дБ, излучаясь в окружающее пространство лаборатории.

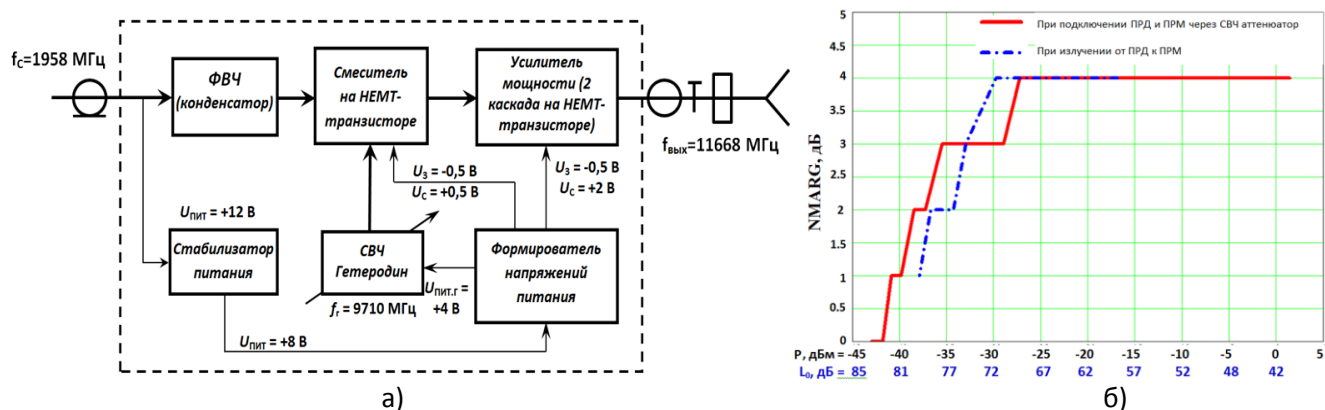


Рис.3 а) структурная схема СВЧ передатчика; б) измеренные с помощью ST-2 ROVER значения запаса помехоустойчивости ретранслированного DVB-S радиосигнала

В качестве приёмной стороны выступает пирамидальная рупорная антенна с коэффициентом усиления 21 дБ, состыкованная посредством переходника с прямоугольного на круглый волновод со спутниковым универсальным конвертором Ku-диапазона Cambridge AE-54, выход которого через его адаптер питания, коаксиальный двухканальный делитель мощности подключен как к спутниковому ресиверу Samsung DSR-9500 (и далее от ресивера к телевизионному приёмнику) так и к анализатору спутниковых сигналов ROVER ST-2 для измерения параметров качества ретранслированного радиосигнала, например запаса помехоустойчивости N.MARG (рис.3,б).

В докладе приведены подробные структурные схемы передающей и приёмной частей системы ретрансляции, её ориентировочная стоимость, а также основные показатели качества ретранслированного радиосигнала ЦТВ, из которых следует их незначительное ухудшение, обусловленное в первую очередь, накоплением шумов в трактах системы ретрансляции.

Заключение. По мнению авторов доклада, внедрение указанного макета должно содействовать повышению и закреплению профессиональных знаний учащихся ВУЗов в области антенной техники и линий передачи СВЧ, теории преобразования, фильтрации, генерации и усиления радиосигналов, более глубокому изучению широко распространённого стандарта ЦТВ DVB-S, стандартов сжатия ТВ изображений MPEG-2 и особенностей

формирования транспортного потока MPEG-2 TS, а также основных показателей качества систем ЦТВ.

Литература

1. *Смирнов А.В., Пескин А.Е.* Цифровое телевидение. От теории к практике. М.: Горячая Линия-Телеком, 2005. 349 с., ил.
2. *Локишин Б.А.* Цифровое вещание: от студии к зрителю. М: Сайрус Системс, 2001. 316 с., ил.

ПРИНЦИП ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ДОСТУПУ В МЕРЕЖУ ІНТЕРНЕТ З ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ

Авдєєнко Г.Л., Коломицев М.О., Адамович О.М., Волошин А.В., Костючок Ю.С

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», oleg_adamovych@ukr.net

Principles of organization of local computer networks to ensure access to the Internet via microwave link

The implementation of wireless local area computer network with access to Internet based on digital radio relay stations "Complex MG" and Wi-Fi router D-Link.

У наш час майже не залишилось електронних пристроїв не зв'язаних між собою або з глобальною мережею Інтернет. Локальні мережі пов'язують комп'ютери, розміщені на невеликій відстані один від одного, як правило, в одній або кількох сусідніх будівлях підприємства, установи, офісу. Головна особливість локальних мереж – єдиний для всіх комп'ютерів високошвидкісний канал передавання даних і мала ймовірність виникнення помилок у комунікаційному обладнанні.

Основне призначення будь-якої комп'ютерної мережі, в тому числі локальної – надання інформаційних та обчислювальних ресурсів підключеним до неї користувачам. Недоліками кабельних локальних мереж є: висока вартість проектування та інсталяції, складність розширення системи, додаткові затрати на розширення. Забезпечити простоту і швидкість розгортання мережі за порівняно низькою ціною та з відсутністю магістральних кабелів можна за допомогою безпроводових засобів зв'язку.

Організувати таку локальну безпроводову комп'ютерну мережу між двома віддаленими пунктами, яка б мала доступ до мережі Інтернет за схемою «клієнт-сервер», можна на базі цифрових радіорелейних станцій (ЦРПС) «Комплекс МГ» та Wi-Fi маршрутизаторів D-Link. Такий спосіб побудови локальної комп'ютерної мережі із швидкістю передавання 2,048 Мбіт/с між двома ПК використовується в навчальному процесі ІТС у курсі лабораторних робіт дисципліни «Телекомунікаційні безпроводові системи-1».

При створенні такої локальної мережі на базі ІТС, що складається з двох прольотів – радіорелейної лінії зв'язку та безпроводової лінії зв'язку Wi-Fi студенти матимуть змогу:

1. Практично виконати: монтаж з'єднувальних ліній на модемах Ц-2/8, підключення модемів Ц-2/8 до відповідних передавально-приймальних пристроїв, монтаж НВЧ тракту радіорелейної лінії, налаштування мережевої адресації, налаштування параметрів Wi-Fi маршрутизаторів.

2. Краще вивчити призначення, склад та принцип дії МОДЕМ Ц-2/8 ЦРПС «Комплекс МГ», конверторів ETHERNET/E1 RAISECOM та WI-FI маршрутизаторів D-Link DIR-300/NRU.

3. Закріпити на практиці отримані знання таких навчальних дисциплін як: "Технічна електродинаміка та поширення радіохвиль", "Мережеві технології", "Передавальні та приймальні пристрої".

Цифрова радіорелейна станція «Комплекс МГ» дозволяє утворювати однопрольотну лінію радіорелейного зв'язку з двома дуплексними стовбурами. Один прольот – 15 км, відповідно два прольоти – 30 км. По двох стовбурах передається первинний або вторинний потік (ІКМ-30 – 2048 Кбіт/с або ІКМ-120 – 8448 Кбіт/с). Станція дозволяє забезпечити

службовий зв'язок (СС) по двох стовбурах, а також телесигналізацію (ТС) про стан апаратури.

Електричне живлення здійснюється від джерела постійного струму $-24 \text{ В} \pm 10\%$ потужністю не менше 200 Вт або від джерела постійного струму з напругою $+(60 \pm 6) \text{ В}$ потужністю не менше 250 Вт через джерело живлення УП1, яке перетворює $+60 \text{ В}$ у -24 В . У станції реалізований модульний принцип побудови з винесеним до антени блоком передавально-приймального пристрою (ППП) [3].

Загальні технічні характеристики ЦРРС «Комплекс МГ»:

1. Робочий діапазон частот 10,7 – 11,7 ГГц. Сітка частот відповідає основному плану розподілу частот у відповідності до рекомендації МККР №387-3.
2. Кількість дуплексних стовбурів – 2.
3. Ємність одного дуплексного стовбура, телефонних каналів:
 - 1) при швидкості 8,448 кБіт/с – 120;
 - 2) при швидкості 2,048 кБіт/с – 30.
4. Передача інформації здійснюється методом частотної модуляції. Номінальне значення проміжної частоти – 70 МГц.
5. Потужність, що віддається в антену від передавального пристрою: 0,05 – 0,1 Вт;
6. Стабільність частоти заданого генератору передавача та гетеродину приймача: $\pm 1,5 \cdot 10^{-4}$.
7. Коефіцієнт шуму приймача по входу змішувача не більше 10 дБ;
8. Номінальний рівень сигналу на вході приймача при довжині прольоту 10 км: -38 дБм;
9. Поріг включення генератору заміщення по входу приймача: -64 дБм.
10. Нерівномірність АЧХ приймально-передавального пристрою в смузі частот $(70 \pm 8) \text{ МГц}$, не більше 1,5 дБ.
11. Нерівномірність групового часу затримки в смузі частот $(70 \pm 8) \text{ МГц}$, не більше 10 нс.
12. Номінальний опір з'єднання по ПЧ в смузі частот $(70 \pm 8) \text{ МГц}$ – 75 Ом.
13. Загасання неузгодженості не менше 25 дБ.
14. Рівень сигналу на вході приймача при достовірності передавання цифрової інформації 10^{-3} , дБм:
при швидкості передавання 8,448 Мбіт/с: -80 дБм;
при швидкості передавання 2,048 Мбіт/с: -83 дБм;
15. Потужність споживання по ланцюгу -24 В складає не більше 200 Вт [3].

МОДЕМ Ц-2/8 включає передавальну частину - модулятор, приймальну частину - демодулятор і блок живлення. Цифровий сигнал в лінійному коді HDB-3 з виходу каналоутворюючої апаратури ІКМ за допомогою кабелю завдовжки до 1000 м подається на роз'єм ВХІД HDB-3 УС-МД МОДЕМ Ц-2/8. Блок УС-МД здійснює узгодження входу МОДЕМ Ц-2/8 по цифровому сигналу з кабельною лінією. Кабельний коректор, встановлений на вході блоку, компенсує спотворення, що вносяться кабельною лінією. Після кабельного коректора цифровий сигнал в коді HDB-3 поступає на регенератор, який здійснює відновлення форми і амплітуди передаваного сигналу. Потім регенерований сигнал перетворюється з коду HDB-3 в код NRZ (бінарну цифрову послідовність в рівнях ТТЛ логіки) і подається на роз'єм ВИХІД І. З цього роз'єму цифровий сигнал в коді NRZ кабельною перемичкою подається на вхід скремблера - на роз'єм ВХІД NRZ. Після скремблювання з роз'єму ВИХІД 2-2 блоку УС-МД цифровий сигнал за допомогою кабельної перемички подається на роз'єм ВХІД ФП-МД МОДЕМ Ц-2/3 [1-3].

Утворення локальної мережі здійснюється наступним чином. Сигнал з виходу мережевої карти ПК №1 надходить на вхід «ЕТН» конвертору інтерфейсів, який перетворює мережевий трафік у цифровий потік Е1, який в лінійному коді HDB-3 з виходу BALANCE надходить до роз'єму «Вхід HDB-3» блоку УС-МД МОДЕМ Ц-2/8. З виходу «ВИХОД ПЧ» блоку ЧМ МОДЕМ Ц-2/8 цифровий сигнал, що перетворений у частотно-модульований радіосигнал на несучій частоті 70 МГц, надходить до першого передавача ППП №1, де переноситься у діапазон НВЧ. З виходу першого приймача ППП №1 ЧМ радіосигнал

надходить на роз'єм «ВХОД» блоку ККПФ, а з виходу «ВЫХОД HDB-3» блоку УС-ДМ МОДЕМ Ц-2/8 цифровий сигнал в лінійному коді HDB-3 надходить по кабелю на вхід "BALANCE" конвертору інтерфейсів. Подібним чином до мережевого обладнання підключається й ППП №2, проте з виходу ЕТН конвертору інтерфейсів сигнал надходить до першого Wi-Fi маршрутизатору. Радіосигнал від цього маршрутизатора безпроводовим каналом зв'язку з'єднаний з другим Wi-Fi маршрутизатором, до якого в свою чергу підключений ПК №2.

Велику роль у створенні даної мережі відіграє безпроводовий маршрутизатор DIR-300/NRU сумісний з стандартами 802.11b і 802.11g, що гарантує сумісність з широким діапазоном безпроводових пристроїв. Безпроводовий маршрутизатор обладнаний чотирма портами Ethernet, які дозволяють підключати до нього ПК та інше мережеве обладнання з Ethernet-інтерфейсами. Завдяки D-Link Quick Router Setup Wizard (Майстер по швидкій установці маршрутизатора), налаштування мережі може бути виконано за лічені хвилини. Використання Майстра по швидкій установці значно спрощує процес додавання нових пристроїв, установці апаратного забезпечення, і його підключення до мережі, встановлюючи настройки провайдера для швидкого встановлення широкосмугового з'єднання з мережею Інтернет. Крім того, DIR-300/NRU має функцію Wi-Fi Protected Setup™ (WPS), що спрощує процес налаштування безпроводової мережі і включення захисту [5].

Монтаж НВЧ тракту здійснюється наступним чином:

1. Вихід (круглий хвилевідний фланець з прямокутним хвилеводом перерізу 23x10 мм) першого з двох ППП з'єднується жорстким коаксіальним кабелем з коаксіально-хвилевідними перехідниками (КВП) з першим входом поляризаційного атенюатора Д5-5 з глибиною атенуації 0...50 дБ.
2. До другого виходу атенюатора Д5-5 під'єднується спрямований відгалужувач.
3. Основний вихід спрямованого відгалужувача з'єднується за допомогою жорсткого коаксіального кабелю з коаксіально-хвилевідними трійниками з хвилевідним трактом другого ППП.
4. До плеча спрямованого зв'язку спрямованого відгалужувача під'єднується другий хвилевідний атенюатор, до якого в свою чергу підключається супутниковий конвертор Cambridge AE-37, призначений для контролю параметрів радіосигналу в НВЧ тракті.
5. Атенюатори в даному тракті НВЧ потрібні для того, щоб вносити відповідні затухання. У п.1 атенюатор Д5-5 буде вносити загасання 25-30 дБ, а у п.2 5-10 дБ.

Для того, щоб виконати налаштування мережевої адресації потрібно:

1. На першому ПК (збоку ППП №1), який відіграє роль сервера і має вихід до мережі Інтернет прописати IP адрес, маску підмережі, основний шлюз, бажаний та альтернативний DNS Server (IP адрес: 192.168.0.3; Маска підмережі: 255.255.255.0; Основний шлюз: 192.168.0.3; Бажаний DNS Server: 192.168.0.3; Альтернативний DNS Server: 192.168.0.0).
2. На другому ПК (збоку ППП №2), який відіграє роль клієнту прописати IP адрес, маску підмережі, основний шлюз (IP адрес: 192.168.0.5; Маска підмережі: 255.255.255.0; Основний шлюз: 192.168.0.2) [5].

Література

1. Нарытник Т.Н, Волков В.В., Уткин Ю.В. Радиорелейные и тропосферные системы передачи.- Учебное пособие.- Издательство «Основа».-К.:.-2009.-696с
2. Радиорелейные и тропосферные системы передачи. Учеб. пособие для студентов вузов / Т.Н.Нарытник. - К. : Ин Юре, 2003. - 335 с.
3. Руководство по цифровой радиорелейной станции «Комплекс МГ».
4. Олифер В. Г., Олифер Н. А.Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник. 3-е изд. - СПб.: Питер, 2006. — 958 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Нарытник Т.Н., Казимиренко В.Я., Адамович О.М., Волошин А.В.,

Коломыцев М.А., Костючок Ю.С.

НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ», icbr@i.ua

RESEARCH OF PROSPECTS OF THE USING TERAHERZ RANGE FOR CREATION TELECOMMUNICATION SYSTEM

Results over of research of realization of telecommunication communication channel are Brought in a range 130.134 ГГц.

Приведены результаты исследования реализации телекоммуникационного канала связи в диапазоне 130...134 ГГц.

Использование терагерцового диапазона в телекоммуникациях перспективно в силу перегруженности диапазонов более низких частот, роста информационного трафика, который требует передачи гигабитных цифровых потоков по линиям связи.

Поскольку пропускная способность линии радиосвязи увеличивается с ростом полосы частоты сигнала, то использование доступного и пока не лицензируемого частотного ресурса является мощным средством увеличения величины передаваемого трафика. Особенностью терагерцовых волн является относительно сильное затухание в атмосфере, вызванное дождем и резонансным поглощением в молекулах кислорода и воды, поэтому они пригодны для радиосвязи на малых расстояниях.

И хотя дальность связи в терагерцовом диапазоне оценивается несколькими километрами из-за ограничений в выходной мощности передатчика и чувствительности приемника, имеется ряд перспективных применений каналов передачи, базирующихся на этом частотном диапазоне [1-3].

В данной работе приведены результаты предварительной оценки прогнозируемого качества канала связи в диапазоне 130...134 ГГц, а также рассмотрены достижения мировыми телекоммуникационными организациями в части построения каналов связи, функционирующих в терагерцовом диапазоне.

Исследования, проведенные мировыми научными организациями, показали возможность использования терагерцового диапазона, в том числе, для передачи информации. Такая передача как правило осуществляется посредством использования фотонной технологии, где в качестве формователя несущей используется лазер. При этом отмечается довольно высокая стоимость организованного беспроводного канала связи.

Результаты оценок протяженности линии связи в зависимости от длины волны излучения при значениях полного ослабления представлены на рис.1. Эти оценки сделаны при достигнутых уже сегодня параметрах приемно-передающей аппаратуры и усилении антенн.

На основании этих данных можно сделать вывод о перспективности применении терагерцовых волн для ближней связи на расстояниях, которые отвечают требованиям, предъявляемым к микросотовым и пикосотовым линиям связи.

Учитывая современный уровень развития полупроводниковой технологии и состояние разработок микроэлектронных схем, есть реальная возможность использования разных отечественных приемно-передающих систем, а также антенно-волноводных устройств для создания необходимой элементной базы в целях применения в линиях передачи информации небольшой протяженности в городских условиях.

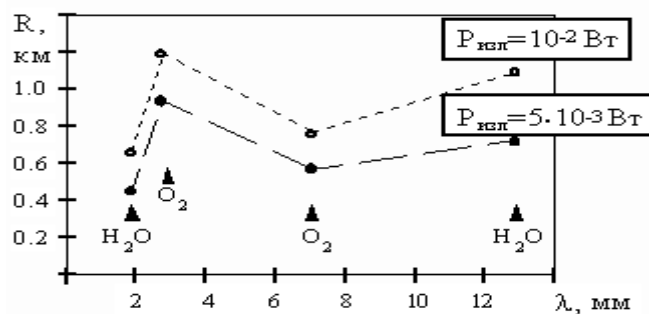


Рис.1. Зависимость дальности связи радиоканала от частоты

Из рисунка 2 видно, что использование диапазона около 130 ГГц довольно приемлемо для реализации беспроводного канала передачи.

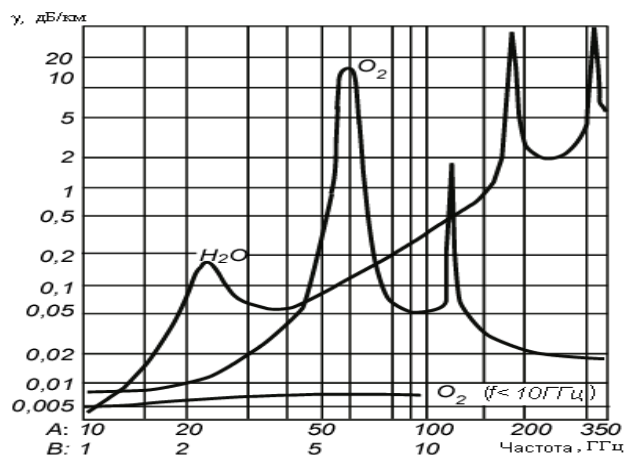


Рис. 2. Характеристики поглощения радиоволн в атмосфере (на уровне моря)

На рис 3 показано поглощение радиоволн, вызываемое дождем разной интенсивности. Диапазон вблизи 130 ГГц также оказывается приемлемым в условиях Украины.

