



**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**
Є ЧЛЕНОМ МІЖНАРОДНОГО СОЮЗУ
ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ



З В' Я З О К

Випуск № 2 (126), 2017

Заснований 1995 року

Наукове періодичне видання,
в якому відображені результати
наукових досліджень з розробки
та вдосконалення інформаційних
систем, мереж та технологій
у різних проблемних галузях

З А С Н О В Н И К

Державний університет
телекомунікацій

Періодичність виходу —
6 разів на рік
Передплатний індекс
74224

Адреса редакційної колегії:
Україна, 03110, м. Київ,
вул. Солом'янська, 7.

Прийом статей:

E-mail: dutzu@ukr.net
Телефон: (044) 249 25 42,
+38 (095) 878 93 81

Телефон: (044) 249 25 75
(довідки, консультації)
E-mail: zv'язok@ukr.net
Інформаційний сайт:
www.dut.edu.ua

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор

КОЗЕЛКОВ Сергій Вікторович (д-р техн. наук, проф.)

Заступник головного редактора

СТЕПАНОВ Михайло Миколайович (д-р техн. наук, ст. наук. співробітник)

Відповідальний секретар

СТОРЧАК Камілла Павлівна (канд. техн. наук, доц.)

Члени редакційної колегії:

БЕРКМАН Любов Наумівна (д-р техн. наук, проф.)

БОНДАРЧУК Андрій Петрович (канд. техн. наук, доц.)

ВИШНІВСЬКИЙ Віктор Вікторович (д-р техн. наук, проф.)

КАЛИННИКОВ Володимир Геннадійович (д-р фіз.-мат. наук, проф.)

ДРУЖИНИН Володимир Анатолійович (д-р техн. наук, проф.)

ЖУРАКОВСЬКИЙ Богдан Юрійович (д-р техн. наук, проф.)

ЗАЙКА Віктор Федорович (д-р техн. наук, доц.)

КОЗЕЛКОВА Катерина Сергіївна (д-р техн. наук, проф.)

КОРШУН Наталія Володимирівна (канд. техн. наук, доц.)

КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук, проф.)

ЛУНТОВСКИЙ Андрій Олегович (д-р техн. наук, проф.)

НЕДІЛЬКО Сергій Миколайович (д-р техн. наук, проф.)

ОБІДІН Дмитро Миколайович (д-р техн. наук, проф.)

ОНИЩЕНКО Вікторія Валеріївна (д-р техн. наук, доц.)

ПОДМАСТЕРЬЄВ Костянтин Валентинович (д-р техн. наук, проф.)

ПОПОВ Валентин Іванович (д-р фіз.-мат. наук, проф.)

ПОПОВСЬКИЙ Володимир Володимирович (д-р техн. наук, проф.)

САЙКО Володимир Григорович (д-р техн. наук, проф.)

СТРІЛКОВСЬКА Ірина Вікторівна (д-р техн. наук, проф.)

ШУЛЬГА Олександр Васильович (д-р техн. наук, доц.)

ЯЦУК Леонід Омелянович (д-р техн. наук, проф.)

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

Затверджено до друку вченою радою Державного університету телекомунікацій (протокол № 19 від 13.03.2017 р.)

Занесено до Переліку наукових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук, затвердженого Постановою Президії ВАК України від 29.12.2014 р. № 1528 за напрямком «Технічні науки»

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 20996-10796 ПР від 25.09. 2014 р.

ЧИТАЙТЕ У НОМЕРІ

ЕКСКЛЮЗИВ

У ФОКУСІ УВАГИ

ШЕФЕР О. В. Інтегральний спосіб підвищення завадостійкості передавання інформації в системі організації зв'язку з космічним апаратом.....	3
ІЛЬІН О. О. Модель оцінювання професійної активності науково-педагогічного персоналу на основі когнітивної карти подання показників.....	6
ЗАЙКА В. Ф., КОЗЕЛКОВ С. В. Визначення впливу нелінійності амплітудних характеристик на показники якості функціонування бортових радіолокаційних станцій.....	11
ПОПОВСКАЯ Е. О., МОСКАЛЕЦ Н. В. Фрагментация TV-контента в P2P-сетях при помощи процедуры динамического программирования.....	14
НЕДАШКОВСКИЙ А. Л. Применение Metro Ethernet сетей как транспортных в 4G/5G.....	17