Беспроводные технологии, которые могут управлять оптическими коммуникациями полезны для доступа организации последней мили радиосвязи, устанавливая временные соединения для возобновления сети при отказе или других разрушениях.

Приняты параметры скорости передачи для высококачественного телевидения (HDTV), которое требует скорость 1.5 Gb/s, трехмерных кинофильмов (3 Gb/s), цифрового кино (6 Gb/s) и супервидения (SHV) (до 24 Gb/s) нуждаются в широкополосной сети и в беспроводном оборудовании, которое может передавать некомпресованное видео HD в разных ситуациях.

Использование современных технологий позволило на сегодня создать передающие тракты достаточной мощности и приемные тракты с чувствительностью, позволившими на частоте 120 ГГц достичь передачу данных на расстоянии до 10 км [4].

Решаемой в данной работе задачей также являлась предварительная оценка длины линии связи в диапазоне 130...134 ГГц, базирующаяся на результатах, полученных при проведенных исследованиях и созданных средствах передачи.

Методика основывается на использовании технологии расчета изотропно распространяющейся радиоволны, учете как требуемой энергетики для используемого вида модуляции, так и компенсации энергетических потерь на трассе.

Оценка проводилась для использования полосы около 2ГГц, необходимой для передачи высокоскоростного телевизионного трафика, так и для полосы 40МГц, используемой при передаче многоканального трафика (например, трафика Интернет-служб).

Получены следующие результаты:

При модуляции 64 КАМ и коде РС превышения сигнала над шумом должно составлять около 25 дБ. С учетом потерь и искажений на трассе требуется еще дополнительно 10...15дБ. Учет влияния искажений в тракте может сложить еще до 15 дБ.. При суммарном усилении антенн 90дБ на расстоянии 1км имеем запас около 20дБ, на расстоянии 2км - запас около 14 дБ.

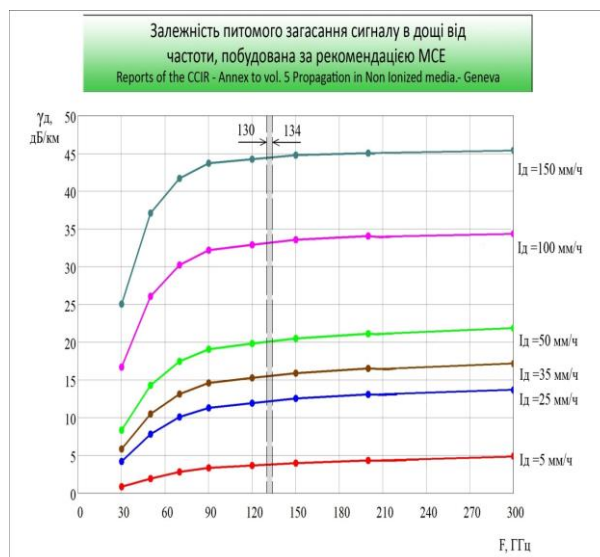


Рис.3. Поглощение радиоволн, вызываемое дождем разной интенсивности.

Отметим, что конфигурация разработанного формирователя предусматривает создание восьми сорока мегагерцовых каналов, в каждом из которых скорость передачи составляет около 150 МГц/с. То есть суммарная скорость составит 1200 МГц/с в полосе около 400МГц.

Расширение полосы до 2 ГГц (что позволит передавать потоки телевидения сверхвысокой четкости) приводит к увеличению мощности шума а, значит, и мощности сигнала на входе приемника на 17...20 дБ и для реализации качества передачи в пределах реализуемого энергетического ресурса потребуется снижение позиционности модуляции, по крайней мере, до QPSK.

Проведена оценка требований к характеристикам составляющих канала связи, базирующегося на полученных результатах. Предложено использование приемопередающего формирователя, в котором применены технологии 802.11n. и который позволяет передавать по линии связи гигабитный трафик. При этом скорость передачи в канале связи и частота передачи определяются конфигурацией разработанного формирователя нового типа.

Литература

1. М.Ю. Ильченко, С.О. Кравчук «Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу», Наукова думка, 2009.
2. М.Ye Ilchenko, T.N. Narytnik, A.I. Fisun, O.I. Belous. Terahertz range telecommunication systems /Telecommunications and Radio Engineering, 70(16):1477-1487 (2011).
3. T. Narytnik, A. Amro, M. Ilchenko, V.Kalinin, O. Turabi. Sub-Terahertz Low Power UWB Communication Link for WPAN. //Network and Complex Systems.- Vol 2, No.4.- 2012.-p.45-50.
4. Akihiko Hirata, Ryoichi Yamaguchi, Toshihiko Kosugi, Koichi Murata: 10Gbit/s Wireless Link Using InP HEMT MMICs for Generating 120-GHz-Band Millimeter-Wave Signal, IEEE Transactions on microwave theory and techniques, Vol. 57, No.5, May 2009

ПРИЕМО-ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ ЦИФРОВОЙ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА

Ильченко М.Е., Кузьмин С.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н.

НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ», icbr@i.ua

TRANCEIVER FOR DIGITAL RADIORELAY SYSTEM IN TERAHERTZ FREQUENCY BAND

A number of the devices, which can be used for creation of new communication systems generation in terahertz band, have been developed. These devices for the first time permit to create the transceiver for digital radio relay system in 130 GHz frequency band. Output power of transmitter was -10 dBm and sensitivity of receiver was not worse 10^{-11} W. The transmission speed 155Mbit/s was achieved using QAM-256 modulation in pass band 25 MHz.

Приведены результаты разработки ряда новых устройств, которые могут быть использованы при создании нового поколения телекоммуникационных систем терагерцового диапазона. Разработанные устройства позволили впервые создать приемопередатчик для цифровой радиорелейной системы в диапазоне 130 ГГц. Мощность на выходе передатчика составила -10 дБм, чувствительность приемника была не хуже 10^{-11} Вт. При модуляции КАМ-256 была достигнута скорость передачи данных 155 Мбит/с в полосе 25 МГц.

Одним из наиболее перспективных путей для реализации гигабитной линии радиосвязи является использование терагерцовой частоты в качестве несущей, поскольку пропускная способность линии радиосвязи увеличивается с ростом доступной полосы частоты сигнала. Особенностью терагерцовых волн является относительно сильное затухание в атмосфере, вызванное дождем и резонансным поглощением в молекулах кислорода и воды, поэтому они пригодны для радиосвязи на малых расстояниях. Дальность связи в терагерцовом диапазоне оценивается несколькими километрами из-за ограничений в выходной мощности передатчика и чувствительности приемника. Вместе с тем возможность передачи большого объема данных в единицу времени может позволить, в частности, мультимплексную передачу несжатых телевизионных сигналов с высоким разрешением. Данные обстоятельства указывают на перспективность терагерцового диапазона для построения локальных телекоммуникационных систем с высокой пропускной способностью [1]. В частности японскими специалистами создана радиорелейная линия в диапазоне 120 ГГц [2], обеспечивающая передачу информации со скоростью 10 Гбит/с на расстояние свыше 800 м.

Основная цель настоящей работы – демонстрация реальной возможности качественного увеличения пропускной способности системы создания путем создания приемопередатчика для радиорелейной системы, работающей в терагерцовом диапазоне частот.

На основе компьютерного и физического моделирования функциональных узлов телекоммуникационной системы была спроектирована аналоговая часть приемопередатчика, структурная схема которой приведена на рис.1.

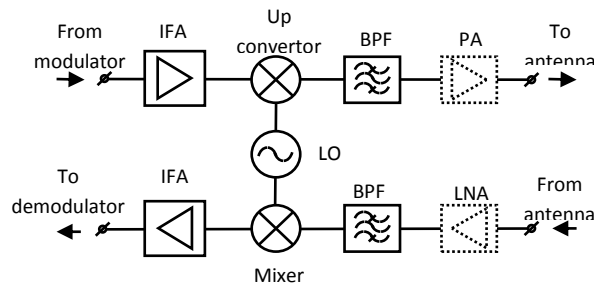


Рис. 1. Структурная схема приемо-передатчика

Схема содержит:

- передающий тракт в составе входного усилителя промежуточной частоты (УПЧ), частотного преобразователя вверх и выходного полосно-пропускающего фильтра (ППФ);
- приемный тракт в составе входного ППФ, смесителя и выходного УПЧ.

Высокочастотные (ВЧ) цепи передающего и приемного трактов работают в частотном диапазоне 127-133 ГГц. Цепи промежуточной частоты (ПЧ) работают в диапазоне 1-2 ГГц.

Особенностью схемы является использование общего гетеродина для приемного и передающего трактов. При этом тракты приема и передачи работают на разных боковых полосах частотных преобразователей. Высокочастотные ППФ обеспечивают развязку трактов друг от друга и от второй гармоники гетеродина.

Частотные преобразователи, а именно, смеситель приемника и преобразователь вверх передатчика имеют идентичные схемы и конструкции, но различаются направлением прохождения сигналов в соответствии с их функциональным назначением. Была выбрана субгармоническая схема преобразователей, которая позволяет использовать гетеродин с частотой вдвое ниже, чем в обычных преобразователях. Данное обстоятельство существенно облегчает задачу построения гетеродинной цепи, что особенно важно при столь высоких рабочих частотах.

При выбранной частоте гетеродина $f_{\text{гет}} = 64.8$ ГГц частоты каналов радиосвязи будут находиться в диапазонах $f = 2 f_{\text{гет}} \pm F_{\text{ПЧ}}$, что составляет 130,6-131,6 ГГц и 127,6-128,6 ГГц.

В качестве смесительных диодов использованы арсенид-галлиевые диоды с барьером Шоттки. Диоды имеют емкость барьера при нулевом смещении $C_{j0} = (8...12)$ фФ и последовательное сопротивление потерь $R_{\text{п}} = (6...8)$ Ом. Бескорпусная конструкция с балочными выводами удобна для монтажа диодов в интегральную схему преобразователей.

Измеренные потери преобразования составляли 12 дБ как смесителя, так и преобразователя вверх, при этом требуемая мощность гетеродина не превышала 15 мВт.

Из различных схем построения цепи гетеродина была выбрана схема, использующая высокостабильный задающий кварцевый генератор с последующей цепочкой умножительных и усилительных каскадов [3]. Такое построение гетеродинной цепи характеризуется минимальным количеством паразитных гармоник и комбинационных частот и намного дешевле схемы с частотным синтезатором. В качестве задающего использован кварцевый генератор на 100 МГц фирмы Crystek Crystals с уровнем фазовых шумов не выше – 143 дБ при отстройке от центральной частоты на 1 кГц. Параметры задающего генератора в основном и определяют стабильность частоты и фазовые шумы гетеродина.

Выходная часть гетеродинной цепи кроме усилительно-умножительных функций осуществляет разветвление сигнала гетеродина на два канала. Измеренные уровни выходных мощностей гетеродина для трактов приема и передачи составляли 15...20 мВт.

В качестве ППФ были разработаны septum-фильтры, которые являются наиболее подходящими в терагерцового диапазоне с точки зрения избирательности и малых потерь.

Разработка отдельных функциональных узлов приемо-передающего тракта радиорелейной системы терагерцового диапазона позволили выполнить проектирование и изготовление всей аналоговой части приемо-передатчика.

Конструктивно приемо-передатчик выполнен в виде единого блока, включающего все разработанные узлы, модульное исполнение которых обеспечивает компактность всего изделия, удобство его сборки и монтажа. Надежность работы приемо-передатчика обеспечивается максимальным использованием в конструкции монолитных микроволновых интегральных микросхем.

Была измерена проходная частотная характеристика приемо-передающего тракта путем подачи на вход передатчика калиброванного сигнала от свип-генератора в диапазоне ПЧ и наблюдении сигнала с выхода приемника на экране индикатора панорамной измерительной установки. При этом высокочастотный выход передатчика соединялся со входом приемника отрезком волновода. Данные измерения позволили определить выходную мощность передатчика, которая составила минус 10 дБм. Существенное улучшение энергетических характеристик приемо-передатчика может быть достигнуто применением высокочастотных усилителей, показанных пунктиром на структурной схеме.

Используя цифровой модем, формирующий калибровочный сигнал, была измерена спектральная характеристика сигнала на выходе приемного тракта (рис. 2.).

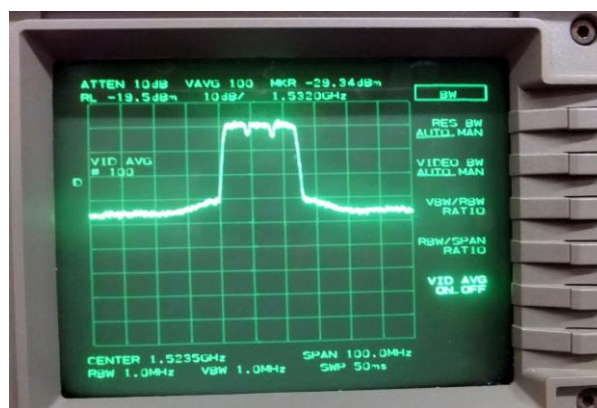


Рис. 2. Спектральная характеристика сигнала на выходе приемника

Измеренная с помощью созданного приемо-передатчика скорость передачи данных между двумя комп'ютерами составила 155 Мбит/с при использовании модуляции QAM-256 в формируемой модемом полосе частот 25 МГц.

Впервые создан лабораторный образец приемо-передатчика для цифровой радиорелейной системы, способной обеспечить передачу и прием в диапазоне 130 ГГц цифровой информации со скоростью до 1,5 Гбит/с при дальности радиосвязи в пределах 1 км. Такая

беспроводная система связи может быть оперативно использована для организации временного радиодоступа, в частности, она может быть ключевым компонентом аварийного восстановления связи в случае чрезвычайных ситуаций, когда волоконно-оптические сети не могут функционировать в результате выхода из строя.

References

1. T.Narytnik, A.Amro, M.Ilchenko, V.Kalinin, O.Turabi. *Sub-Terahertz Low Power UWB Communicatio Link for WPAN*. //Network and Complex Systems. – Vol 2, No.4. – 2012 – p. 45-50.
2. Akihiko Hirata, Ryoichi Yamaguchi, Toshihiko Kosugi, Hiroyuki Takahashi, Koichi Murata, Tadao Nagatsuma, Naoya Kukutsu, Yuichi Kado, Naohiko Iai, Satoshi Okabe, Satoshi Kimura, Hidehiko Ikegawa, Hiroshi Nishikawa, Toshihiro Nakayama, and Tomonori Inada. “10-Gbit/s Wireless Link Using InP HEMT MMICs for Generating 120-GHz-Band Millimeter-Wave Signal. IEEE Trans on Microwave Theory and Techniques, vol. 57, No. 5, MAY 2009.
3. Kuzmin S.E., Narytnik T.N.,Radzikhovsky V.N. *Local oscillator circuit for radio relay system in 130 – 134 GHz band*. 2011 21st Int. Crimean Conf. “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2011). Sevastopol, 2011, pp. 396-397.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «ЛЫБИДЬ»

Волков С.Э., Згурский А.С.

ГП «Укркосмос», se-volkov@yandex.ru

Payload monitoring system for "Lybid" spacecraft

The tasks of payload monitoring system, its equipment composition and organization of connection with ground control station were considered.

Национальная спутниковая система связи (НССС) предназначена для предоставления услуг передачи информации, видео/аудио вещания и состоит из геостационарного спутника «Лыбидь», который будет запущен в орбитальную позицию 48° восточной долготы, наземного комплекса управления (НКУ) и сети абонентских станций. Задачами НКУ является контроль и управление спутником и его полезной нагрузкой.

Срок эксплуатации спутника должен составлять 15 лет. Зона обслуживания охватывает три региона: Центральную Европу, Западную Африку и Индию.

НКУ, расположенный на территории Украины, обеспечивает связь с бортовым оборудованием управления спутника «Лыбидь» и выполняет следующие задачи: передачу команд управления спутником и его полезной нагрузкой; прием и анализ телеметрической информации; контроль и регулирование состояния систем космического аппарата; измерения положения космического аппарата на орбите; управление маневрами космического аппарата.

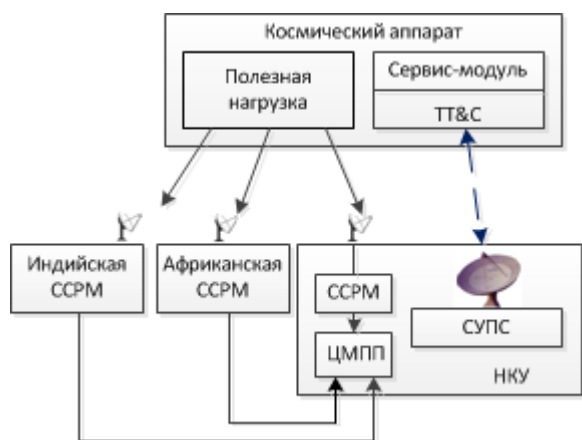


Рис. 1. Схема организации СМПН.

Однако НКУ не контролирует использование ресурса спутника потребителями в других регионах. Предоставление качественных услуг непосредственно влияет на окупаемость всей НССС. Для решения этой задачи необходимо создать систему мониторинга полезной нагрузки (СМПН) и разместить её приемные станции в пределах Западноафриканского и Индийского лучей (рис.1). На рисунке обозначены: ЦМПП – центр мониторинга и поддержки пользователей; СУПС – система управления положением спутника; ССРМ – станции системы радиочастотного мониторинга.

В докладе рассмотрены задачи СМПН, возможный состав оборудования и организации связи с НКУ.

Литература

1. Волков С.Э., Пызюк Д.Л. Этапы создания национальной спутниковой системы связи Украины / СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: матер. 20-й межд. науч.-техн. конф. КрыМиКо–2010, Севастополь, 2010. - с. 400÷401.

ПРОБЛЕМЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ СПУТНИКАМИ ОДНОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ ПОЗИЦИИ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ

Козлов О.С., Пызюк Д.Л.

ГП «Укркосмос», kozlov@ukrkosmos.kiev.ua

The problems related to the joint use of the same orbital position on GEO by several satellites

The main features of satellites co-location technology were considered. These existing methods of the space division of the spacecrafts using the same orbital slot were described with the main advantages and disadvantages of each method.

Проблема нехватки частотно-орбитального ресурса геостационарной орбиты на сегодняшний день существенно ограничивает развитие спутниковых телекоммуникационных систем. Ввиду своей уникальности, геостационарная орбита является объектом борьбы многих мировых операторов спутниковой связи. Получение частотно-орбитального ресурса на данной орбите является очень сложной, длительной и трудоемкой процедурой. Сложившуюся ситуацию отчасти упрощает технология совместного использования несколькими космическими аппаратами одной орбитальной позиции (колокация), позволяющая в разы увеличить емкость геостационарной орбиты, однако при этом неизбежно ужесточаются требования к системе слежения и точности удержания космического аппарата в своей номинальной позиции. Данная технология предполагает наличие некоторого пространственного разнесения между космическими аппаратами, которого, с одной стороны, должно быть достаточно для предотвращения их столкновения, а с другой – оно должно быть настолько незначительным, чтобы можно было считать, что космические аппараты находятся в одной орбитальной позиции. Для решения этой задачи существуют различные методы, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

В докладе рассмотрены существующие на сегодняшний день методы пространственного разнесения космических аппаратов, совместно использующих одну орбитальную позицию, а также рассмотрены основные факторы, определяющие выбор того или иного метода в различных реальных условиях. Проведено сравнение между собой методов разнесения с точки зрения стратегий удержания космического аппарата в своей номинальной орбитальной позиции и, соответственно, рассмотрены основные аспекты маневрирования космического аппарата.

Литература

1. S. Hardace. Control of colocated geostationary satellites / PhD thesis. Cranfield University, October 1996.

**ПРИЕМНО-ПЕРЕДАЮЩИЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО
ПОТОКА ДЛЯ КАНАЛА СВЯЗИ С ПОВЫШЕННОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

¹Ильченко М.Е., ¹Нарытник Т.Н., ¹Войтенко А.Г., ¹Казимиренко В.Я.,

²Волков В.В.

1- НТУУ "КПИ" Институт телекоммуникационных систем, director@mitris.com

2-Одесский областной радиопередающий центр, v.v.v51@mail.ru

**RESHAPER OF INFORMATIVE STREAM FOR A COMMUNICATION
CHANNEL WITH ENHANCEABLE SPECTRAL EFFICIENCY AND CARRYING
CAPACITY**

In a lecture technical solution of grant of effective services of access is offered to the informative resources on territory of Ukraine, including rural locality. Methods and technologies of connecting of subscriber terminals to the network, providing minimization costs of CEQ at acceptable quality of services are offered. Technical solution of creation of HSLDOS of delivery of information is offered.

В докладе предложено техническое решение предоставления эффективных услуг доступа к информационным ресурсам на территории Украины, включая сельскую местность. Предложены способы и технологии подключения абонентских терминалов к сети, обеспечивающие минимизацию стоимости абонентского оборудования при приемлемом качестве услуг. Предложено техническое решение создания высокоскоростных каналов доставки информации.

Потребность в информационном обмене постоянно растет. Существенно растет и количество информации, которая передается по территории страны. Примерами использования такого обмена являются обмен деловыми документами, дистанционная учеба, доступ к службам внешних сетей, например, Интернет и другой.

Стремительно растет потребность в таких услугах как к разным видам услуг, так и количества населения, которое дислоцируется на территории страны. Причем плотность дислокации потенциальных абонентов постоянно растет и в перспективе стремится к полному покрытию всей территории страны.

Доклад посвящен описанию предлагаемого технического решения по реализации абонентского доступа к информационным ресурсам при максимальной плотности дислокации абонентов и передачи больших потоков данных в магистральных направлениях в максимально высоких частотных диапазонах.

Как указано в докладе [1], услуги предоставления доступа к информационным ресурсам должны предоставляться абонентам, включая и тех, кто дислоцированы в сельской местности, и в первую очередь к учебным заведениям, дислоцированным в сельской местности, и в целом должны включать у себя:

- доступ к услугам сети Интернет
- доступ к учебной информации (доступ к информационному серверу)
- доступ к информации в телевизионном формате

Алгоритмическая модель ЗО, описанная в [1], и как показано в том числе и в докладах раньше, включает в себя центральную территорию. Обычно это районный центр (городская и пригородная застройка) – ЗО₁, населенные пункты с сельской застройкой (ЗО₂).

ЗОН₁ включает в себя городскую и пригородную застройки, в которых обслуживание реально по каналам моделей Гаусса, Райса и возможные каналы Релея. Размер (радиус) этой зоны достигает 5...7км. В этой зоне, как правило, дислоцирован провайдерский узел Интернет. Здесь же желательно размещать центральную станцию сети абонентского доступа.

В зоне ЗОН₂ данные передаются по каналу Гаусса и в ней размещено подавляющее большинство абонентов.

Для успешного предоставления услуг в зоне обслуживания система беспроводного абонентского доступа должна использовать в ЗОН₁ многочастотную модуляцию. В ЗОН₂ может использоваться одночастотная модуляция. Но учитывая потребность в значительном размере зоны обслуживания, в расширении этой зоны при экономии частотного ресурса в качестве одночастотной модуляции следует использовать QPSK и каскадное помехоустойчивое кодирование. Доступ в Интернет, обмен данными и некоторые службы ТВ предусматривают наличие обратного канала[2].

Такие услуги предоставляются подсистемами 802.16 и DVB - S, которые подключены к общему серверу. Техническое решение, на котором базируется построение этих подсистем доложено на международных конференциях в 2001.2008гг. и защищено патентами [3,4,5] и другими.

Услуги телевизионного вещания предоставляются отдельной подсистемой.

В [6] предложено использовать систему в качестве образующей опорную сеть для подключения узлов доступа Wi-Fi или PLC для снижения стоимости абонентского оборудования и трафика, приходящегося на одного абонента.

При покрытии информационными услугами территории Украины появляется много так называемых «мертвых» зон в пределах указанных выше ЗОН₁ и ЗОН₂. Технологии минимизации таких зон указывались в более ранних докладах, публикациях и технические решения отражены в ряде патентов.

Тем не менее остаются участки, где качество связи ухудшается за счет отсутствия условия прямой видимости (в ЗОН₂), наличия мешающих факторов в виде, например, локальных строений или неровностей рельефа на трассе распространения. Кроме того подключение абонентов посредством проводной сети Ethernet не всегда реализуемо за приемлемую стоимость особенно в сельской местности. Подключение к узлу доступа Wi-Fi, базирующемуся на опорной сети, например образованной подсистемой DVB – S, также не всегда эффективно из-за недостатка частотного ресурса.

Поэтому в систему введена еще одна подсистема, базирующаяся на технических решениях стандарта 802.11n (или на 802/11n2).

Эта подсистема состоит из оборудования центральной станции (ЦС) и сети абонентских станций (АС).

Пользователи могут подключаться к АС как по проводной сети Ethernet, PLC так и по беспроводной сети любой версии 802.11 (801.11a/g, 802.1n). Как указывалось минимизация «мертвых» зон реализуется здесь использованием системы доступа в сеть посредством применения технологии 802.11, что позволяет предоставить доступ абонентам в условиях сложного рельефа, сложной застройки и так далее.

Использование канала на базе технологии и аппаратуры технологии 802.11 n2 позволило создать канал передачи данных между ЦС и АС на расстоянии порядка 30...40 км. Использовалось оборудование на чипах серии Mikrotik, включающее в себя маршрутизатор, модулятор/демодулятор **ofdm**: bpsk, qpsk, 16 qam, 64qam, **ds**ss: dbpsk, dqpsk, cck; линейный тракт (передающий и приемный) в диапазоне 5ГГц или 2ГГц и позволяющий обеспечить скорость порядка 150Мбит/с.

Число подключаемых в секторе АС зависит от конфигурации системы и имеющегося в пользовании частотного ресурса. Число подключаемых по беспроводным каналам к АС пользователей зависит от вида реализуемой ЗОН абонентской станцией (хот-спот, хот зона).

Отметим, что снижение стоимости абонентского оборудования заключается в подключении к абонентской станции (АС) множества абонентов, между которыми делится стоимость АС. Если в предложенном ранее решении пользователи подключаются посредством проводной локальной сети, то сейчас предлагается использовать создание беспроводной локальной сети посредством технологии 802.11. Такое техническое решение существенно упрощает создание локальной сети, например, в сельской местности, где ее создание часто оказывается невозможным.

Варианты решения такой задачи рассматривались ранее. Здесь отметим несколько из них:

- Введение узла доступа Wi-Fi в состав АС, которая входит в состав сети оператора. В этом случае беспроводная мультисервисная сеть выполняет функции опорной сети, подключая пользователей хот-спота или хот зоны, подключенных к данной АС.

- Использование для подключения к сети версии Wi-Fi по стандарту 802.16 позволяет увеличить размер одного спота порядка в 5 раз (радиусом до 500м) без применения дополнительных технических средств.

При этом качество обслуживания предполагает повышение плотности дислокации обслуживаемых пользователей и увеличении предоставляемой абонентам скорости. Это достигается увеличением числа предоставляемых каналов передачи и, соответственно, скорости передачи по каждому каналу.

Минимизация «мертвых» зон реализуется также использованием системы доступа в сеть посредством применения технологии 802.11, что позволяет предоставить доступ абонентам в условиях сложного рельефа, сложной застройки и так далее.

Такое техническое решение позволяет в каждом обсуждаемом секторе подключить до 64 АС с предоставлением каждой станции скорости 150 Мбит/с. На указанные решения получены патенты [5...7] Система может строиться в различных конфигурациях, что позволяет обеспечить достаточно плотное покрытие территории.

Такие хот споты или хот зоны эффективны в случаях, когда подключение абонентских терминалов по проводной сети затруднено или отсутствует прямая видимость к антенне АС.

Передача информации по магистральным направлениям требует передачи больших потоков информации, обеспечивая при этом приемлемую стоимость передачи, т. е. стоимость оборудования должна быть минимальной.

Для решения этой задачи разработан формирователь, базирующийся на технических решениях используемых в узлах (чипах) системы Wi-Fi.

Это, например, блок модуляторов - демодуляторов Mikrotik R52nM, который позволяет получить скорость в прямом и обратном каналах по 150Мбит/с. Вход передающей и выход приемной схемы в составе данного чипа - битовый поток в формате Ethernet, а выход передающей и вход приемной схемы в составе данного чипа - символьный поток на частоте в диапазоне около 2 или 5 ГГц. Модуляция и демодуляция, как указано выше, может программно перестраиваться от BPSK к QAM - 64. Полоса полученного сигнала составляет 40 МГц. При этом скорость в канале связи складывает 150 Мбит/с.

Повышение спектральной эффективности достигается использованием многопозиционной модуляции поднесущих (QAM - 64). Дальнейшее повышение скорости в канале связи достигается созданием блока, который выполняет кодирование и модуляцию потока в формате Ethernet с распределением по смежным частотным полосам и объединению их в общий многочастотный поток в передающей части и распределения по исходным частотным полосам с дальнейшей их демодуляцией, маршрутизацией и формированием Ethernet интерфейса в приемной части. Результирующая (суммарная) скорость при создании восьми частотных потоков при модуляции QAM - 64 составит 1200Мбит/с в каждом направлении. Суммарная полоса с учетом защитных частотных интервалов (ширины полосы фильтров, которые ограничивают полосу каждого потока) составит меньше 400МГц.

Приемно-передающий формирователь, который состоит из приемного и передающего трактов, характеризуется тем, что в его состав введено n приемно-передающих блоков в формате чипа, в передающей части которого есть кодер, модулятор, повышающий частотный конвертор, с помощью которых формируется n отдельных частотно разнесенных потоков, которые объединяются в общий информационный поток, а приемная часть включает декодер, демодулятор, понижающий частотный конвертор. При этом каждый из n приемных блоков подключаются к частотному разветвителю принимаемого общего информационного потока.

Такое техническое решение позволяет создание канала связи в необходимом частотном диапазоне, например, методом гетеродинного преобразования до требуемого уровня.

На рис 1. показан общий вариант структурной схемы формирователя для создания шести информационных каналов с информационной шириной по 40 МГц каждый и принятие шести аналогичных каналов.

Основные параметры Mikrotik R52nM следующие:

Формат: miniPCI

Стандарты: 802.11a/b/g/n

Частоты: 2,4 и 5 ГГц (указанные частоты реализуются как в трактах на передачу, так и на прием).

Выходная мощность: 25dBm

Модуляция: OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM;

DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK

Полоса выходных частот : 40 МГц

При использовании модуляции 64QAM в реальных условиях скорость в канале на передачу и прием составит по 150Мбит/с.

Для снижения возможной интерференции выбирается разнесение полос в 2,5МГц. То есть при использовании восьми радиомодулей на передачу и восьми на прием реализуется суммарная скорость 2,4 Гбит/с(1,2 Гбит/с как на передачу, так на прием).

Требуемое значение частотного диапазона реализуется превращением частотного диапазона (например, 2,5ГГц) в требуемый.

В показанной на рисунке схеме условно отображено по 6 радиомодулей Mikrotik R52nM на передачу и прием. Реально в блок вводится необходимое количество радиомодулей для получения соответствующей скорости передачи и дальности связи.

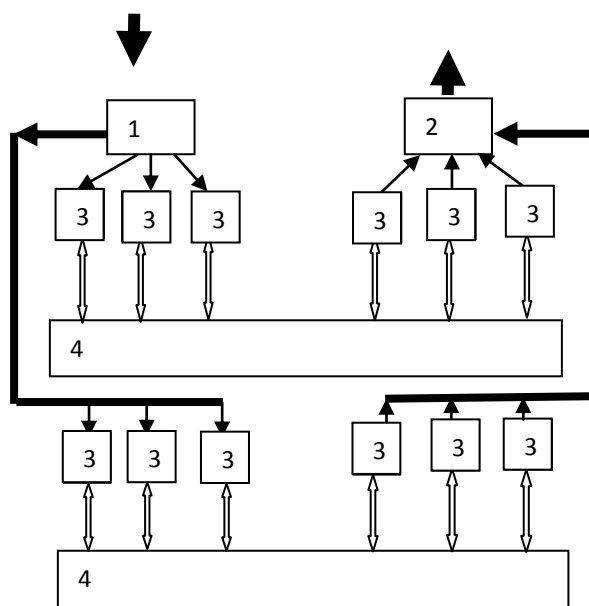


Рис.1 Упрощенная схема формирователя

1 - аналоговый разветвитель каналов

2 - аналоговый сумматор каналов

3 - радиомодуль Mikrotik R52nM

4 - маршрутизатор Mikrotik RB800

Заключение

1. Предложенное техническое решение позволяет покрыть территорию Украины основными услугами передачи данных и цифрового телевидения. Система может выполняться в разных конфигурациях в зависимости от востребованных услуг в конкретном регионе.

2. За счет организации больших размеров зоны обслуживания существенно понижается стоимость необходимого оборудования для покрытия территории страны. Это реализуется выбором стандарта (модуляция, помехоустойчивое кодирование) канала передачи.

3. Минимизация количества «мертвых» зон реализуется за счет применения модуляции OFDM, которая позволяет качественную передачу в условиях воздействия отраженных сигналов и отсутствия прямой видимости.

4. Предложенное техническое решение позволяет создавать высокоскоростные (более 2,4 Гбит/с) каналы передачи данных в требуемых частотных диапазонах, в том числе в терагерцовом диапазоне.

Литература

[1]. 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.

[2]. "Универсальная мультимедийная дистрибутивная система UMDS - 30". №17376 от 15.09.2006 с приоритетом от 12.04.2006 г. №36925 на полезную модель Российской Федерации от 27.03.2004р. с приоритетом от 20.11.2001р.,

[3]. "Микроволновая интегрированная телерадиоинформационная система МІТРІС-К". Патент Украины на изобретение №50877 от 15.11.2002р. с приоритетом от 30.11.2000р.,

[4]. "Микроволновая интегрирована телерадиоинформационная система МІТРІС-ІНТ".

Декларационный патент Украины №51495А с приоритетом от 12.04.2002р.

[5]. Телекомунікаційна система широкосмугового радіодоступу з інтеграцією засобів радіо- і проводного доступу «МІТРІС-Е» Патент України на корисну модель №75581, дата публікації 10.12.2012р., Бюл.№23 з пріоритетом від 27.04.2012. Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., та інші.

[6]. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу з підвищеною пропускнуою здатністю UMDS-K. Заявка на корисну модель U2012 11 866 від 15.10.2012, висновок про видачу патенту України на корисну модель від 22. 02.2013.

[7]. Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу. Патент України на винахід №71488, дата публікації 10.07.2012 р., Бюл.№13 з пріоритетом від 30.01.2012.

**Секція 7. Реалізація концепції NGN в сучасних та перспективних
телекомунікаціях**

УДК 627.372

**МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ
НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ**

Воробчук І.М., Буркан Л.О., Максимов В.В.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», vendettakohuta@gmail.com

**THE QUALITY OF SERVICE MODELS IN THE NEXT GENERATION
NETWORK**

The characteristics of the quality of service models (Integrated model, Differentiated model and the combined version of these two models) and methods of removal of disadvantages of the combined model are examined.

Недавній стрімкий розвиток смуги пропускання і числа чутливих до часу додатків, таких як IP-телефонія, відеоконференцзв'язок та інших мультимедійних додатків, часто збільшує навантаження на мережі та мережових адміністраторів, за рахунок не фіксованого значення зайнятої пропускної здатності і продуктивності.

Мережові адміністратори можуть використовувати якість обслуговування QoS (Quality of Service), щоб ефективно управляти своїми ресурсами і гарантувати отримання пільги пріоритетним додаткам без шкоди для продуктивності звичайного мережевого трафіку.[1]

Процес забезпечення якості в мережі наступного покоління NGN (Next Generation Network) є складним завданням за рахунок декількох факторів. QoS механізми в NGN являють собою функціонування контролю транспортного рівня обслуговування і технологію, вертикально залежну через транспортний рівень. [2]

Методи забезпечення якості обслуговування фокусують увагу на впливі черг в комунікаційних пристроях при передачі трафіку, в яких використовуються різні алгоритми управління чергами, резервування і зворотний зв'язок, що дозволяють знизити негативний вплив черг до прийняттого для користувачів рівня. Тому QoS висувають вимоги до пропускної здатності, затримки, джиттера і втрат даних.[3]

Управління трафіком являє собою набір механізмів, які виділяють трафік відповідно до типу послуг та регулюють його доставку до мережі. Управління рухом включає в себе класифікацію, формування, планування та маркування трафіку.

До методів контролю якості обслуговування відносять диференційовані послуги, інтегровані послуги та їх комбіноване рішення.

Модель диференційованих послуг (Diffserv) являє собою протокол, що визначає пріоритети трафіку на третьому рівні моделі взаємодії відкритих систем OSI.[2] Мережові пристрої третього рівня, такі як маршрутизатори, що підтримують цей протокол, використовують диференційоване маркування для ідентифікації переадресації звернення, або режиму руху на транзитному рівні (PHB), що повинен отримати промаркований трафік. Diffserv маркування для пакета поміщаються в IP-заголовок в полі ToS (Type of Service) для IPv4 та Traffic Class для версії IPv6.

Модель DiffServ підтримує три види обслуговування: гарантоване обслуговування, обслуговування з перевагою та сервіс з максимальними зусиллями.

Для обслуговування трафіку клієнт укладає з провайдером угоду про надання деякого рівня сервісу SLA (Service Level Agreement), який може містити правила формування трафіку, складові угоди щодо формування трафіку TCA (Traffic Condition Agreement).

TCA визначає правила класифікатора та відповідних характеристик трафіку, а також правила маркування, формування і відкидання пакетів, що можуть застосовуватись до тих чи інших потоків.[1]

Diffserv пристрої можуть використовувати принцип агрегування потоків. Тому маршрутизатори повинні розрізняти порівняно невелике число агрегованих потоків, замість тисячі або мільйонів окремих потоків, які складають їх, що дозволяє забезпечити кращий сервіс для пакетів, які мають вищий пріоритет.

Недолік даної моделі полягає в тому, що дані все одно можуть бути піддані непередбачуваним затримкам при перевантаженнях в мережі, незважаючи на високий пріоритет.

Модель інтегрованих послуг IntServ – це спеціальні механізми передбачені для виконання трафіку на повільних каналах, таких як 28,8кбіт/с модемного зв'язку. [2] На таких каналах, великі пакети можуть займати канал досить довго, що спричинить затримку малих аудіо-пакетів, які повинні бути відправлені по цьому ж каналу, що може викликати проблеми якості звуку. Щоб уникнути цього недоліку, кожному типу трафіку надається необхідна смуга пропускання, мінімальна затримка при передачі та мінімальний рівень втрат пакетів. Дане відокремлення виконується за допомогою протоколу резервування ресурсів RSVP (Resource ReSerVation Protocol). Резервування проводиться окремо для кожного потоку трафіка, при цьому ідентифікація потоку відбувається по спеціальній мітці, розміщеній в заголовку IP-пакету.[4]

Основними компонентами IntServ[3] є:

- модуль керування доступом - приймає рішення про можливість отримання трафіком необхідної кількості ресурсів, не впливаючи при цьому на раніше надані гарантії. Управління доступом виконується на кожному вузлі для прийняття або відхилення запиту на виділення ресурсів по всьому шляху проходження потоку;
- модуль резервування ресурсів – інформує учасників з'єднання (відправника, одержувача, проміжні маршрутизатори) про необхідні параметри обслуговування. Для моделі IntServ рекомендується використовувати протокол RSVP;
- класифікація трафіку - направлення вхідного пакету в один з класів обслуговування згідно інформації, отриманої із заголовків (мережевого і транспортного рівнів) пакета. Клас обслуговування реалізується у вигляді окремої черги. Всі пакети в межах одного класу обслуговування повинні отримувати однаковий QoS;
- контроль черг – метод виділення з кожної черги пакету і направлення їх на каналний рівень. Для IntServ запропонований двоступінчастий диспетчер пакетів. Всі вхідні пакети обробляються відповідно до дисципліни обслуговування зваженої справедливої черги WFQ (Weighted fair queuing) для ізоляції потоків, які отримують гарантовані послуги, від всіх інших. Потоки з керованою навантаженням і потоки best-effort розділяються за допомогою пріоритетів;

Забезпечення контролю та резервування доступних ресурсів на ділянці передачі забезпечується взаємодією перших двох модулів.