СЛОВО НАУКОВЦЯ

**ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ
ЄДИНОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ**

СТОРЧАК К. П., ДОВЖЕНКО Т. П. Исследование сети TCP/IP с применением программного каркаса ERLANG/OTP.....	21
ОТРОХ С. І., ЯРОШ В. О., ГОРОХОВСЬКИЙ Є. П., ЗІНЕНКО Ю. М. Оцінювання показників стійкості мережі майбутнього (FN) до зовнішніх дестабілізуючих факторів.....	25
РУДЕНКО Н. В., ЮЩЕНКО М. А. Поняття хмарної обробки даних у сучасному світі.....	29
САЙКО В. Г., ДІКАРСЬ О. В., ГРИЩЕНКО Л. М., КРАВЧЕНКО В. І., МІЛОВА Ю. О. Алгоритми створення проріджуваних кодів.....	33

ПРОБЛЕМИ ПОШТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ. ПОШТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

ЯЩУК Л. О. Поштові індекси: натуральні числа vs напрями сортування.....	39
--	-----------

НАУКА, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ВИРОБНИЦТВО

ВЛАСЕНКО В. О. Методи побудови безпроводових сенсорних мереж.....	42
ШУТКО В. М., ГАЙДУР Г. І., ПОПОВ М. І., ПРИЛЕПОВ Є. В. Дослідження новітніх алгоритмів стиснення аудіоданих на базі лінійних перетворень.....	47
КРЕМЕНЕТСКАЯ У. А., ЗНУКОВА Е. Р., МОРОЗОВА С. В. Hybrid technologies for the millimeter and terahertz ranges radio systems implementing.....	50
KOSOVETS M. Preliminary tests terahertz 3D imaging radar.....	54



ДО ВІДОМА АВТОРІВ ТА ПАРТНЕРІВ ЖУРНАЛУ



У часопису на платній основі вміщуються праці, які відповідають профілю видання, раніше не опубліковані й такі, що водночас не публікуватимуться в інших виданнях.

Думка редакції може не збігатися з позицією, викладеною авторами. Листування з читачами провадиться виключно на сторінках журналу. При передруку посилання на «ЗВ'ЯЗОК» обов'язкове.

РУКОПИСИ НЕ ПОВЕРТАЮТЬСЯ

Матеріали, які подаються до редакції, мають бути роздруковані на одному боці сторінки, при цьому бажано додати текстовий файл у форматі Word. Шрифт — Times New Roman (12 кегль), міжрядковий інтервал — не менш ніж 2, з полями: згори — 20 мм, ліворуч — 30 мм, праворуч — 10 мм, знизу — 25 мм. Усі сторінки мають бути послідовно пронумерованими. За наявності рисунків (графіків) потрібно подати їх в окремих файлах (CorelDraw чи у форматах TIF та EPS), причому текст не конвертується в криві.

Матеріали мають бути підписані автором із зазначенням прізвища, імені, по батькові, місця роботи, посади, домашньої та електронної адреси, паспортних реквізитів, контактних телефонів.

УДК 621.391.82

О. В. ШЕФЕР, канд. техн. наук, доцент,

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Інтегральний спосіб підвищення завадостійкості передавання інформації в системі організації зв'язку з космічним апаратом

Запропоновано інтегральний спосіб підвищення завадостійкості в радіомережі, що забезпечує передавання інформації в системі організації зв'язку з космічним апаратом (КА). Виграш досягається завдяки поєднанню переваг завадостійкого кодування та застосування штучно створеної плазми від'ємного випромінювання. Проаналізовано вплив частотно-селективних завмирань на зміни радіосигналу з КА. Описано алгоритм побудови завадостійких кодів, які дозволяють найбільш ефективно використовувати властивості когерентного приймання радіосигналів. Вибір варіанта обробки каскадного коду має здійснюватись тільки в поєднанні з визначенням протоколу підтвердження і зворотного зв'язку. Найбільш вдалим щодо якості забезпечення завадостійкості є інтегральний спосіб створення телеметричного зв'язку.

Ключові слова: завадостійке кодування; каскадний код; відбиття радіохвилі; низькотемпературна плазма; від'ємне випромінювання.