Головна претензія до цієї моделі полягає в масштабованості RSVP, особливо у високошвидкісних магістральних мережах.

Як варіант подолання мінусів обох моделей використовують їх комбінований варіант, що дозволяє скомпенсувати їхні недоліки – IntServ, що є погано масштабованою, використовується в мережах доступу, а DiffServ – у високошвидкісних магістральних мережах. Враховуючи, що IntServ пропонує строгу ізоляцію потоків один від одного, можна з впевненістю говорити про захист мережі від потоків з некоректними параметрами. В мережі доступу проблема масштабованості не стоїть так гостро, як в магістральній мережі, і, як наслідок, використання IntServ допоможе збільшити коефіцієнт використання ресурсів.

Але і в цій моделі постають питання, які необхідно вирішити. Основним з них є проблема відповідності ресурсів, що запрошуються через протокол RSVP, та ресурсів, що надаються в Diffserv-регіоні.

Так під час процесу встановлення з'єднання, джерело N1, що знаходиться в IntServ сегменті, відправляє приймачу N2 повідомлення PATH, що прозоро проходить через Diffserv регіон, після чого на стороні приймача генерується запит на резервування ресурсів RESV, який потім направляється назад в сторону джерела. Після успішної обробки повідомлення RESV в сегменті IntServ, воно надходить до пограничного вузла Br2, де на основі договору про рівень послуг SLS (*Service-Level Agreement*) проводиться порівняння ресурсів, що запитуються в повідомленні RESV та ресурсами доступними в Diffserv-регіоні. У разі, якщо ресурсів достатньо і параметри трафіка відповідають SLS, то з'єднання підтримується, а повідомлення RESV направляється далі в сторону джерела, в іншому випадку – відправник N2 отримує повідомлення про помилку.

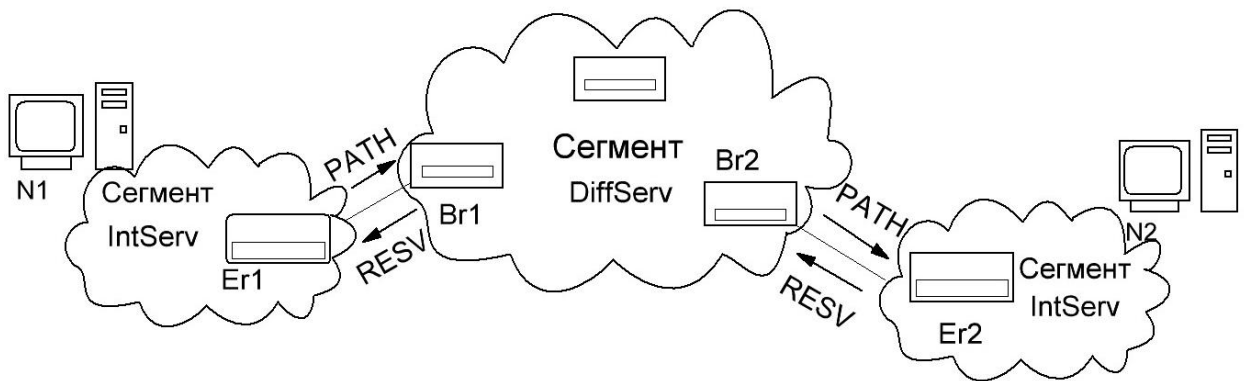


Рис. 1. Комбінація моделей IntServ та DiffServ

Основною проблемою в цьому прикладі є те, що функція контролю допуску дзвінків CAC (*Call Admission Control*) пограничного вузла Er2 реалізована зі сторони IntServ та не має даних про стан доступності ресурсів всередині сегменту Diffserv, зменшує оптимальне використання ресурсів сегменту Diffserv.

Тому, як варіант вирішення проблеми, можна запропонувати метод, що розглядає підтримку RSVP-сигналізації пограничними маршрутизаторами [5] Br1/Br2 в Diffserv-регіоні, що дозволить їм безпосередньо обробляти повідомлення резервування виходячи із стану ресурсів.

Слід зазначити, що хоча і маршрутизатори оброблятимуть RSVP повідомлення, вони все таки працюватимуть тільки з агрегованими потоками, а не окремо виділеними, як це роблять маршрутизатори в IntServ сегменті.

Іншим варіантом подолання даного недоліку може бути метод встановлення шлюзу, що дозволить перетворювати повідомлення про доступність ресурсів одного регіону в аналогічні повідомлення для іншого регіону. Однак цей метод є важким для впровадження, оскільки потребує розробки нового програмного обладнання.

Література

1. "Realizing quality of service guarantees in multiservice networks", J.W.Roberts, 2006.
2. "How QoS works", 2003. <http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc728211%28v=ws.10%29.aspx>
3. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. «Сети связи». К.: БХВ-Петербург. – 2008. – 399с.
4. "A Framework For Integrated Services Operation Over Diffserv Networks", 2000. <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-issll-diffserv-rsvp-04#section-4>
5. Величкевич, И. О. Обеспечение качества обслуживания в сетях с коммутацией пакетов / И. О.Величкевич, Н. И. Листопад // Весник связи. - 2009. - №2. - С. 17-23.

НАСТРОЙКА ГОЛОСОВОЙ ПОЧТЫ И ЗАПИСИ РАЗГОВОРА НА БАЗЕ IP-АТС ASTERISK ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЦИКЛА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ НА КАФЕДРЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Кравченко Д.А., Чмыхун С.А., Панасюк Н.С., Шилов В.А., Максимов В.В.
*Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», gmlkravhenkodima@gmail.com,
serega4sa@yandex.ru*

VOICEMAIL AND CALLRECORDING FUNCTIONS SETUP BASED ON IP-PBX ASTERISK FOR CYCLE OF LABORATORY WORKS ON FACULTY OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Asterisk is a software implementation of a telephone private branch exchange (PBX), it allows attached telephones to make calls to one another, and to connect to other telephone services including the public switched telephone network (PSTN) and Voice over Internet Protocol (VoIP) services. In this paper the usage of Asterisk. Next functions of Asterisk will be considered and based on that functions will be constructed and designed laboratory works.

Настройка голосовой почты в Asterisk (Voicemail)

Asterisk предлагает хорошо продуманную систему голосовой почты, которая может конкурировать со многими коммерческими решениями и уже используется операторами для организации сервиса голосовой почты для своих клиентов. Хранение почты на корпоративном Internet Message Access Protocol (IMAP) почтовом сервере позволяет реализовать идею универсального обмена сообщениями. Сотрудники получают возможность в удобной форме просматривать и сортировать пришедшие им сообщения прямо в почтовом клиенте.[1]

Для настройки голосовой почты опишем добавочные номера (extension 200). Используем опцию register в sip.conf. Здесь пытаемся вызвать абонента SIP/100 – это наш локальный телефон (*exten=>200,1,Dial(SIP/100,20,Ttr)*), если никто не снимает трубку в течение 20 секунд, проигрываем голосовое сообщение (*exten=> 200,2,Playback(vm-nobodyavail)*) и перенаправляем звонящего на голосовую почту (*exten=>200,3,Voicemail(200@default)*). Последнее действие «кладет трубку». Здесь используются стандартные звуковые файлы из состава дистрибутива. Их можно заменить на свои собственные. Далее будет рассмотрен синтаксис настройки голосовой почты. За это отвечает файл */usr/local/etc/asterisk/voicemail.conf*:

[general]

format=wav49|gsm|wav // Эта опция определяет в каком формате будет сохраняться записанное сообщение. Если указано несколько форматов, то будет записываться несколько одинаковых файлов в каждом из этих форматов. Если в настройках стоит опция *attach=yes*, то при отправке сообщения на почту отправляться будет только файл с первым указанным форматом.

serveremail=asterisk // Опция позволяет задать почтовый адрес для поля "From:" в отправленном уведомлении.

attach=yes // Этим параметром мы указываем прикреплять ли голосовое сообщение к отправляемому абоненту письму. По умолчанию используется yes.

skipms=3000 // Задаёт шаг прокрутки сообщений в миллисекундах во время прослушивания.

maxsilence=10 // Опция задаёт максимальное время тишины, после которого система решит что пользователь закончил запись сообщения.

silencethreshold=128 // Опция задаёт максимальный уровень звука, который можно считать тишиной. Чем меньше число, тем выше чувствительность. Вообще данная опция являет собой ещё один пример, когда в исходниках не заданы конкретные верхние и нижние точки диапазона значений и оптимальный порог устанавливается методом проб и ошибок. По умолчанию: 128.

maxlogins=3 // Опция устанавливает максимальное число неудачных попыток авторизации, после чего он положит трубку.

emaildateformat=%A, %d %B %Y at %H:%M:%S // Определяет формат имени звукового файла, который будет отправлен на соответствующий почтовый ящик.

mailcmd=/usr/sbin/sendmail -t // Определяет приложение (включая полный путь), который будет использоваться для отправки уведомлений по электронной почте.

sendvoicemail=yes // Этим параметром мы указываем отправлять ли голосовую информацию.

[default]

; Голосовые ящики + отправка уведомления на e-mail

;номер = пароль, имя_пользователя, почтовый ящик, закрепить сообщение_голосовое

200 = 123, Incoming , email@me.com, attach=yes

В [default] описываем почтовые ящики абонентов. У нас один абонент с ящиком 200. [2]

Настройка записи разговора в Asterisk (call recording)

Запись разговоров позволяет прослушивать речевую информацию с целью контроля работников офиса. Настройка не сложная, достаточно включить в dialplan на обработку этого направления функции Monitor или MixMonitor. Отличие этих функций заключается в том, что Monitor пишет отдельно голос звонившего и голос звонящего, в разные файлы. А MixMonitor создает один файл, который содержит оба направления разговора.

Для Monitor в диалплане это реализуется следующим образом:

[dial]

exten=>8,1,Set(fname=\${STRFTIME(\${EPOCH},,%Y%m%d%H%M)}-\${CALLERID(number)}-\${EXTEN})

exten=>8,2,Monitor(wav,/home/share/monitor/\${fname},mb)

exten =>8,3,Dial(SIP/prov1)

В этом примере первой строчкой, Set (fname и т.д.) описывается имя файла в котором будет храниться запись разговора. В этом случае имя файла будет состоять из даты и времени, когда происходил звонок, номера звонящего абонента и куда он звонил. Запись будет состоять из двух файлов, в конце будут соответственно добавлены цифры 1 и 2 соответственно номерам каналов.[3]

И второй пример – использование MixMonitor:

```
exten=>8,1,Set(fname=${STRFTIME(${EPOCH},,%Y%m%d%H%M)}-  
${CALLERID(number)}-${EXTEN})
```

```
exten=>8,2,MixMonitor(/home/share/monitor/${fname}.wav)
```

```
exten=>8,3,Dial(SIP/prov1)
```

Выводы.

Функции голосовой почты и записи разговора являются одними из ключевых возможностей АТС на базе Asterisk. Их реализация не требует значительных материальных затрат, так как эти функции обеспечиваются программно и имеют возможность гибкой настройки по желанию абонента. Главным преимуществом является возможность удаленного доступа к голосовой почте и записанным разговорам.

Литература

1. Джим Ван Меггелен, Лейф Мадсен, Джареж Сміт «Asterisk: Будущее телефонии» Санкт-Петербург – Москва 2009.
2. <http://www.voip-info.org>
3. <http://www.opennet.ru>.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕРЕЖІ ПРОВАЙДЕРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ BGP ТА OSPF ТА ПРОТОКОЛУ VRRP

Гаттуров В.К., Федоренко К.І.

Інститут телекомунікаційних систем, kostia.fedorenko@gmail.com

Improving the reliability of Telecommunication Service Provider's network by implementing routing protocols BGP and OSPF and VRRP protocol

Розглядаються особливості побудови мережі провайдера телекомунікаційних послуг, вибір схеми мережі, використання протоколів маршрутизації зовнішнього та внутрішнього шлюзів. Пропонується концепція підвищення надійності мережі провайдера за допомогою використання протоколів маршрутизації та протоколу віртуального резервування маршрутизаторів надлишковості віртуального маршрутизатора (Virtual Router Redundancy Protocol, VRRP).

Життя та розвиток суспільства нерозривно зв'язані з обміном інформацією. Його обсяг та якість послуг, що надаються, є індикаторами розвитку промислового та сільськогосподарського потенціалу країни. У час бурхливого розвитку технологій неможливо уявити навіть повсякденне життя без засобів передачі інформації, що вже казати про науку, промисловість, управлінську діяльність. Скрізь і всюди людство потребує надійні та якісні засоби і технології обміну інформацією. Більшість користувачів отримує доступ до різноманітних послуг, таких як передача даних та доступ до мережі Internet від провайдерів телекомунікаційних послуг, що мають, в більшості випадків, великі розповсюджені мережі. З точки зору користувачів, мережа провайдера являє собою «темний ящик», до якого клієнт підключається та отримує передплатену послугу, проте мережі сучасного провайдера телекомунікаційних послуг являє собою складну структуру, що потребує вирішення різноманітних задач оптимізації, в першу чергу надійності та якості зв'язку.

Під надійністю функціонування телекомунікаційної мережі будемо розуміти її властивість забезпечити встановлення з'єднання та передачу повідомлень в реальних умовах експлуатації при збереженні заданих значень показників якості обслуговування, встановленого для кожного з напрямків зв'язку [1]. В загальному випадку, надійність функціонування телекомунікаційної мережі (ТКМ) визначається надійність елементів, що входять до неї, структурою та топологією мережі. В якості показника надійності ТКМ та її основних елементів оберемо $P(t)$ – імовірність безвідмовного обслуговування заявок, що поступають в мережу. Для вузла мережі, в нашому випадку маршрутизатора, така імовірність може бути знайдена як:

$$P_n(t) = R_n * (1 - p_n), \quad (1)$$

де R_n - імовірність безвідмовних роботи вузла мережі;

p_n - втрати на даному вузлі мережі.

Імовірність безвідмовної роботи R_n може бути визначена наступним чином:

$$R_n = k_r * e^{-\frac{t}{T}} \quad (2)$$

де k_r - коефіцієнт готовності вузла виконувати задачу (в нашому випадку задачею є маршрутизація трафіку);

t - час виконання задачі;

T – середній час напрацювання на відмову.

Коефіцієнт готовності, в свою чергу, може бути обчислений так:

$$k_r = \frac{T}{(T + T_g)} \quad (3)$$

де $T_{\text{ср}}$ – середній час відновлення вузла.

Вибір топології мережі проводиться окремо для кожного з рівнів: для рівня доступу зручно використовувати деревовидну топологію, рівень розповсюдження має топологію кільце а рівень ядра мережі – повнозв'язну топологію. Такий вибір пов'язаний з тим, що найбільше навантаження лягає на рівень ядра, тому тут використовується найбільш надійне з'єднання.

Випадок виходу з ладу лінії зв'язку можливо вважати тимчасовим виходом з ладу маршрутизатора, бо для трафіку, що йде в даному напрямку на деякий час стає недоступним саме маршрутизатор. Проте зрозуміло, що в топології з фізичним резервуванням ліній зв'язку через деякий час буде знайдено новий маршрут передачі трафіку. Цей час - $T_{\text{ср}}$. Зрозуміло, що цей час повинен бути мінімальним. Шляхи його мінімізації – вибір протоколів маршрутизації що мають менший час збіжності, структурування мережі, використання протоколу VRRP.

Серед широко вживаних, слід відмітити такі протоколи маршрутизації: Routing Information Protocol version 2 (RIPv2), Open Shortest Path First (OSPF), Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP), Border Gateway Protocol (BGP). Протокол RIPv2 майже не використовується на мережах провайдерського рівня через досить суттєві недоліки та обмеження, протокол EIGRP є пропрієтарним рішенням компанії CISCO - основною вимогою є використання тільки обладнання компанії CISCO, що іноді неможливо з фінансових або інших причин.

Протокол OSPF – протокол динамічної маршрутизації заснований на технології відстеження стану каналу, використовує для знаходження найкоротшого шляху алгоритм Дейкстри. Він є стандартизованим протоколом IETF, має високу швидкість збіжності, підтримує технологію масок змінної довжини (Various Length Subnet Mask, VLSM)[3]. При наданні клієнтам послуги доступу до мережі Інтернет таблиці маршрутизації провайдера будуть містити велику кількість маршрутів, що створить велике навантаження службової інформації OSPF внаслідок того, що цей протокол не розрахований на передачу великої кількості маршрутної інформації.

Протокол BGP є основним протоколом маршрутизації в мережі Інтернет. Це протокол маршрутизації між автономними системами, тому крім інформації про маршрути мережі він переносить інформацію про автономні системи.

У будь-якому разі для виходу в мережу Інтернет провайдеру потрібно мати eBGP сесії з іншими провайдерами, проте всередині мережі можливо використовувати як BGP (iBGP) так і будь-який інший IGP протокол, наприклад OSPF[4]. Проте найкращим шляхом буде використання одночасно BGP та OSPF, причому у внутрішній мережі провайдера буде одночасно працювати як багатозоновий OSPF для розповсюдження маршрутів між iBGP сусідами так і BGP для переносу маршрутної інформації абонентів. Вибір BGP обґрунтований тим, що цей протокол будує надійні TCP сесії перед початком обміну маршрутизації.

Робота BGP вимагає для внутрішньої мережі оператора повнозв'язності між усіма iBGP маршрутизаторами. Цього можливо уникнути завдяки використанню функціоналу рефлекторів маршрутів[2], що дозволяють істотно зменшити кількість TCP сесій між маршрутизаторами провайдера, що без цієї технології розраховуються як $X = N \times (N - 1)$, де N – кількість маршрутизаторів. Наприклад, для мережі з п'яти маршрутизаторів без рефлекторів кількість сесій $X = 20$, а з використанням двох рефлекторів $X = 7$.

Наступним кроком для підвищення надійності мережі провайдера є використання протоколу надлишковості віртуального маршрутизатора VRRP, що дозволяє швидко та з мінімальними втратами відновити зв'язність системи в разі виходу з ладу з'єднання між маршрутизаторами або одного з маршрутизаторів [5].

Функціонування даного протоколу легко пояснити на прикладі: маємо 2 маршрутизатори - R4 та R3. Для пристроїв мережі 192.168.0.0/24 шлюзом за замовчуванням є лупбэк інтерфейс Loopback0 маршрутизатору R4б що має адресу 192.168.0.1. Маршрутизатори R4 та R3 об'єднані в VRRP групу для цієї мережі, що дозволяє маршрутизатору R3 бути резервним шлюзом за замовчуванням для мережі 192.168.0.0/24 (інтерфейс Loopback0 з IP адресу 192.168.0.2). При недоступності маршрутизатора R4, R3 бере на себе функції активного маршрутизатора.

Загалом, запропонована схема мережі матиме вигляд, як показано на рисунку 1.

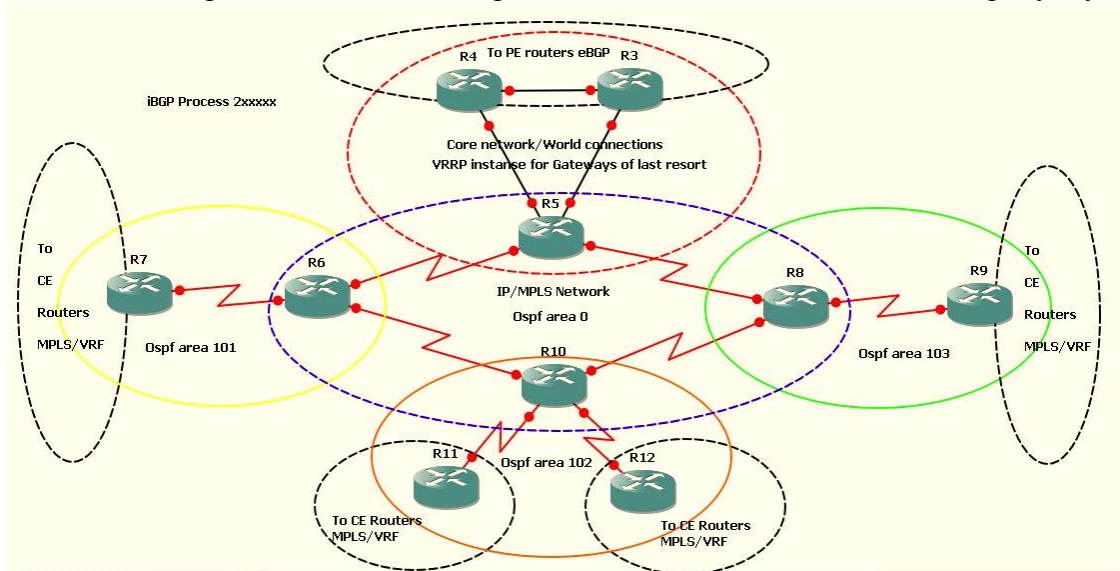


Рис.1 Схема мережі провайдера телекомунікаційних послуг з використанням BGP, OSPF, VRRP.