Вступ

Головним чинником телеметрії з КА виступає вплив іоносферних ефектів на енергетику радіосигналу [1]. Лишаються актуальними теоретичні та прикладні дослідження радіодіапазонів [2–4]. Провідні космічні держави світу не припиняють досліджень щодо впливу іоносферного шару на якість інформації, передаваної по каналах зв'язку. Існує ціла низка програм, згідно з якими проведено експерименти, пов'язані з дослідженнями щодо поширення радіохвиль [4; 5]. Результати цих досліджень становлять особливий інтерес для конструювання радіосистем передавання інформації, що працюють на частотах понад 10 ГГц.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз доступних джерел [4; 5] показує, що в сучасних радіосистемах передавання інформації, які працюють у короткохвильовому частотному діапазоні, необхідно враховувати вплив іоносферних ефектів і якомога ефективніше знижувати його з метою підвищення якості прийманого сигналу. Найбільш актуальні сучасні дослідження зазначеної проблеми стосуються впливу частотно-селективних завмирань на зміни фази радіосигналу, що пройшов іоносферну ділянку під час запуску або спуску КА [4]. Маючи на меті підвищення завадостійкості радіонавігаційних систем, доцільно застосовувати алгоритм адаптації під час приймання та оброблення сигналу, який пройшов іоносферний шар Землі з частотно-селективними завмираннями [5]. Один із методів урахування частотно-селективних завмирань полягає в розробці алгоритмів завадостійкого кодування, що дозволяють найбільш ефективно використовувати властивості когерентного приймання.

Утім варто враховувати, що під час руху КА в щільних шарах атмосфери перед ним утворюється ударна хвиля, високотемпературна плазма якої знижує якість зв'язку з КА. Щоб компенсувати радіонепроникний бар'єр високотемпературної плазми, застосовують, наприклад, термозахищені зовнішні антени або зовнішні конструкції [5; 6]. Недоліком таких пристроїв є їх невисока надійність і великі енерговитрати. Вони до того ж погіршують аеродинамічні властивості КА.

Існує альтернативний підхід, позбавлений зазначених недоліків і пов'язаний із впливом на зовнішню оболонку іонізованого

газу, утворювану під час руху КА на гіпершвидкості (швидкості понад 5 М).

Мета статті — розроблення способу завадостійкого кодування в радіоканалах мережі КА із забезпеченням одночасного впливу на зовнішню плазмову радіонепроникну оболонку.

Основна частина

Сьогодні найширшого застосування набувають фазоманіпульовані шумоподібні сигнали (ФМ ШПС) [5]. Проте радіоканали із ФМ ШПС, що зазнають впливу структурних завад, повинні мати велике (до кількох десятків тисяч) значення бази сигналу, наслідком чого стає низька швидкодія телекомунікаційних систем [4]. Підвищення їх ефективності досягається використанням завадостійкого кодування за рахунок зменшення бази сигналу без утрат завадостійкості [3; 8]. Зрештою досягається швидкість передавання інформації, еквівалентна енергетичному внеску від кодування [4], що для каналів із нормальним розподілом шуму становить 5...10 дБ, а для каналів зі структурною завадою відповідні значення ще більші.

Аналізуючи сучасний стан завадостійкого кодування, доходимо висновку, що для каналів передавання інформації з КА зі складними сигналами найбільш доцільно використовувати каскадні схеми кодування першого порядку [9]. **Каскадне кодування** — один із ефективних інструментів спрощення реалізації завадостійких кодів, що мають велику довжину кодового слова. При цьому застосовується кілька рівнів завадостійкого кодування. Перший код — зовнішній, а всі наступні коди — внутрішні, підпорядковані зовнішньому. Кількістю внутрішніх кодів визначається порядок каскадного коду.

Особливість каскадного кодування полягає в необхідності узгодження всіх кодів між собою стосовно вибору їхніх параметрів, з урахуванням сусідніх кодів. Помилки, що виникають у процесі кодування внутрішніх кодів, поступово нагромаджуються, охоплюючи зрештою все кодове слово. Таким чином, на виході внутрішнього декодера виникає пакет.

Зауважимо, що висока ефективність найпоширеніших кодів Ріда — Соломона [1] пояснюється їхньою здатністю виявляти та виправляти пакети помилок у двійковому каналі, а також максимально можливою кодовою відстанню та високою швидкістю.

© О. В. Шефер, 2017

До недоліків завадостійкого кодування слід віднести ускладнену апаратну реалізацію і, що найголовніше, неможливість скорочення часу обробки інформації, який для каскадного коду не може бути менший, ніж тривалість одного кодового слова.

Застосування каскадного коду в радіосистемах передавання інформації з КА має низку особливостей, зумовлених розмірами варіантів побудови такого коду.