Таким чином, для підвищення надійності мережі провайдера телекомунікаційних послуг була обрана топологія для кожного з рівнів мережі, обрані протоколи маршрутизації як для клієнтського так і для службового трафіку, надана концепція використання протоколу VRRP для зменшення часу відновлення зв'язності мережі.

Список використаної літератури:

1. Романов А.И. «Телекоммуникационные сети и управление: Учебное пособие». – К.: Издательско-полиграфический центр «Киевский университет», 2003. – 247с.
2. T. Bates, R. Chandra. RFC 2796: BGP Route Reflection – An Alternative to Full Mesh IBGP. – 2000.
3. J. Moy, RFC 2328: OSPF version 2. – 1998.
4. Y. Rekhter, T. Li, S. Hares. RFC 4271: A Boarder Gateway Protocol 4 (BGP-4). – 2006.
5. S. Knight, D. Whipple, R. Hinden, M. Shand, A. Lindem. RFC 2338: Virtual Router Redundancy Protocol. – 1998.

ОТОБРАЖЕНИЕ ЧАСТОТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛЬНО-КODOVЫХ КОНСТРУКЦИЙ В КООРДИНАТАХ ОБОБЩЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Урывский Л.А., Прокопенко Е.А.

*НТУУ «КПИ» Институт телекоммуникационных систем, leonid_uic@ukr.net,
k.prokopenko@ukr.net*

This article is devoted to evaluation of signal-code structures frequency-energy characteristics. The modified Zyuko's procedure is presented. The modified procedure enables to evaluate comprehensive systems by the set of parameters.

Различные системы связи по-разному используют основной ресурс, отводимый для передачи сообщений. Основными параметрами ресурса системы, которую она может использовать для передачи сообщений, являются: полоса частот F , мощность сигнала P_c в точке приема (в том числе отношение $\alpha = P_c / N_0$, где N_0 - спектральная плотность шума), а также достоверность приема символов $P_{ош}$ при известной скорости передачи сигналов V .

В качестве показателей, используемых для сравнения телекоммуникационных систем на физическом уровне, проф. Зюко А.Г. предложены [1] коэффициенты энергетической β и частотной γ эффективности, количественно оценивающие удельную энергетическую и частотную эффективность систем передачи информации (СПИ), а также обобщающий коэффициент информационной эффективности η :

$$\beta = \frac{R}{\alpha} = \frac{\log M (1 + P_{ош} \log P_{ош} + (1 - P_{ош}) \log(1 - P_{ош}))}{h^2}, \quad \gamma = \frac{R}{F},$$

$$\eta = \frac{R}{C} = \frac{\frac{1}{2} \log M (1 + P_{ош} \log P_{ош} + (1 - P_{ош}) \log(1 - P_{ош}))}{\log(1 + h^2)} \quad (1)$$

где $h^2 = \alpha/V$, $F = 2/V$ - отводимая полоса частот канала, M - позиционность модулированного символа, C - пропускная способность канала; R - скорость передачи информации по каналу.

В модифицированной методике [2] вводится шкала численных градаций информационной эффективности η , которая позволяет количественно оценивать информационную эффективность различных систем при любых значениях показателей β и γ . Данное усовершенствование является актуальным как для непрерывных, так и для дискретных каналов систем связи.

На данном этапе развития телекоммуникационных систем наибольший интерес для исследования представляют сигнально-кодовые конструкции (СКК), в которых для передачи информации используются ансамбли многопозиционных сигналов в сочетании с помехоустойчивыми кодами. При рациональном построении такие СКК сочетают в себе положительные качества, как многопозиционных ансамблей, так и помехоустойчивых кодов. Сочетание многопозиционных сигналов с помехоустойчивыми кодами присутствует во всех современных беспроводных технологиях (CDMA, UMTS, LTE, WiMax и т.д.).

Следовательно, необходимо усовершенствовать существующую методику для учета ступени кодирования с учетом соотношений (1) следующим образом:

$$\beta = \frac{\frac{k}{n} (1 + P_{\text{ош\_код}} \log P_{\text{ош\_код}} + (1 - P_{\text{ош\_код}}) \log(1 - P_{\text{ош\_код}}))}{h^2},$$

$$\eta = \frac{\frac{k}{n} (1 + P_{\text{ош\_код}} \log P_{\text{ош\_код}} + (1 - P_{\text{ош\_код}}) \log(1 - P_{\text{ош\_код}}))}{\log(1 + h^2)} \quad (2)$$

где отношение k/n соответствует скорости кодирования помехоустойчивого кода, $P_{\text{ош\_код}}$ – вероятность ошибки бита после декодера с учетом вероятности ошибки символа многопозиционной манипуляции.

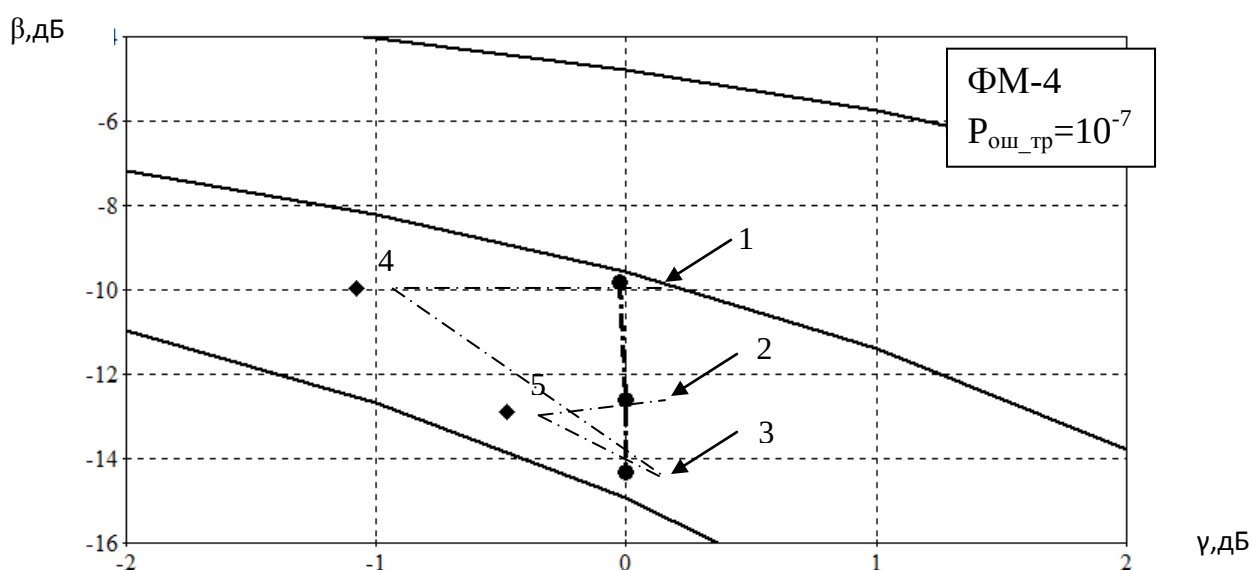


Рис.1 Показатели эффективности использования ресурсов для ФМ-4:

- 1) ФМ-4 без кодирования $P_{\text{ош}}=10^{-3}$, 2) ФМ-4 без кодирования $P_{\text{ош}}=10^{-5}$,
- 3) ФМ-4 без кодирования $P_{\text{ош}}=10^{-7}$,
- 4) ФМ-4 с кодированием $P_{\text{ош}}=10^{-7}$ (без кодирования 10^{-3}),
- 5) ФМ-4 с кодированием $P_{\text{ош}}=10^{-7}$ (без кодирования 10^{-5}).

На рис.1 представлены результаты частотно-энергетических характеристик СКК. Результаты расчета эффективности с учетом манипуляции и помехоустойчивого кодирования позволяют при требуемой достоверности выбрать способ и оценить цену достижения этой достоверности. Так, на примере ФМ-4 (рис.1), показано как варьируются эффективности для достижения требуемой битовой достоверности ошибки 10^{-7} . При исходной битовой вероятности 10^{-3} в канале (точка 1), необходимо использовать помехоустойчивый блочный код (127,99,4) для достижения $P_{\text{ош\_тр}}=10^{-7}$ (точка 4), либо при исходной битовой вероятности 10^{-5} в канале (точка 2), необходимо использовать помехоустойчивый блочный код (127,113,2) для достижения $P_{\text{ош\_тр}}=10^{-7}$ (точка 5). Как можно заметить из рисунка, применение ступени помехоустойчивого кодирования всегда приводит к снижению частотной эффективности, и чем сильнее код, тем меньшую частотную эффективность он обеспечивает. В тоже время, следует заметить, что энергетическая эффективность при применении помехоустойчивого кодирования не ухудшается, а ухудшается.

Таким образом, применение модифицированной методики позволяет произвести комплексную оценку системы по совокупности параметров и, кроме того, оценить эффективность использования многопозиционной манипуляции и помехоустойчивого кодирования. Такой способ оценки расширяет спектр поиска оптимальных систем передачи, так как обеспечивает большие возможности варьирования параметрами.

Литература:

1. Основи теорії телекомунікацій: підручник / За заг. ред. М.Ю.Льченка. – К.: ІСЗЗІ НТУУ «КПІ», 2010. – 788 с.
2. Уривський, Л.О. Модифікована методика оцінки ефективності систем передавання інформації на основі показників Зюко А.Г [Текст]/ Уривський Л.О., Мошинська А.В., Прокопенко К.А. // К.: Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2010. – № 6(74). – С. 24–29.
3. Урывский Л.А. Расширение пространства отображения эффективности систем связи на основе методики А.Г.Зюко[Текст]/ Урывский Л.А., Прокопенко Е.А.// Інфокомунікації - сучасність і майбутнє: друга міжнародна науково-практична конференція молодих вчених 11-12 жовт. 2012 р. –О.: ОНАЗ– 2012.– С.17-19

ОЦІНКА ГРАНИЧНИХ КОРЕГУЮЧИХ МОЖЛИВОСТЕЙ НЕПЕРЕРВНИХ КОДІВ ЧЕРЕЗ ЕКВІВАЛЕНТНІ ПАРАМЕТРИ БЛОКОВИХ КОДІВ

Л. О. Уривський, А. М. Пешкін

Національний технічний університет України «КПІ»

На сьогоднішній день в системах зв'язку широко використовуються завадостійкі коди, які шляхом внесення штучної надлишковості у повідомлення дозволяють знаходити та (або) виправляти помилки. Особливого розповсюдження набули згорткові коди за рахунок простоти реалізації. Однак, на відміну від блокових кодів, результат застосування яких можна оцінити завдяки відомим довжині блоку та виправній здатності d , для неперервних кодів задача оцінки завадостійкості не є тривіальною за рахунок відсутності аналогічних параметрів. Метою роботи є формування методики оцінки неперервних кодів на основі методики синтезу блокових кодів, оптимальних за критерієм максимального наближення до границі Шеннона

Існуючі методи оцінки корегуючих можливостей неперервних кодів

Ймовірність помилки на виході декодера оцінюється верхньою границею, яка визначається з міркувань, що ймовірність події виникнення одної, двох чи більше помилок не перевищує суми ймовірностей подій виникнення одної, двох чи більше помилок.

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

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

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

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

де P_0 – канална ймовірність помилки;

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

Побудуємо лінії завадостійкості неперервного коду – залежності ймовірності помилки на виході декодера від відношення енергії сигналу до спектральної щільності шуму $p(h^2)$.

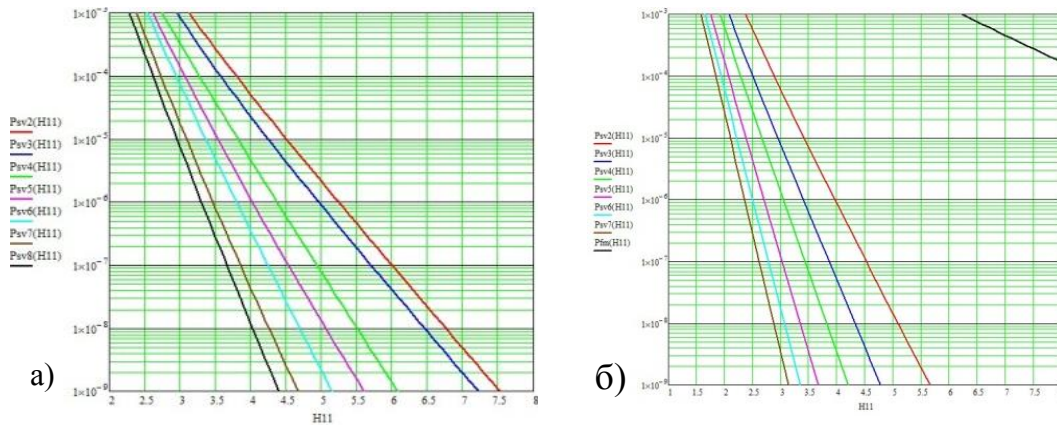


Рис.1. Лінії завадостійкості неперервних кодів для випадку фазової маніпуляції некогерентного прийому, де $P_{sv2} \dots P_{sv8}$ – ймовірності помилки на виході декодера при довжині кодового обмеження 2...8 відповідно: а) – $R=1/2$; б) – $R=1/3$

З рис.1 видно, що зі збільшення кодової швидкості завадостійкість згорткових кодів зменшується. Збільшення довжини кодового обмеження дозволяє підвищити завадостійкість кодів разом з підвищенням складності кодування.

Методика оцінки корегуючих можливостей неперервних кодів через еквівалентні параметри блокових кодів

Нехай заданий канал зв'язку з некогерентним прийомом сигналів фазової маніпуляції. Ймовірність помилки на виході декодера має бути не гіршою від 10^{-6} .

Необхідно визначити параметри неперервного коду, еквівалентні блоковому, який зможе забезпечити задану достовірність. Такими параметрами будуть виступати кодова відстань d та довжина кодового блоку n .

Першим кроком є визначення значень h^2 для неперервних кодів при різній довжині кодового обмеження для кодових швидкостей $1/2, 1/3, 2/3, 3/4$. Для вирішення цієї задачі скористаємось лініями завадостійкості.

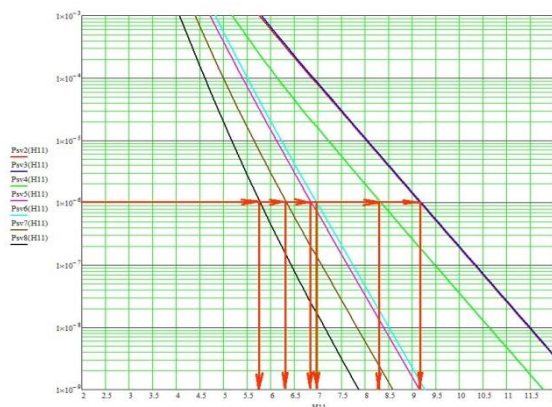


Рис.2. Ілюстрація пошуку значень h^2 для неперервних кодів, при різній довжині кодового обмеження, де $P_{sv2} \dots P_{sv8}$ – ймовірності помилки на виході декодера при довжині кодового обмеження 2...8 відповідно, $R=3/4$

Аналогічним чином визначаються значення h^2 для неперервних кодів з кодovими швидкостями $1/3$ та $2/3$. Результатом першого кроку будуть набори значень неперервних кодів (h^2, R, v) , де v – довжина кодового обмеження.

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

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

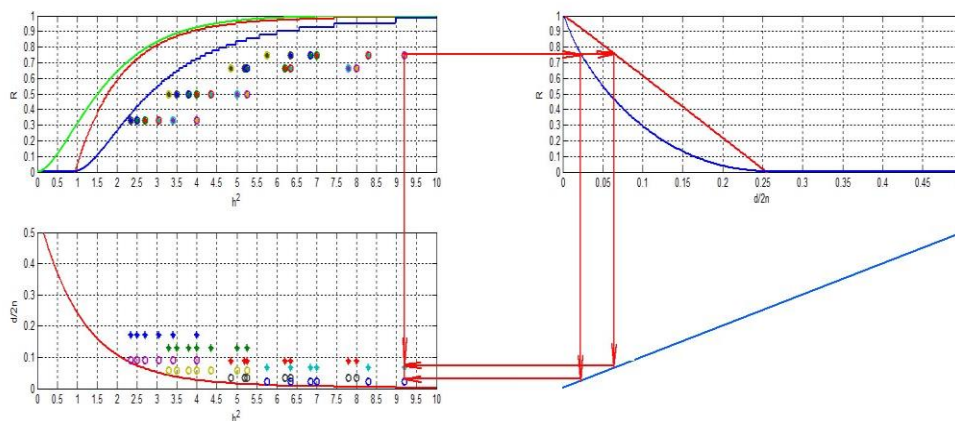


Рис.3. Ілюстрація побудови значень неперервних кодів у області (h^2, R) та їх проекції в область лінії завадостійкості блокових кодів $(h^2, d/2n)$

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

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

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

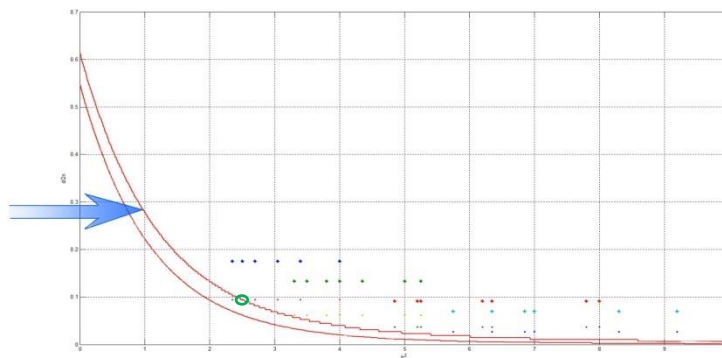


Рис.4. Ілюстрація пошуку довжини кодового блоку, при якій проекція неперервного коду буде належити лінії завадостійкості блокового коду

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

Висновки

В статті описана методика оцінки корегуючих можливостей неперервних кодів через еквівалентні параметри блокових кодів, завдяки чому стало можливим порівнювати блокові і неперервні коди та оцінювати ефективність використання тих чи інших кодів у системах зв'язку. Також стало можливим оцінювати границі ефективності використання блокових та неперервних кодів у каналі зв'язку із завадами при заданих частотно-енергетичних характеристиках.

Література

1. Исправляющая способность блочных помехоустойчивых кодов в пределах аксиоматики Шеннона./Урывский Л.А. Пешкин А.М.// Сборник тезисов второй международной конференции молодых ученых «Инфокоммуникации – современность и будущее»
2. Урывський 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.
4. Оптимальные помехоустойчивые коды по критерию максимального приближения к границе Шеннона. /Урывский Л. А., Пешкин А.М. //Сборник тезисов Шестой международной научно-практической конференции «Проблемы телекоммуникаций -2012»

РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕКТОРНО-ФАЗОВОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СИГНАЛІВ ІЗ БАГАТОПОЗИЦІЙНОЮ МАНІПУЛЯЦІЄЮ ВИСОКОЇ КРАТНОСТІ ЗАСОБАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

О. І. Наталенко, Л. О. Уривський

Національний технічний університет України «КПІ»

Вступ

Оцінювання завадостійкості сигналів — це одна з основних задач теорії телекомунікацій. У той час, як для сигналів із маніпуляцією невисокої кратності (до ФМ-8 включно) досить давно побудовано точні математичні аналітичні моделі, для сигналів високої кратності таких точних моделей немає. У роботі [1] представлено універсальний векторно-фазовий метод, за допомогою якого можна оцінити завадостійкість будь-яких сигналів, а також побудовано аналітичну модель для оцінювання завадостійкості сигналів із маніпуляцією КАМ-16. Перешкодою на шляху побудови аналогічних моделей для сигналів із маніпуляціями високої кратності — КАМ-32, КАМ-64, КАМ-256 тощо — є те, що складність відповідних аналітичних виразів нелінійно зростає з ростом позиційності сигналів. Тому для вирішення такої задачі доцільно використовувати засоби імітаційного моделювання в поєднанні з можливостями сучасного обчислювального обладнання, користуючись указаним векторно-фазовим методом, який гарантує достовірність результатів, що отримуються.