Спосіб обробки у вузлах залежить від того, часткове чи повне кодування/декодування інформації здійснює абонент — джерело інформації чи абонент — її споживач.

Обробка каскадного коду в декодері залежить від способу виправлення помилок внутрішнім чи зовнішнім кодом або їх комбінацією. Остаточний вибір варіанта обробки каскадного коду можливий тоді, коли визначено протокол підтвердження та зворотного зв'язку.

Що ж до плазми, утворюваної навколо рухомого КА в щільних шарах атмосфери, то вона або повністю поглинає радіолокаційне опромінювання, або спотворює його. Цей процес триває протягом кількох хвилин і залежить від багатьох чинників, зокрема від швидкості руху КА, яка, у свою чергу, залежить від щільності шарів атмосфери на різних висотах, а також від кута приймання — передавання радіосигналів (рис. 1).

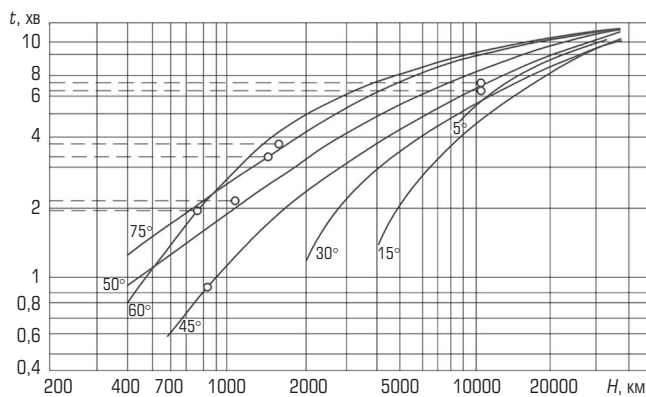


Рис. 1. Загальний час t втрати радіозв'язку з КА залежно від висоти H входу КА в атмосферу та кута приймання — передавання радіосигналів

У результаті утворюється частотно-селективне середовище замирання, непроникне для сигналів, що надходять від систем супутникового телекомунікаційного зв'язку, і переваги завадостійкого кодування зводяться до мінімуму. Феномен переривання сеансу зв'язку в період входу КА в атмосферу було відкрито під час реалізації проекту «Меркурій» і виконання програм США «Gemini» та «Apollo».

Варто наголосити, що густина плазми під час руху КА постійно змінюється, а діелектрична проникність іонізованого газу менша від одиниці і залежна від частоти коливань. Чим більший кут падіння хвилі на плазму, тим більша електронна густина потрібна для відбиття і тим більша товщина шару, на якому відбувається відбиття радіохвилі (рис. 2).

Істотний вплив на якість зв'язку мають фазові та групові швидкості поширення радіохвиль. У разі наближення робочої частоти ω до власної частоти ω_0 іонізованого газу ($\omega \rightarrow \omega_0$) групова швидкість зменшується до нуля, а фазова швидкість різко зростає до нескінченності. Втрати енергії хвилі залежать від повної швидкості руху електрона, яка складається зі швидкості теплового руху V_m та швидкості V_E , набутої під дією

електричного поля на радіохвилю, причому зазвичай $V_m > V_E$. Існує реальна можливість зменшити втрати енергії хвилі, зокрема такої складової, як V_E .

Проведені дослідження показали, що створення в околі щільної антени КА штучного плазмового середовища надійно компенсує вплив зовнішнього іонізованого газу на радіохвилі передавання інформації.

Це середовище, створене всередині КА, не поглинає і не спотворює радіосигналу, забезпечуючи його проходження за рахунок взаємодії на електронно-іонному рівні із зовнішньою плазмою.

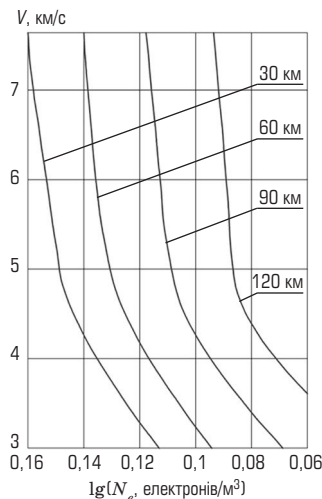


Рис. 2. Рівноважна концентрація електронів залежно від швидкості входу КА в атмосферу