Суть векторно-фазового методу

В основу методу покладено визначення ймовірності потрапляння сумарного вектора сигналу й завади в деяку просторово-фазову область, у якій завада призводить до неправильного приймання символів багатократної маніпуляції і, як наслідок, до неправильного приймання бітів інформації, що передається (див. Рис. 2).

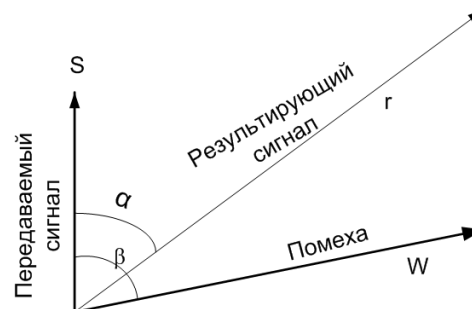


Рис. 2. Векторне представлення впливу завади на сумарний сигнал

Аналітичне вирішення цієї задачі вимагає геометричної побудови областей приймання, спираючись на сигнальне сузір'я маніпуляції, яка використовується для передавання інформації, з подальшим інтегруванням за площею для визначення ймовірності символної або бітової помилки. При цьому якщо для сигналів із маніпуляцією низького порядку побудова й обчислення хоч і вимагають значного обсягу часу, даючи, однак, результати, які відповідають отриманим до цього [2, 3], робота із великими сигнальними сузір'ями призводить до того, що кількість обчислень, які потрібно виконати, зростає геометрично, а тому для вирішення цієї задачі потрібно скористатися засобами імітаційного моделювання, щоб перекласти все обчислювальне навантаження на сучасну обчислювальну техніку.

Реалізація векторно-фазового методу засобами імітаційного моделювання

Для проведення імітаційного моделювання під час вирішення наукових задач у галузі телекомунікацій широко використовуються такі системи комп'ютерної математики, як Mathcad і MATLAB. Їх недоліками є необхідність додаткових затрат часу на створення потрібної моделі з базових блоків, відсутність необхідного рівня наочності, а отже, і універсальності застосування (у дослідницькій і в навчальній роботі), а також невикористання потенціалу багатопоточних обчислень. Наявність цих недоліків призвела до того, що в роботі [4] запропоновано створення дослідницького експериментального комплексу для імітаційного моделювання процесів, які відбуваються в каналах електрозв'язку.

В основу роботи розробленого дослідницького експериментального комплексу покладено векторно-фазовий метод оцінювання завадостійкості сигналів із багатократною маніпуляцією високих порядків. Під час моделювання генеруються випадкові вектори сигналів, що передаються (відповідно до сигнального сузір'я використовуваної маніпуляції), а також випадкові вектори завад. Після обчислення сумарного вектору сигналу й завади визначається, чи потрапив він в область правильного приймання. Ця процедура повторюється велику кількість разів (до кількох мільйонів — на вибір користувача, у залежності від порядку помилки), достатню для того, щоб накопичити статистику для визначення ймовірності виникнення символної або бітової помилки (тип помилки також вибирається користувачем).

Дослідницький комплекс написаний мовою програмування Java, а тому може працювати на різних програмно-апаратних платформах, при цьому повністю використовуючи обчислювальний потенціал сучасної комп'ютерної техніки.

Загальний вигляд інтерфейсу користувача дослідницького комплексу подано на Рис. 3.

Дослідницький експериментальний комплекс дає змогу виконувати імітаційне моделювання впливу завад у каналі зв'язку на сигнали, що передаються, з метою визначення їх завадостійкості. Підтримується моделювання сигналів із такими видами маніпуляції: АМн, ЧМн, ФМн, ФМ-4, ФМ-8, ФМ-16, КАМ-16, КАМ-64. Також підтримуються два типи каналів зв'язку: з адитивним білим гаусівським шумом і з релеєвськими завмираннями.

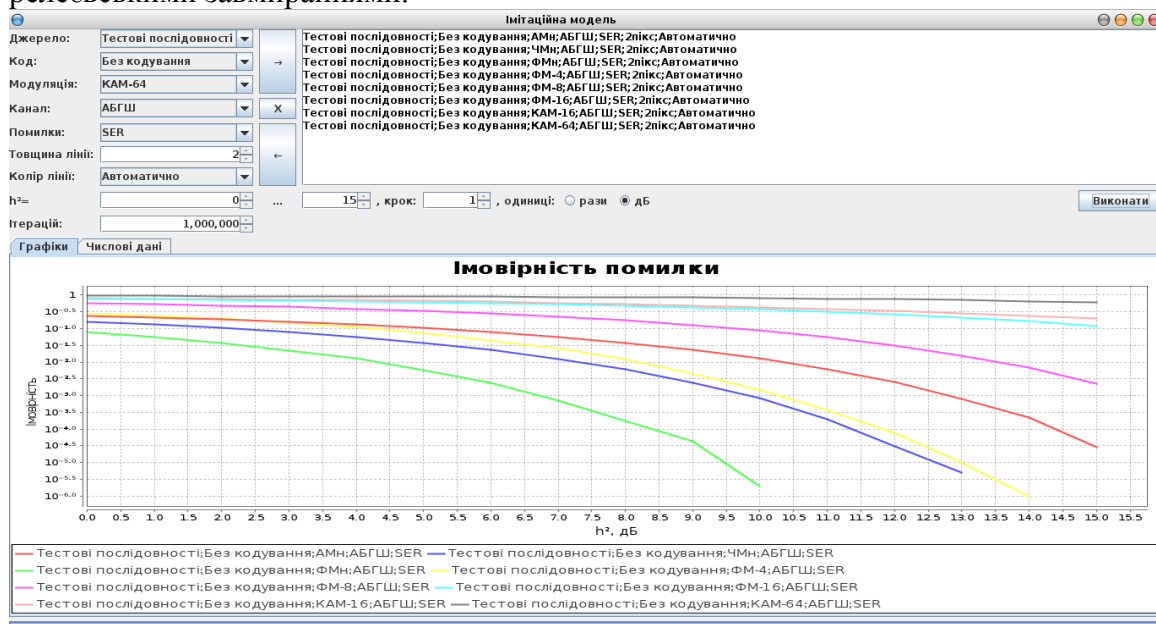


Рис. 3. Загальний вигляд інтерфейсу користувача дослідницького комплексу

Перевагою створеної імітаційної моделі є те, що для виконання моделювання за використання сигналів із багатократною маніпуляцією високих порядків (наприклад,

КАМ-16, КАМ-64, а в перспективі — КАМ-256) не потрібно виконувати додаткових обчислень — достатньо лише внести у програмний код відповідне сигнальне сузір'я. При цьому час виконання моделювання залишиться прийнятним.

Висновки

Отже, векторно-фазовий метод, реалізований засобами імітаційного моделювання, доцільно використовувати для оцінювання завадостійкості сигналів із багатопозиційною маніпуляцією високої кратності, тому що це зменшує обсяг обчислень, які потрібно виконувати за допомогою прийомів чисельного інтегрування. Такий підхід дає змогу досить точно визначати показники завадостійкості для сигналів у каналах із низькою енергетикою, для яких не можна використати відомі [5] асимптотичні формули для оцінювання завадостійкості сигналів багатопозиційної маніпуляції з імовірністю помилки 10^{-6} та краще.

Перелік використаних джерел

1. Прокопенко Е. А., Наталенко А. И. Определение показателей помехоустойчивости многопозиционных сигналов на основе векторно-фазового метода / Збірка тез VI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій — 2012». — с.3.
2. Урывский Л. А., Прокопенко Е. А., Наталенко А. И. Векторно-фазовый метод для определения показателей помехоустойчивости многопозиционных сигналов. — Зв'язок, № 12, 2012. — 7 с.
3. Финк Л. М. Теория передачи дискретных сообщений. — М.: Сов.радио, 1970. — 728с.
4. Наталенко О. І. Дослідницький експериментальний комплекс для математичного моделювання завадозахищених каналів електрозв'язку./ Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з технічних наук (за спеціальностями «Телекомунікаційні системи та мережі», «Інформаційні мережі зв'язку»). — Одеса: ОДАЗ, 2013/ — 48 с.
5. Кантор Л.Я. Спутниковая связь и вещание. — М: Радио и связь, 1988. — 728 с.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОВЕРОЧНОЙ МАТРИЦЫ НА КОРРЕКТИРУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ LDPC КОДОВ

Урывский Л.А., Осипчук С.А.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ» , serg.osypchuk@gmail.com

The influence of parameters of check matrix on correction possibilities of LDPC codes

The results of research the correction properties of regular LDPC code in dependency of parameters of check matrix are shown.

В работе приведены результаты исследования корректирующих свойств регулярного LDPC кода в зависимости от параметров проверочной матрицы.

LDPC код с длиной блока n формируется с помощью проверочной матрицы H , которая характеризуется числом единиц в строке W_r и числом единиц в столбце W_c [1]. На основании заданных параметров n , W_r , W_c изменяются корректирующие свойства кода, которые проанализированы через значения кодового расстояния d и показателя Плоткина $d/2n$. Минимальное кодовое расстояние d для регулярного LDPC кода определяется следующим образом: d_{min} равно наименьшему числу столбцов проверочной матрицы H , которые в сумме дают 0. При этом скорость регулярного LDPC кода определяется по формуле [1]:

$$R = \frac{n - (n \cdot \frac{W_c}{W_r} - (W_c - 1))}{n} = 1 - \frac{W_c}{W_r} + \frac{W_c - 1}{n} \quad (1)$$

Таким образом, задача заключается в нахождении требуемого максимального кодового расстояния кода при максимальной скорости кода, т.е. получении требуемой максимальной исправляющей способности кода:

$$d_{max} \{R \rightarrow R_{max}\} |_{\substack{W_c = const \\ W_r = const}} \quad (2)$$

В табл. 1 приведены результаты поиска максимального значения кодового расстояния при заданных исходных параметрах длины кода n (15...42), числа единиц в строке W_r (4,5,6,7), единиц в столбце W_c (3,4,5,6) проверочной матрицы H : $\max\{d\} = f(n, W_c, W_r)$.

Согласно функционалу (2), в табл.1 можно выделить следующие коды, в наибольшей степени удовлетворяющие сформулированному условию:

$$\begin{aligned} d = 4: R = 0.64, n = 28, (W_r = 7, W_c = 3); \\ d = 6: R = 0.51, n = 35 (W_r = 7, W_c = 4); \\ d = 8: R = 0.33, n = 24, (W_r = 4, W_c = 3); \\ d = 10: R = 0.29, n = 35, (W_r = 7, W_c = 6). \end{aligned} \quad (3)$$

Таблица 1. Параметры проверочной матрицы LDPC кода и его характеристики *

W_r	W_c	n	d	R	W_r	W_c	n	d	R	W_r	W_c	n	d	R
4	3	16	6	0.38	5	4	20	6	0.35	6	5	24	8	0.33
4	3	20	6	0.35	5	4	25	8	0.32	6	5	30	8	0.30
4	3	24	8	0.33	5	4	30	8	0.30	6	5	36	8	0.28
4	3	28	8	0.32	5	4	35	8	0.29	7	3	28	4	0.64
4	3	32	8	0.31	5	4	40	8	0.28	7	3	35	4	0.63
4	3	36	8	0.31	6	3	18	4	0.61	7	3	42	4	0.62
4	3	40	8	0.30	6	3	24	4	0.58	7	4	28	4	0.54
5	3	15	4	0.53	6	3	30	4	0.57	7	4	35	6	0.51
5	3	20	4	0.50	6	3	36	4	0.56	7	4	42	6	0.50
5	3	25	4	0.48	6	3	42	4	0.55	7	5	28	6	0.43
5	3	30	6	0.47	6	4	18	4	0.50	7	5	35	8	0.40
5	3	35	6	0.46	6	4	24	6	0.46	7	5	42	8	0.38
5	3	40	6	0.5	6	4	30	6	0.43	7	6	28	8	0.32
5	4	15	6	0.40	6	4	36	6	0.42	7	6	35	10	0.29
					6	5	18	6	0.39	7	6	42	10	0.26

* В табл. 1: n – длина кодового слова, бит; W_r – число единиц в строке проверочной матрицы H ; W_c – число единиц в столбце проверочной матрицы H ; R – скорость кода; d – кодовое расстояние.

Из анализа выбранных кодов (3) следует, что с увеличением требуемого значения d , скорость кода снижается для заданного класса кодов, сравниваемых по длине блока n .

Анализируя зависимость $d = f(n)$, можно сделать вывод о тенденции роста кодового расстояния от длины кода LDPC, характерной для известных блочных кодов [2]. Как выяснилось, лучшие коды по критерию максимума исправления ошибок те, для которых проверочная матрица построена с параметрами $(W_r - W_c) = 1$ при одинаковом значении длины блока n . Характеристики исправляющей способности кода ухудшаются по мере увеличения разницы $(W_r - W_c)$.

Как показано в табл. 1, одинаковое значение d может быть получено для кодов с разным значением n . При фиксированном значении d , чем меньше длина блока n , тем меньше в этом коде будет число исправляемых ошибок: $n_1 > n_2, k_{1err} > k_{2err}$. Меньшее значение длины кода n_2 предпочтительнее по сравнению с большим значением n_1 по критериям вероятности появления того же числа ошибок и снижению сложности декодирования.

Положение некоторых полученных кодов (табл. 1) в координатах с границами [2] Плоткина (сплошная линия) и Варшавова-Гильберта (пунктирная линия) для определенных значений длины кодового слова n представлено на рис. 1.

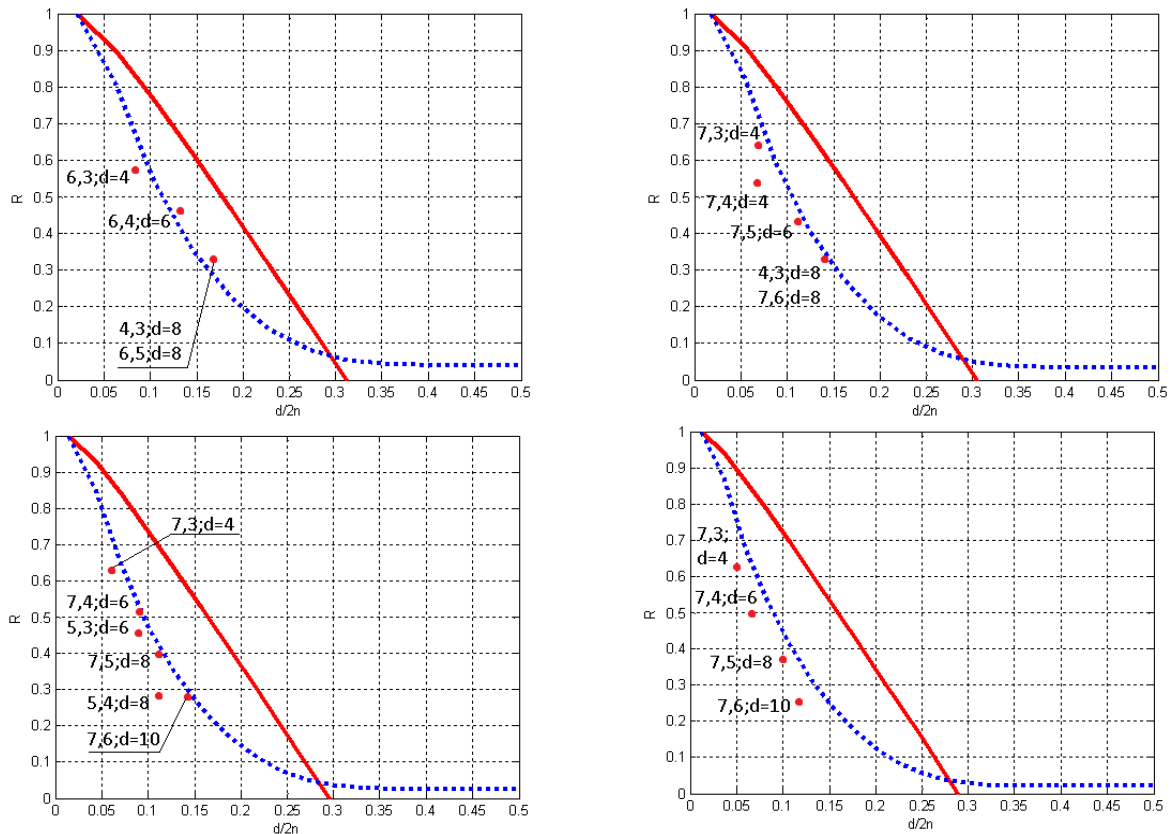


Рис. 1. Положение некоторых полученных кодов (табл. 1) в координатах $R = f\left(\frac{d}{2n}\right)$ с границами Плоткина и Варшамова-Гильберта для определенных значений длины кодового слова n (слева-направо, сверху-вниз): 24, 28, 35, 42

Можно отметить и недостатки LDPC кода – это четное значение кодового расстояния d . Для известных кодов кодовое расстояние, как правило, нечетное, поэтому согласно выражению исправляющей способности кода $t = \left\lfloor \frac{d-1}{2} \right\rfloor$, для LDPC кодов это выражение принимает вид: $t = \frac{d-2}{2} = \frac{d}{2} - 1$. Таким образом, с указанной выше точки зрения – LDPC коды не совершенны.

Таким образом, LDPC коды дают возможность формировать коды достаточно большой длины с $n > 1000$, что обеспечивает заданные корректирующие свойства кода при высоких скоростях кодирования R . Рассмотренные свойства кодов с $n < 45$ отображают универсальные свойства регулярных LDPC кодов, справедливые и для кодов большей длины n .

Литература

1. Р.Дж.Галлагер. Коды с малой плотностью проверок на четность. – М., «Мир», 1966. – 144 с.
2. Основи теорії телекомунікацій: підручник / за заг. ред. М.Ю.Ільченка. – К.: ІСЗІ НТУУ «КПІ», 2010. – 788 с.

АЛГОРИТМ ВИБОРУ ДВОСКАЧКОВИХ MPR ВУЗЛІВ У ПРОТОКОЛІ МАРШРУТИЗАЦІЇ OLSR ДЛЯ МЕРЕЖ ТИПУ AD-НОС

Максимов В.В., Полісніченко В.В

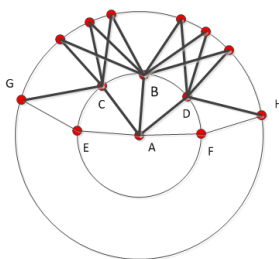
Институт телекомунікаційних систем, НТУУ «КПІ», polisnichenko@gmail.com

Algorithm for the selection of multipoint relays in the routing protocol OLSR for Ad-hoc

In this paper a new algorithm for the selection of multipoint relays (MPR) in optimized link state routing protocol (OLSR) is proposed.

OLSR - це проактивний протокол маршрутизації розроблений для Ad-hoc мереж [1]. Протокол використовує алгоритм стану каналів, що надає перевагу в наявності маршрутів, які доступні одразу, коли це необхідно у зв'язку з його проактивною природою. Мінімізація службового трафіку відбувається завдяки тому, що для передачі контрольної інформації використовуються тільки окремо вибрані вузли - вузли багатоточкової ретрансляції (MPR). Для оптимізації редагування топології мережі протокол може регулювати інтервали часу між контрольними повідомленнями. Ідея використання багатоточкового ретранслятора сприяє зменшенню кількості контрольної інформації в одній і тій же зоні. Вузол вибирає MPR серед своїх сусідів, з якими у нього є двосторонній зв'язок.