Дослідження низькотемпературного випромінювання [9; 10] засвідчують, що основним місцем утворення позитивних іонів, які надходять на катод, є квазінейтральна плазма від'ємного випромінювання розряду, що жевріє. Подальші дослідження цього явища дали змогу [11] ввести для його характеристики коефіцієнт δ — коефіцієнт корисної дії плазми від'ємного випромінювання. Цей коефіцієнт показує, скільки позитивних іонів надходить за одиницю часу через одиничну площинку, перпендикулярну до межі від'ємного випромінювання з темним круковим простором, із розрахунку на один швидкий електрон, який перетинає цю межу з боку катода. Кількісне значення коефіцієнта δ визначається так:
$$\delta = \frac{n}{n_{e.k}}$$

де n — густина іонів у зоні від'ємного випромінювання; $n_{e.k}$ — густина швидких електронів, які перетинають межу від'ємного випромінювання з темним круковим простором у протилежних напрямках.

Використовуючи перепад тиску газу в катодній області розряду, що жевріє [10; 12], визначаємо місце виникнення основної частини позитивних іонів, які надходять на катод. Таке місце — зона від'ємного випромінювання. Потік позитивних іонів, що надходить із зони від'ємного випромінювання, виявився достатньо суттєвим [13]. Наприклад, у дослідженнях [11] у нормальному розряді, що жевріє, з алюмінієвим катодом (при 150 Па) значення коефіцієнта δ коливається від 0,798 до 0,87.

Саме низькотемпературна прикатодна плазма взаємодіє з іонізованим потоком плазми (іони та електрони), відштовхуючи зовнішній плазмовий потік. У результаті відкривається «вікно» в плазмовій оболонці для телеметрії. Генерування штучної плазми

відбувається порівняно просто щодо апаратної реалізації та досить енергоефективно, причому без втручання в зовнішню конструкцію КА. Але цей підхід має недолік. Річ у тім, що плазмова високотемпературна плівка нестационарна відносно КА, а тому через мінливу густину середовища, термогазодинамічні процеси та високу швидкість руху КА телеметричне «вікно» буде також нестабільне. За рахунок взаємодії позитивних іонів та електронів зі штучною плазмою сигнали телеметрії будуть спотворюватись.

Для створення завадостійкого середовища пропонується генерувати штучну плазму імпульсно. Цього достатньо для проходження радіосигналу, але недостатньо для поглинання внутрішньої плазми зовнішньою. Плазмовий низькотемпературний випромінювач, розташований у середині КА, не погіршує аеродинамічних властивостей, має невеликі габаритні розміри та ощадливе енергоспоживання.

Висновок

Поєднанням переваг застосування завадостійкого кодування та штучно створеної плазми від'ємного випромінювання винайдено інтегральний спосіб підвищення завадостійкості передавання інформації в системі організації зв'язку з КА.

Список використаної літератури

1. **Козелков, С. В.** Шляхи підвищення завадостійкості в радіомережі передачі інформації / С. В. Козелков, Д. П. Пашков, М. В. Коробчинський // Системи озброєння і військова техніка.— 2005.— № 2 (2).— С. 32–35.
2. **Макаренко, С. И.** Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты: монография / С. И. Макаренко, М. С. Иванов, С. А. Попов.— СПб.: Свое изд-во, 2013.— 166 с.

3. **Чердынцев, В. А.** Радиотехнические системы / В. А. Чердынцев.— Минск.: Вышэйш. шк., 1988.— 369 с.

4. **Гуткин, Л. С.** Проектирование радиосистем и радиоустройств / Л. С. Гуткин.— М.: Радио и связь, 1986.— 288 с.

5. **Варакин, Л. Е.** Системы связи с шумоподобными сигналами / Л. Е. Варакин.— М.: Радио и связь, 1985.— 364 с.

6. **Тейлор, М.** Радиосвязь через плазму при входе ракеты в атмосферу / М. Тейлор // Зарубежная радиоэлектроника.— 1968.— № 2.— С. 76–89.

7. **Коняхин, Г. Ф.** Устройство для передачи информации со спускаемого летательного аппарата / Г. Ф. Коняхин, А. Ю. Мелашенко, З. Ю. Литвина // Системи обробки інформації.— 2001.— № 5 (15).— С. 201–204.

8. **Бертсекас, Д.** Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер.— М.: Мир, 1989.— 544 с.

9. **Бондарев, В. Н.** Цифровая обработка сигналов: методы и средства / В. Н. Бондарев, Г. Трестер, В. С. Чернега.— Харьков: Конус, 2001.— 398 с.