В [1] розглядається евристичний метод вибору набору MPR. Його суть полягає в наступному: насамперед, як MPR обирається односкачковий сусід, який міг би охопити найбільшу кількість непокритих двоскачкових сусідів. Цей крок необхідно повторювати до тих пір, поки всі двоскачкові сусіди не будуть покриті.



[1]

Рис. 1. Приклад вибору MPRs за алгоритмом із літератури

На рис. 1 приведено приклад вибору MPRs з використанням цього алгоритму: $\{B, C, D, E, F\}$ – множина односкачкових сусідів, $\{B, C, D\}$ – множина набору MPR.

Але множина $\{B, C, D\}$ не є набором MPR з найменшим розміром. Насправді достатньо лише двох вузлів C та D, які можуть зв'язувати вузол A з усіма його двоскачковими сусідами (див. рис. 2). Тобто такий алгоритм не може обрати оптимальний набір $MPR\{C, D\}$. Причиною цього є те, що цей алгоритм першими обирає вузли, які покривають найбільшу кількість двоскачкових сусідів. Але вузли C та D покривають вузли G та H, які не покриваються вузлом B, і тому вузли C та D будуть також обрані в набір MPR. Це створює перекриття множини двоскачкових сусідів, які покриває вузол B.

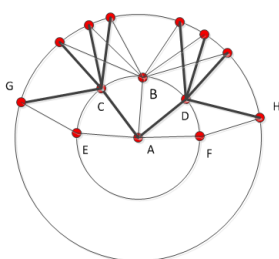


Рис. 2. Приклад вибору MPRs за алгоритмом, запропонованим у статті

Ідея пропонуємого алгоритму полягає в тому, що він обирає MPRs з урахуванням необхідності, коли немає односкачкових сусідів з «необхідністю вибору», видалення одного односкачкового сусіда з найменшим покриттям двоскачкових сусідів створює «необхідність вибору», щоб потім його обрати в якості MPR.

Введемо наступні позначення для наборів вузлів, які створюється шляхом обміну повідомленнями HELLO між вузлами у відповідні моменти часу :

- $N(A)$ – набір вузлів, що знаходяться на відстані одного скачку від вузла A .
- $N2(A)$ – набір сусідів вузла A , що знаходяться на відстані двох скачків від нього.
- $N3(A)$ – набір сусідів вузла A , що знаходяться на відстані трьох скачків від нього.
- $D(x)$ – кількість двоскачкових сусідів відносно вузла A , які покриває односкачковий відносно вузла A вузол x .
- $D(y)$ – кількість трьохскачкових сусідів відносно вузла A , які покриває двоскачковий відносно вузла A вузол y .

Всі ці величини можуть змінюватися в ході вибору MPR.

Алгоритм

1. Розраховуються $N(A)$, $N2(A)$, $N3(A)$, $D(x)$ та $D(y)$ для усіх вузлів відносно вузла A .
2. Якщо існують деякі вузли в наборі $N(A)$, що тільки вони можуть покрити деякі з вузлів $N2(A)$, обираємо їх в якості MPRs. Потім видаляємо усіх двоскачкових сусідів із набору $N2(A)$, які вже покриті обраними MPRs.

Якщо вузлів у наборі $N2(A)$ більше немає, то переходимо до вибору двоскачкових MPR (пункт 4), якщо є – переходимо до пункту 3.

3. Перераховуємо $D(x)$ всіх вузлів в наборі $N(A)$. Вузол з мінімальним $D(x)$ видаляємо з набору $N(A)$. Переходимо до пункту 2.

4. Якщо існують деякі вузли в наборі $N2(A)$, що тільки вони можуть покрити деякі з вузлів $N3(A)$, обираємо їх в якості двоскачкових MPRs. Потім видаляємо усіх трьохскачкових сусідів із набору $N3(A)$, які вже покриті обраними MPRs.

Якщо вузлів у наборі $N3(A)$ більше немає, то алгоритм закінчено, якщо є – переходимо до пункту 5.

5. Перераховуємо $D(y)$ всіх вузлів в $N2(A)$. Вузол з мінімальним $D(y)$ видаляємо з набору $N2(A)$. Переходимо до пункту 4.

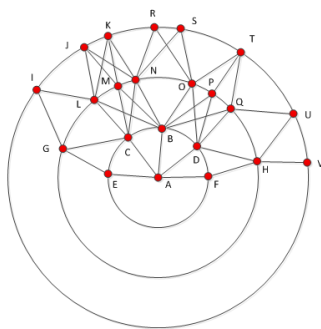


Рис. 3. Ad-нос мережа, в якій використовується протокол OLSR

Розглянемо приклад роботи алгоритму для мережі, зображеної на рис. 3.

Крок 1. Розраховуємо $N(A)$, $N2(A)$, $N3(A)$, $D(x)$ та $D(y)$ для усіх вузлів $N(A)$: $N(A) = \{B, C, D, E, F\}$, $N2(A) = \{G, H, L, M, N, O, P, Q\}$, $N3(A) = \{I, J, K, R, S, T, U, V\}$.

Розраховуємо $D(x)$: $D(B) = 6$; $D(C) = 4$; $D(D) = 4$; $D(E) = 1$; $D(F) = 1$. Розраховуємо $D(y)$: $D(G) = 1$; $D(H) = 2$; $D(L) = 3$; $D(M) = 2$; $D(N) = 4$; $D(O) = 3$; $D(P) = 1$; $D(Q) = 2$.

Крок 2. Так як в наборі $N(A)$ не існує такого вузла, що тільки він один покриває деякі з вузлів $N2(A)$, переходимо до кроку 3.

Крок 3. Перераховуємо $D(x)$ всіх вузлів в $N(A)$: $D(B) = 6$; $D(C) = 4$; $D(D) = 4$; $D(E) = 1$; $D(F) = 1$. Видаляємо вузол E з мінімальним $D(x)$ (рис. 4а). Переходимо до пункту 2.

Крок 4. Тепер вузол G покривається лише вузлом C . Отже, вузол C обираємо як MPR1 і видаляємо з набору $N(A)$. Двоскачкові вузли, які покриваються вузлом C , видаляються з набору $N2(A)$ (рис. 4б): $N(A) = \{B, D, F\}$; $N2(A) = \{H, O, P, Q\}$.

Крок 5. Перераховуємо $D(x)$ всіх вузлів в $N(A)$: $D(B) = 3$; $D(D) = 4$; $D(F) = 1$.

Видаляємо вузол F з мінімальним $D(x)$ (рис. 4в). Переходимо до пункту 2.

Крок 6. Тепер вузол H покривається лише вузлом D . Отже, вузол D обираємо як MPR1 і видаляємо з набору $N(A)$. Двоскачкові вузли, які покриваються вузлом D , видаляються з набору $N2(A)$: $N(A) = \{B, F\}$. $N2(A) = \{ \}$.

Вузлів у наборі $N2(A)$ більше немає, алгоритм вибору односкачкових MPR1 закінчено. Таким чином обирається оптимальний набір $MPR1 = \{C, D\}$.

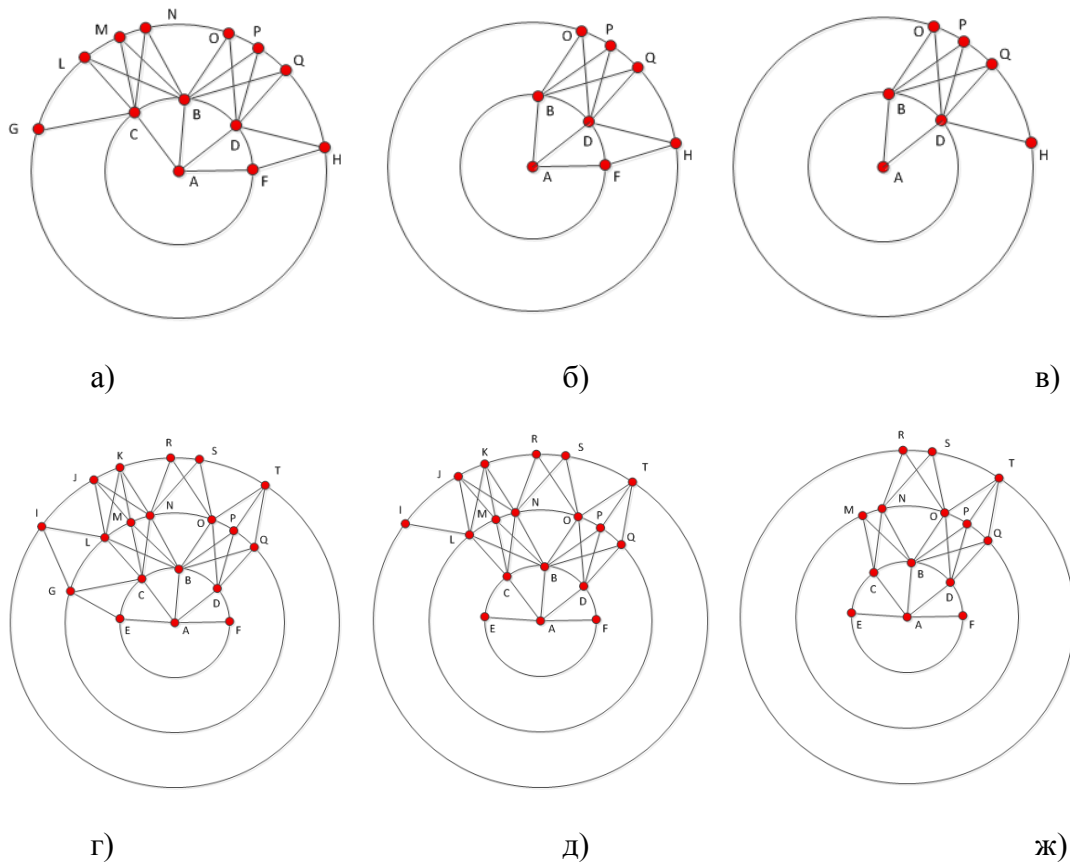


Рис. 4. Пояснення до алгоритму

Крок 7. Переходимо до вибору двоскачкових MPR2. Маємо набори $N2(A)$ і $N3(A)$: $N2(A) = \{G, L, M, N, O, P, Q\}$, $N3(A) = \{I, J, K, R, S, T, U, V\}$.

У наборі $N3(A)$ існує вузол V , який покривається лише вузлом H із набору $N2$. Тому обираємо вузол H у якості MPR2, видаляємо його із набору $N2$, а вузли U та V , які покриваються вузлом H , видаляємо із набору $N3$ (рис. 4г): $N2(A) = \{G, L, M, N, O, P, Q\}$; $N3(A) = \{I, J, K, R, S, T\}$.

Крок 8. Записуємо набір $D(y)$: $D(G) = 1$; $D(L) = 3$; $D(M) = 2$; $D(N) = 4$; $D(O) = 3$; $D(P) = 1$; $D(Q) = 1$. Тепер у наборі $N3(A)$ не існує таких вузлів, які покриваються лише одним вузлом із набору $N2(A)$. Тому видаляємо із $N2(A)$ вузол з найменшим $D(y)$, а саме вузол G (рис. 4д).

Крок 9. Тепер вузол I покривається лише одним вузлом із $N2(A)$. Обираємо L у якості $MPR2$, видаляємо його із $N2(A)$, а із $N3(A)$ видаляємо вузли I , J та K (рис. 4ж): $N2(A) = \{M, N, O, P, Q\}$, $N3(A) = \{R, S, T\}$.

Крок 10. У наборі $N3(A)$ залишилось три вузла: R, S, T . Усі вони покриваються вузлом O , тому додаємо його до набору $MPR2$.

Таким чином обирається оптимальний набір $MPR2 = \{L, P, H\}$.

Зауважемо, що наведений алгоритм може бути використаний для вибору оптимальних наборів не тільки двоскачкових $MPR2$, але і n -скачкових $MPRn$.

Доцільно провести подальше дослідження в напрямку визначення верхньої межі кількості n -скачкових $MPRn$ [2] та порівняти її з кількістю $MPRn$, отриманих за розглянутим алгоритмом.

Література

1. T. Clausen, and P. Jacquet, "Optimized Link State Routing Protocol", RFC3626, October 2003.
2. Розрахунок верхньої межі кількості вузлів-ретрансляторів у протоколі OLSR / Максимов В.В., Полісніченко В.В., Потьомкіна Л.І. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ” № 1 – 2012. – с. 82-88.

РОЗРАХУНОК ПЛОЩІ, НЕПОКРИТОЇ MPR ВУЗЛАМИ НА ДРУГОМУ ТА ТРЕТЬОМУ СКАЧКАХ В ПРОТОКОЛІ OLSR

Максимов В.В., Потьомкіна Л.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», potyomkinalyudmila@gmail.com

Calculation of the area, uncovered MPRs on the second and third hops in the OLSR protocol

In this paper is calculation of area that is not covered by two-hop and three-hop MPRs

Мобільна Ad-Нос мережа (MANET – mobile Ad-Нос network) – це спонтанно чи довільно сформована мережа без будь-якої центральної адміністративної системи й жорсткої структури, що складається з мобільних вузлів, які використовують безпроводний інтерфейс для передачі пакетів даних [1].

В даній роботі розглядається оптимізований Link State Routing Protocol (OLSR). Це проактивний протокол, що являється адаптацією класичного Link State Routing (LSR) до використання в умовах бездротових мереж. Основним нововведенням є концепція багатоточкових ретрансляторів MPR (Multi Point Relay), яка оптимізує процес широкомовного розсилання.

Актуальним є розглянути багатоскачкові MPR вузли, що дадуть змогу зменшити кількість службової інформації в протоколі OLSR. **Метою роботи** є показати, що використання багатоскачкових MPR-вузлів зменшує верхню межу кількості MPR вузлів, що веде до відповідного зменшення службової інформації в протоколі OLSR.

Для досягнення даної мети була поставлена задача розрахувати площу, покриту двоскачковими та трьохскачковими MPR вузлами.

В [3] і [4] була знайдена площа, покрита односкачковими MPR-вузлами та визначена верхня межа кількості односкачкових MPR вузлів. За даними матеріалами знайдемо площу, що є непокритою двоскачковими та трьохскачковими MPR вузлами.

Для вирішення даної задачі розглянемо двоскачкові MPR-вузли. Нехай є три окружності K_1 , K_2 і K_3 з радіусами 1, 2, 3 відповідно та з центром в точці O . Нехай, точки F і Z розміщені на окружності K_2 та розділені кутом θ (див. рис.1). Нехай $A(\theta)$ множина точок, що належать K_3 , та задовольняють умовам:

1. Точки не належать K_1 і K_2 ;
2. Точки належать сектору центром у точці O , кут θ , обмежені F і Z ;
3. Точки знаходяться на відстані більше 1 від F і Z .

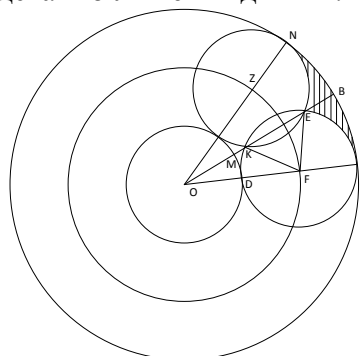


Рис.1. Область множини точок $A(\theta)$ для двоскачкових MPR вузлів

Тоді якщо $\theta \leq \frac{\pi}{3}$, то
 $A(\theta) = 4\theta - 2 \sin\left(\frac{\theta}{2} + \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)\right) - \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)$. Інакше $A(\theta) = \frac{5}{2}\theta - \sqrt{3}$

Розглянемо випадок трьохскачкових MPR-вузлів (див.рис.2). Нехай є чотири окружності K_1, K_2, K_3 і K_4 з радіусами 1, 2, 3, 4 відповідно та з центром в точці O . Нехай, точки F і Z розміщені на окружності K_3 та розділені кутом θ . Нехай $A(\theta)$ множина точок, що належать K_4 , та задовольняють умовам:

1. Точки не належать K_1, K_2 і K_3 ;
2. Точки належать сектору центром у точці O , кутом θ , обмежені F і Z ;
3. Точки знаходяться на відстані більше 1 від F і Z .

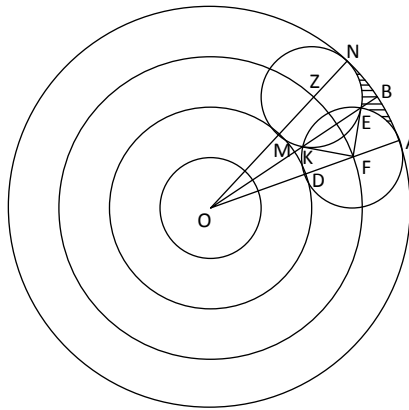


Рис.2. Область множини точок $A(\theta)$ для трьохскачкових MPR вузлів

Тоді якщо $\theta \leq \frac{\pi}{6}$, то $A(\theta) = \frac{13}{2}\theta - 3 \sin\left(\frac{\theta}{2} + \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)\right) - \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)$.
Інакше $A(\theta) = \frac{1}{2}\pi + \frac{7}{2}\theta - 3 \sin\left(\frac{\pi}{12} + \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\pi}{12}\right)\right)\right) - \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\pi}{12}\right)\right)$

Висновки

В роботі була знайдена площа, непокрита двохскачковими вузлами-ретрансляторами, $A(\theta) = 4\theta - 2 \sin\left(\frac{\theta}{2} + \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)\right) - \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)$ при кутах $\theta \leq \frac{\pi}{3}$.
Інакше $A(\theta) = \frac{5}{2}\theta - \sqrt{3}$. Та розрахована площа, непокрита трьохскачковими MPR вузлами, $A(\theta) = \frac{13}{2}\theta - 3 \sin\left(\frac{\theta}{2} + \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)\right) - \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)$ для кутів $\theta \leq \frac{\pi}{6}$ та $A(\theta) = \frac{1}{2}\pi + \frac{7}{2}\theta - 3 \sin\left(\frac{\pi}{12} + \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\pi}{12}\right)\right)\right) - \arcsin\left(2 \sin\left(\frac{\pi}{12}\right)\right)$ для кутів $\theta > \frac{\pi}{6}$

Як бачимо, зі збільшенням кількості скачків MPR вузлів, площа, що покривається ними, зменшується. Отже зменшується верхня межа кількості MPR вузлів. Зменшення верхньої межі MPR вузлів веде к відповідному зменшенню службової інформації, яка передається в ТС пакетах. Отже слід продовжити дослідження впливу багатоскачкових MPR вузлів на кількість службової інформації в протоколі OLSR.

Література

1. Mobile Ad-hoc Networks [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html> HTML

2. Anis Laouti, Paul Mühlethaler, Abdellah Najid, Epiphane Plakoo, Simulation Results of the OLSR Routing Protocol for Wireless Network // Institute national de recherche en informatique et en automatique, Theme 1 – Reseaux et systemes, Projet HIPERCOM, Rapport de recherche № 4414 – Mars 2002 – 24 pages/

3. Максимов В.В., Полісніченко В.В., Потьомкіна Л.І. Розрахунок багатоточкових ретрансляторів у протоколі OLSR// Міністерство оборони України, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», VI-й НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ СЕМІНАР «Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення», 20 жовтня 2011 року (Доповіді та тези доповідей). – Київ, 2011.- с.144.

4. Philippe Jacquet, Anis Laouiti Pascale Minet Laurent Viennot Performance Analysis of OLSR Multipoint Relay Flooding in Two Ad Hoc Wireless Network Models // Institute national de recherche en informatique et en automatique, Theme 1 – Reseaux et systemes, Projet HIPERCOM, Rapport de recherche № 4260 – Stptembre 2001 – 26 pages/

АНАЛІТИЧНІ ВИРАЗИ КІЛЬКОСТІ СЛУЖБОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРОТОКОЛУ OSPF

Максимов В.В. Самойлюк А.О.

Інститут телекомунікаційних систем HTУУ «КПІ», maksimov46@ukr.net,
andrewsamoiiliuk@gmail.com

Analytical expressions of the OSPF protocol service traffic

OSPF protocol service traffic is examined. Analytical expressions for calculating the amount of OSPF service traffic are proposed.