10. **Коржавый, А. П.** О распределении потенциала в катодном слое тлеющего разряда / А. П. Коржавый, В. И. Кристья // Журн. техн. физики.— 1993.— Вып. 2.— С. 200.

11. **Von Engel, A.** Electric plasmas: their nature and uses / A. Von Engel.— London, Taylor and Francis, Ltd., 1983.— 254 p.

12. **Hantzsche, E.** Theory of the cathode case / E. Hantzsche, L. Wiczorek // Contributions from Plasmaphysics.— 1965.— Vol. 5, No 4.— P. 255–258.

13. **Smirnov, B. M.** Theory of Gas Discharge / B. M. Smirnov // Plasma Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics, Switzerland.— 2015.— P. 423.

Рецензент: доктор техн. наук, профессор **С. В. Козелков**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

A. V. Shefer

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ С КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ

Предложен интегральный способ повышения помехоустойчивости в радиосети, обеспечивающей передачу информации в системе организации связи с космическим аппаратом (КА). Выигрыш достигается сочетанием преимуществ помехоустойчивого кодирования и применения искусственно созданной плазмы отрицательного излучения. Проанализировано влияние частотно-селективных замираний на изменения радиосигнала с КА. Описан алгоритм построения помехоустойчивых кодов, позволяющий наиболее эффективно использовать свойства когерентного приема радиосигналов. Выбор варианта обработки каскадного кода следует осуществлять только в сочетании с определением протокола подтверждения и обратной связи. Лучшим — в плане обеспечения помехоустойчивости является интегральный способ создания телеметрической связи.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование; каскадный код; отражение радиоволны; низкотемпературная плазма; отрицательное излучение.

O. V. Shefer

AN INTEGRAL METHOD OF IMPROVING THE NOISE IMMUNITY OF INFORMATION TRANSMISSION IN THE SYSTEM OF COMMUNICATIONS WITH THE SPACECRAFT

An integral method of noise immunity increase in radio network transmitting in the system of communications with the spacecraft is proposed, based on the combination of the advantages of using error-correcting coding and artificially created plasma with negative radiation. The analysis of frequency selective fading influence on changes of a radio signal with SC is carried out. The algorithm of noise-proof codes which allow using properties of coherent acceptance of radio signals more effectively is described. The choice of handling the option of a cascade code can be performed only together with determination of the protocol's confirmation and feedback. The best, from quality's of providing a noise stability point of view, is the integrated method of creation telemetric communications.

Keywords: noiseproof codes; cascade code; reflection of radio waves; low-temperature plasma; negative radiation.

УДК 004.9

О. О. ІЛЬІН, канд. техн. наук, доцент,
Державний університет телекомунікацій, Київ

Модель оцінювання професійної активності науково-педагогічного персоналу на основі когнітивної карти подання показників

Визначено та обґрунтовано показники оцінювання науково-педагогічного персоналу (НПП) згідно з різними типами кафедр вищого навчального закладу. Запропоновано класифікацію кафедр для розподіленого оцінювання, в основу якої покладено врахування особливостей підготовки студентів різними кафедрами. Розроблено модель оцінювання професійної активності НПП на базі когнітивної карти подання відповідних показників.

Ключові слова: когнітивна карта; модель; професійна активність.

Вступ

Ліцензування нових спеціальностей, їх акредитація — це завдання, що набувають нового та особливо актуального значення з погляду наданої вищим навчальним закладам (ВНЗ), або вишам, автономії, у тому числі фінансової [1]. Нові спеціальності дозволяють вишам бути конкурентоспроможними на ринку освітніх послуг і виконувати головне завдання діяльності кожного вишу — забезпечувати підготовку конкурентоспроможного на ринку праці випускника, що є вагомим чинником конкурентоспроможності самого цього вишу.

Ліцензування та акредитація виступають як складові механізми державного регулювання діяльності вищих навчальних закладів на ринку освітніх послуг. Започаткування провадження освітньої діяльності у сфері вищої освіти за новою спеціальністю є розширенням провадження освітньої діяльності та підлягає ліцензуванню у встановленому порядку [2]. Під час ліцензування з'ясовується спроможність закладу освіти провадити освітню діяльність відповідно до встановлених вимог. На особливу увагу застосовують кадрові вимоги щодо забезпечення провадження освітньої діяльності у сфері вищої освіти [2, дод. 12]. Це характеристики НПП, необхідні для проведення ефективної навчально-виховної та наукової роботи зі студентами. Перелік показників оцінювання НПП становить базову сукупність характеристик його діяльності, які підлягають контролю з боку органів державної влади. Як правило, цей перелік може бути розширений залежно від цілей та вимог системи управління в тому чи іншому виші.

Із погляду державного регулювання освітньої діяльності додержання вимог ліцензування означає підтримання значень певних показників на рівні, не нижчому від заданого. А для деяких показників — забезпечення сталого зростання. Вибір показників, яким належить приділяти найбільшу увагу з погляду системи управління у виші, — питання далеко не просте з двох головних причин. Перша полягає в тому, що НПП згруповано по кафедрах, які мають різне призначення — випускові, забезпечувальні, загальноосвітньої підготовки тощо. Для кожного з типів кафедр актуальними можуть бути різні показники.

Друга причина — це те, що показники, згруповані за заданим принципом, у межах своєї групи рівноцінні. Утім згідно з вимогами ліцензування в кожній групі особливо вагоме значення повинен мати хоча б один показник. Але показники в одній групі не можуть бути рівноцінні для кафедр різного призначення. Це призводить до проблеми вибору: якому показнику з кожної групи є сенс приділяти особливу увагу.

Таким чином, постає актуальне завдання щодо визначення набору характеристик НПП, значення яких має одночасно задовольняти вимоги ліцензування та вимоги системи управління конкретним вишем.

Мета статті — запропонувати модель оцінювання професійної активності НПП на основі когнітивної карти, що розглядається як невід'ємна складова процесу надання конкурентоспроможних освітніх послуг.

Поставлене завдання пропонується розв'язати за допомогою експертних методів та когнітивного аналізу.

Основна частина

У сфері провадження освітньої діяльності вимоги до ліцензування встановлюють певні показники (нормативи) стосовно проведення науково-педагогічним персоналом усіх видів навчальних занять, здійснення наукового керівництва курсовими та дипломними роботами, дисертаційними досліджен-

нями тощо. В організаційних вимогах щодо провадження освітньої діяльності у сфері вищої освіти [2] вказано, що ліцензіат повинен додержувати цих вимог під час провадження діяльності у сфері вищої освіти. Іншими словами, для отримання ліцензії треба відповідати певним вимогам та підтримувати цю відповідність протягом усього терміну здійснення освітньої діяльності.

У [2, дод. 12, п. 6] зазначається, що науково-педагогічні працівники повинні підтверджувати рівень своєї наукової та професійної активності виконанням за останні 5 років не менш як трьох видів діяльності з переліку, що налічує 16 таких параметрів. Деякі параметри є складеними, тобто включають у себе кілька підпунктів, об'єднаних словосполученнями І/АБО, які можна інтерпретувати як логічні функції І/АБО. Це означає, що даний параметр задоволено, якщо задоволено хоча б один з його підпунктів. До таких складених параметрів належать пункти 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16.

Комбінації таких видів діяльності можуть бути достатньо різноманітні для кожного науково-педагогічного працівника. При цьому задовольнити встановлені вимоги можна будь-якою комбінацією з не менш ніж трьох параметрів. Але через наявність у кожному виші різних типів кафедр і додаткових пріоритетів стосовно вимог до якості навчального процесу слід більш ретельно підходити до аналізу всіх параметрів і приділяти особливу увагу найактуальнішим показникам. Отже, не всі з дозволених для НПП комбінацій вигідні для вишу, хоча всі можуть задовольняти вимоги ліцензування. Слід урахувати й такі неминучі кадрові процеси, як звільнення одних викладачів та прийняття на роботу інших. Зрештою згадані параметри можуть змінюватись під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів.

Організацію навчального процесу у виші покладено на кафедри. Для вишу 3-го і 4-го рівнів акредитації пропонується така класифікація кафедр:

- випускові кафедри, забезпечувальні кафедри;
- кафедри загальноосвітньої підготовки;
- кафедри, підготовка на яких виходить за межі забезпечення обов'язкових навчальних програм (дисципліни фізичного та духовного розвитку, військова підготовка тощо) (далі — кафедри додаткової підготовки).

Із погляду акредитації випускові й забезпечувальні кафедри мають однакові показники професійної активності НПП, тому вони не розглядаються як окремі класифікаційні одиниці.