Із все більшим переходом операторів зв'язку до мереж із комутацією пакетів, протоколи маршрутизації починають відігравати важливу роль у телекомунікаційних мережах. Враховуючи лавинне зростання трафіку, вибір та налаштування протоколу маршрутизації стає актуальною задачею. В роботі [1], наприклад, математичними методами порівнюється кількість службової інформації протоколів OSPF та IGRP. В [2] пропонується математична модель протоколу OSPF. Проте, підтверджені дослідями вирази кількості службової інформації протоколу OSPF для довільної топології є відсутніми.

Для підтримки трьох баз даних: суміжності, станів каналів та пересилки, протокол OSPF використовує періодичні та аперіодичні службові повідомлення. Кількість службової інформації цих повідомлень можливо визначити в байтах на секунду та в байтах відповідно.

База даних суміжності будується при увімкненні маршрутизатору та періодично оновлюється за допомогою пакетів hello. Виходячи із структури даного пакету, що описана в [3], його довжина може бути обчислена за виразом:

$$l_{\text{hello}} = 44 + 4n_c \text{ [байт]} \quad (1)$$

де n_c – кількість маршрутизаторів сусідів, якими вважаються маршрутизатори, що знаходяться в спільній IP- мережі [4]. Періодичність відправлення пакетів hello є параметром. Зменшення періодичності призводить до прискорення роботи протоколу маршрутизації, проте, збільшує кількість службової інформації. Оскільки в IP-мережу із N маршрутизаторів буде надходити N повідомлень hello із періодом t_{hello} , то, з урахуванням заголовків мережевого та каналного рівня, загальна формула матиме вигляд:

$$C_{\text{helloOSPF}} = N \cdot \frac{l_{\text{hello}} + l_{\text{ip}} + l_{\text{кан}}}{t_{\text{hello}}} \left[\frac{\text{байт}}{\text{с}} \right] \quad (2)$$

де N – це кількість маршрутизаторів у спільній IP- мережі, $l_{\text{ip}} = 20$ байт, $l_{\text{кан}} = 14$ байт (для Ethernet). Якщо підставити в (2) значення l_{hello} , визначене в (1), враховуючи, що в кожному пакеті буде міститись інформація про $N-1$ сусідів, а також l_{ip} та $l_{\text{кан}}$, отримаємо:

$$C_{\text{helloOSPF}} = N \cdot \frac{78 + 4 \cdot (N-1)}{t_{\text{hello}}} \left[\frac{\text{байт}}{\text{с}} \right] \quad (3)$$

База пересилки маршрутизатора – це таблиця, що формується за алгоритмом Дейкстри на основі бази станів каналів, бази сусідніх маршрутизаторів та використовується для маршрутизації пакетів. В протоколі OSPF існує два механізми заповнення бази даних станів каналів: опис бази даних новому маршрутизатору та лавинна розсилка оновлень станів каналів усім іншим маршрутизаторам в мережі. Опис бази даних новому маршрутизатору відбувається наступним чином. За допомогою пакетів hello, новий маршрутизатор дізнається про наявність інших маршрутизаторів OSPF у мережі. Між новим та визначеним маршрутизатором починається обмін службовою інформацією в наступному порядку:

1. Визначений маршрутизатор направляє пакети DD (опис бази даних) новому маршрутизатору. Перший пакет містить унікальне значення, що збільшується на одиницю в наступних пакетах DD. Решта пакетів містить заголовки повідомлень про стани каналів;
2. Новий маршрутизатор аналізує отримані пакети DD та за допомогою пакетів LSR запитує у визначеного маршрутизатора повні повідомлення про стани каналів, що йому не відомі;
3. Визначений маршрутизатор надсилає інформацію, запитану в пакеті LSU;
4. Новий маршрутизатор підтверджує отриману інформацію за допомогою пакетів LSAck. Аналогічний обмін інформацією відбувається і в зворотному порядку. Після завершення описаної вище процедури, обидва маршрутизатори за допомогою лавинної розсилки передають нові повідомлення про стан каналів в усі свої інтерфейси. Кількість службової інформації, що буде використана, дорівнюватиме сумі довжин надісланих пакетів, враховуючи заголовки мережевого та каналного рівнів. Виходячи із структур пакетів, описаних в [3], довжини пакетів DD, LSR, LSU, LSAck можуть бути виражені як:

$$l_{DD} = 32 + 20(N_m + L) \text{ [байт]} \quad (4)$$

$$l_{LSR} = 24 + 12(N_m + L) \text{ [байт]} \quad (5)$$

$$l_{LSU} = 28 + \sum_{i=1}^{N_m} l_{LSA-1i} + \sum_{j=1}^L l_{LSA-2j} \text{ [байт]} \quad (6)$$

$$l_{LSAck} = 24 + 20(N_m + L) \text{ [байт]} \quad (7)$$

де N_m – кількість маршрутизаторів у сегменті мережі, що описується в DD, L – кількість транзитних IP-мереж в сегменті, що описується. Транзитною мережею вважається мережа, в якій існує два або більше маршрутизаторів. l_{LSA-1} та l_{LSA-2} – довжини повідомлень про стан каналів, відповідно першого та другого типу. Повідомлення про стан каналів першого типу описують маршрутизатори. Довжина даних повідомлень визначається як:

$$l_{LSA-1} = 24 + 12n_{networks} \text{ [байт]} \quad (8)$$

де $n_{networks}$ – кількість мереж, до яких підключено маршрутизатор. Повідомлення про стан каналів другого типу описують транзитну мережу та мають довжину:

$$l_{LSA-2} = 24 + 4n_{routers} \text{ [байт]} \quad (9)$$

де $n_{routers}$ – кількість маршрутизаторів в транзитній мережі.

Враховуючи порядок обміну пакетами при підключенні нового маршрутизатору, а також довжини пакетів та повідомлень про стан каналів, визначених виразами (4-9), кількість службової інформації при підключенні нового маршрутизатора може бути обчислена за наступним виразом:

$$C_{dd} = 280 + 52(N_{m1} + N_{m2} + L_1 + L_2) + \sum_{i=1}^{N_{m1}} l_{LSA-1i} + \sum_{j=1}^{L_1} l_{LSA-2j} + \sum_{i=1}^{N_{m2}} l_{LSA-1i} + \sum_{j=1}^{L_2} l_{LSA-2j} + 10(l_{ip} + l_{кан}) \text{ [байт]} \quad (10)$$

де N_{m1} та L_1 – кількість маршрутизаторів та транзитних IP-мереж в існуючому сегменті мережі, N_{m2} та L_2 – кількість маршрутизаторів та транзитних IP-мереж, відомих новому маршрутизатору.

Лавинна розсилка (flooding), застосовується маршрутизаторами OSPF для сповіщення про зміни в топології мережі. Маршрутизатор, що віднайшов зміни, відправляє пакет LSU в усі свої інтерфейси. Маршрутизатори, що отримують даний пакет, пересилають його в усі інтерфейси окрім того, з якого він надійшов та підтверджують отримання оновлень пакетом LSAck. Таким чином, в IP-мережу при водонаповненні буде надходити 1 пакет LSU та $N-1$ пакетів LSAck, де N – кількість маршрутизаторів в IP-мережі, або математично:

$$C_{\text{flooding}} = l_{\text{LSU}} + l_{\text{ip}} + l_{\text{кан}} + (Nm - 1) \cdot (l_{\text{LSAck}} + l_{\text{ip}} + l_{\text{кан}}) \quad (11)$$

Дослідження кількості службової інформації протоколу OSPF було проведено за допомогою моделювання в GNS3. Мережа, застосована для дослідження службової інформації, створеної пакетами hello, складається із змінної кількості маршрутизаторів, з'єднаних між собою через спільний комутатор. Дослідження було проведено для кількості маршрутизаторів від одного до десяти із інтервалами $t_{\text{hello}} = 1,5,10$ та 15 с.

Результат дослідження представлено в графічному вигляді на рисунку 1. Суцільною лінією представлено результат виміру, пунктирною – значення обчислене за допомогою виразу (3).

Дослідження кількості службової інформації, створеної процедурою підключення нового маршрутизатору та процедурою водонаповнення було проведено за допомогою мережі довільної топології, зображеної на рисунку 2. Під час дослідження було по чергово під'єднано сегменти 1, 2, 3 та 4 до решти мережі та виміряно кількість службової інформації, створеної протоколом OSPF при об'єднанні. Було виміряно як кількість службової інформації при описи бази даних, так і при процедурі водонаповнення. Результат дослідження представлено в таблиці 1.

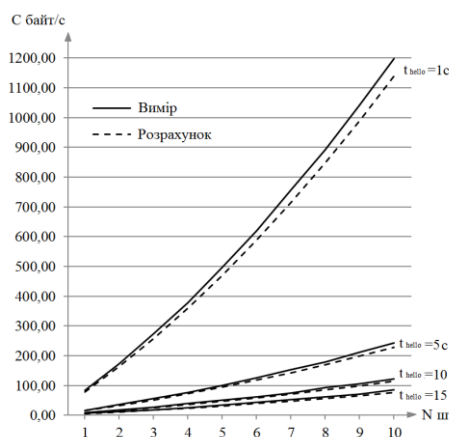


Рис.1 Результат дослідження об'єму інформації, створеного пакетами hello

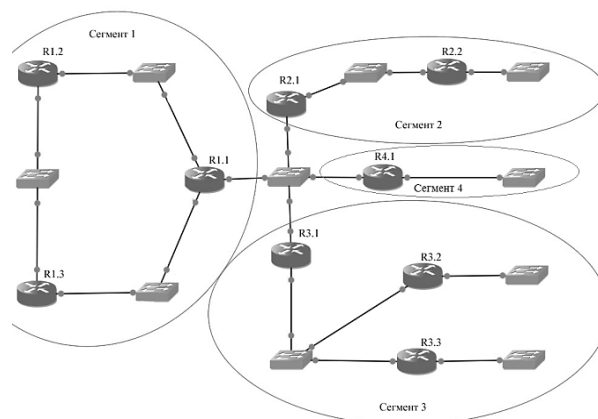


Рис.2 Дослідна мережа

Таблиця 1. Результат дослідження протоколу OSPF при описі бази даних та водонаповненні.

Сегмент, що підключається	1		2		3		4	
	Розрах. [байт]	Вимір. [байт]	Розрах. [байт]	Вимір. [байт]	Розрах. [байт]	Вимір. [байт]	Розрах. [байт]	Вимір. [байт]
Опис бази даних	2168	1930	2152	2124	1932	1624	2032	2032
в 1й сегмент	---	---	320	680	440	862	186	608
в 2й сегмент	564	938	---	---	440	752	186	498
в 3й сегмент	732	880	458	778	---	---	250	674

Висновки

Дослідження показали, що кількість службової інформації, що регулярно створюється пакетами hello протоколу OSPF може бути описана виразом (3). Незначне

відхилення реального значення від розрахункового, що спостерігається на рисунку 2, пояснюється неточністю таймеру маршрутизатору. Вираз (10) можливо застосувати для орієнтовної оцінки кількості службової інформації протоколу OSPF при підключенні нового маршрутизатору. Аналіз обміну пакетами між маршрутизаторами під час процедури водонаповнення вказує на те, що вираз (11) визначає мінімальну кількість службової інформації, необхідну протоколу OSPF для водонаповнення. Значне відхилення кількості службової інформації процедури водонаповнення від розрахункового значення пояснюється тим, що маршрутизатор OSPF передає повідомлення про стан каналів далі в мережу відразу після їх отримання, не групуючи повідомлення в один пакет. Це прискорює оновлення інформації про топології мережі на всіх маршрутизаторах OSPF, проте збільшує кількість дрібних пакетів LSU, що в свою чергу збільшує кількість заголовків протоколів мережевого, каналного рівня та протоколу OSPF. Для зменшення кількості службової інформації протоколу OSPF при водонаповненні, можливо впровадити групування повідомлень про стан каналів в один пакет LSU.

Отримані вирази можуть бути застосовані для визначення таймерів протоколу з точки зору оптимізації швидкодії та кількості службової інформації протоколу, аналітичного порівняння кількості службової інформації протоколу OSPF із кількістю службової інформації будь-якого іншого протоколу маршрутизації, то що.. В подальшому планується розробка аналітичних виразів кількості службової інформації протоколу IS-IS та порівняльне дослідження кількості службової інформації протоколу IS-IS із протоколом OSPF.

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. RFC 2328 «OSPF Version 2», April 1998.
4. Структура и реализация сетей на основе протокола OSPF.2-е изд. Томас М. Томас П. Москва. Санкт-Петербург. Киев 2004.

АСИМПТОТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОДЕЛЕЙ ОПИСУ САМОПОДІБНОГО ТРАФІКУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МАРТИНГАЛІВ З НЕПЕРЕРВНИМ ТА ДИСКРЕТНИМ ЧАСОМ

Пилипенко А.Ю., Уривський Л.О., Трач Б.В.

Інститут телекомунікаційних систем, bv.trach@gmail.com

Asymptotic properties of self-similar traffic models based on discrete-time and continuous-time martingales

Розглядаються асимптотичні властивості моделей опису самоподібного трафіку з використанням мартингалів з дискретним та неперервним часом. Виявлено, що показники функціонування моделі трафіку на основі пуасоновського процесу у асимптотиці при $\lambda \rightarrow \infty$ співпадають з результатами досліджень на основі моделі з використанням броунівського руху як окремого випадку самоподібного трафіку із значенням коефіцієнту Херста $H = 0,5$.

Вступ

Впровадження комп'ютерних мереж та значне зростання їх продуктивності привернули увагу спеціалістів, що досліджують характеристики Інтернет-телетрафіку. Виявлено [1], 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. Але узагальненої теорії самоподібних процесів ще не запропоновано. Тому доцільно вивчати різні випадки процесів із статистичною самоподібністю.

При розробці та дослідженні моделей трафіку використовується широке коло процесів, до яких належать мартингали. Мартингал — це неперервний чи дискретний процес, математичне очікування якого залишається незмінним при часовій еволюції процесу. Для неперервного процесу математичний запис цієї властивості має вигляд $M[X_t] < \infty$; $M[X(t) | \{X(\tau), \tau < s\}] = X(s), \forall s \leq t$, а для дискретного процесу: $M[X_n] < \infty$; $M[X_{n+1} | X_1, \dots, X_n] = X_n$. До класу мартингалів відносяться, зокрема, пуасонівський процес (мартингал з дискретним часом) та броунівський рух (мартингал з неперервним часом).

Мета дослідження — дослідження асимптотичних властивостей перервних та дискретних моделей самоподібного трафіку з неперервним та дискретним часом для випадку $H = 0,5$. Об'єктом дослідження є асимптотичні властивості моделей трафіку, та математичні моделі з використанням мартингалів. Предметом дослідження є застосування мартингалів для моделювання мереж зв'язку.

Для дослідження асимптотичних властивостей дискретного мартингалу — пуасонівського процесу з інтенсивністю λ , розглядається ймовірність відмови у системі обслуговування з одним обслуговуючим пристроєм, b місцями в черзі та інтенсивністю обслуговування $\mu = \lambda + a\sqrt{\lambda}$. При цьому здійснюється граничний перехід від процесу з пуасонівськими приростами до броунівського руху при $t \rightarrow \infty$. За відомими [3] формулами можливо знайти ймовірність відмови для даної системи обслуговування (в момент досягнення граничного стану), що після здійснення асимптотичного переходу $\lambda \rightarrow \infty$ набуває вигляду

$$\pi_m = \pi_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m = \pi_0 \left(\frac{\lambda}{\lambda + a\sqrt{\lambda}} \right)^{b\sqrt{\lambda}} = \frac{\frac{a}{\sqrt{\lambda}}}{1 - e^{-ba}} e^{-ba} = \frac{ae^{-ba} / \lambda}{1 - e^{-ba}} \quad (1)$$

При дослідженні мартингалу з неперервним часом (броунівського руху) застосовується модель буфера, викладена в [4], що передбачає використання віртуальних процесів простою та відмови. У даної системи розглядається ймовірність відмови. У моделі самоподібного трафіку з використанням броунівського руху у буфері функціонує процес

$$X(t) = \sqrt{2\lambda} B(t) - at \quad (2)$$

$$X(t) = \sqrt{2\lambda} B(t) - at \quad (3)$$

Для знаходження ймовірності відмови спочатку знаходиться математичне очікування віртуального процесу втрат $M\tilde{L}_m$:

$$\tilde{L}_m = \frac{\sqrt{2\lambda} B(t) - at}{1 - e^{-ba}} \quad (4)$$

З математичного очікування знаходиться сам процес втрат:

$$L(t) = \frac{\sqrt{2\lambda} B(t) - at}{1 - e^{-ba}} \quad (5)$$

Звідси можливо знайти ймовірність відмови в асимптотичі часу:

$$P_{\text{відм.}} = \frac{L(t)}{a} = \frac{\sqrt{2\lambda} B(t) - at}{a(1 - e^{-ba})} = \frac{1}{1 - e^{-ba}} \quad (6)$$

Можна побачити, що ймовірності відмови для граничного випадку дискретного марковського процесу (1) та неперервного марковського процесу (6) однакові. Аналогічні результати можна зробити і для інших ймовірностей. Це дає можливість зробити висновок про еквівалентність – для граничного випадку марковського ланцюга – моделей на основі дискретних та неперервних процесів.

Розглянуто залежність ймовірності відмови від основних параметрів: a — коефіцієнта зв'язку λ з μ , та b — перемасштабованого обсягу буфера. Розрахунок виконано за співвідношенням (6) для неперервного марковського процесу.

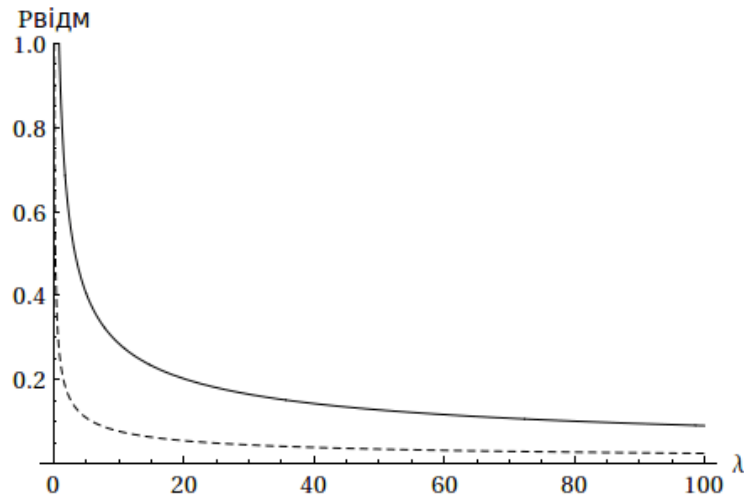


Рис. 1. Залежність ймовірності відмови від інтенсивності надходження заявок λ при різних значеннях коефіцієнту зв'язку a : $a=1$ та $a=2$.

На рис. 1 наведено залежність ймовірності простою від інтенсивності λ при різних значеннях коефіцієнта a . Видно, що при зростанні a , що за фізичним змістом відповідає зростанню інтенсивності обслуговування заявки, ймовірність відмови буде спадати, що узгоджується з фізичним змістом та відомими результатами для дискретних та неперервних марковських процесів. Одночасно, зростання інтенсивності λ породжує зменшення вірогідності простою системи обслуговування та, відповідно, також зменшення $P_{\text{відм}}$.

Дослідження неперервних та дискретних марковських процесів показує, що для асимптотичного випадку інтенсивності надходження заявок $\lambda \rightarrow \infty$ та сумірної інтенсивності обслуговування ймовірності відмови та обслуговування описуються однаковими залежностями.

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. Л. Кляйноок. Теория массового обслуживания. Пер с англ. — М.: «Машиностроение», 1979 — 432 с.
4. Уривський Л.О., Трач Б.В. Модель організації черги в системі масового обслуговування із застосуванням методу штрафів. / Тези доповіді на НТК «Інфокомунікації — сучасність та майбутнє». – Одеса: ОДАЗ, 2012. – с. 11-13.