Для оцінювання ступеня важливості того чи іншого показника використовують метод колективного експертного оцінювання. Методи ухвалення групових рішень на основі індивідуальних оцінок вивчаються вже понад 200 років [3; 4]. Особливість зазначеного така: у групі обраних експертів визначається фаховий рівень кожного експерта, що дозволяє більш об'єктивно оцінити результати самого експертного оцінювання. Докладно цей метод описано в [5], зазначимо лише, що кінцевий результат обчислення показника за допомогою N експертів визначається за формулою:

$$q_{yj} = \frac{\sum_{i=1}^N q_{ei}^{rj}}{N}, \quad (1)$$

де q_{ei}^{rj} — значення j -го показника, визначене i -м експертом, $i = 1, \dots, N$.

Процес ранжування здійснюється в кілька етапів [5]:

1. Формування списку кандидатів в експерти для кожного типу кафедр.
2. Виявлення суттєво різних точок зору і класифікація експертів.
3. Виявлення груп експертів, які не конфліктують.
4. Оцінювання умовної компетентності експертів.
5. Формування експертних комісій.
6. Формування початкового висновку експертних комісій.
7. Визначення узагальненого значення певного показника (за формулою (1)).

Об'єктами ранжування виступають показники з множини характеристик НПП. Основою ранжування є ступінь впливу показників на досягнення кафедрою своїх цілей. Експерти визначають значення показників на інтервалі [1, 10].

Результатом обробки є *когнітивна карта експертного оцінювання показників професійної активності НПП* (табл. 1).

Під когнітивною картою розуміємо деякі подання зв'язків (відношень у тій чи іншій формі), що існують між атрибутами (поняттями, концептами) у заданій предметній області знання [5]. Із цією метою значення показників, які належать інтервалу [1, 10], зінтерпретуємо через лінгвістичні концепти. Так, інтервал значень [1, 3] відповідає концепту «не актуально», інтервал значень [4, 7] — «рекомендовано», інтервал значень [8, 10] — «актуально». Результат такої інтерпретації унаочнюють табл. 2–4, де вміщено показники, що відповідають лінгвістичному концепту «актуально».

Таблиця 1

Ранги характеристик НПП

Номер ліцензійних умов	Випускові та забезпечувальні кафедри	Кафедри загальноосвітньої підготовки	Кафедри додаткової підготовки
1	8	10	4
2.1	10	7	4
2.2	8	4	3
2.3	8	4	1
3	10	5	9
4	9	8	4
5	8	10	9
6	7	9	4
7.1	7	4	3
7.2	7	5	4
7.3	9	6	2
7.4	7	2	3
7.5	6	5	4
7.6	6	6	5
7.7	9	4	4
7.8	10	5	3
8.1	10	8	7
8.2	8	6	4
8.3	10	6	5
8.4	7	10	3
9.1	8	10	6
9.2	7	9	8
9.3	2	1	8
9.4	1	6	8
9.5	1	6	8
9.6	1	6	9
10.1	3	3	3
10.2	3	3	3
11.1	8	5	4
11.2	7	4	3
12.1	10	7	6
12.2	8	6	5
13.1	6	6	4
13.2	4	5	3
14	10	10	8
15.1	10	7	5
15.2	10	9	6
15.3	4	4	10
16.1	6	9	9
16.2	6	9	4
16.3	7	9	5
16.4	5	9	6
16.5	1	1	10
16.6	1	1	10

Таблиця 2

Характеристики НПП, що мають актуальне значення для випускової кафедри

Номер ліцензійних умов	Характеристика НПП
1	Наявність наукової публікації в періодичному виданні, яке включено до наукометричних баз, зокрема Scopus або Web of Science Core Collection, рекомендованих МОН
2.1	Наявність наукових публікацій у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України
2.2	І/або наявність авторських свідоцтв
2.3	І/або наявність патентів (загалом п'ять досягнень)
3	Наявність виданого підручника чи навчального посібника, рекомендованого МОН, іншим центральним органом виконавчої влади або вченою радою закладу освіти, або монографії (у разі співавторства — із фіксованим власним внеском)
4	Наукове керівництво (консультування) здобувача, який одержав документ про присудження наукового ступеня
5	Участь у міжнародному науковому проекті/залучення до міжнародної експертизи, наявність звання «суддя міжнародної категорії»
7.3	Або робота у складі Акредитаційної комісії
7.7	Або робота у складі Науково-методичної ради/науково-методичних комісій з вищої освіти МОН
7.8	Або робота у складі робочих груп із розроблення стандартів вищої освіти України
8.1	Виконання функцій наукового керівника
8.2	Або виконання функцій відповідального виконавця наукової теми (проекту)
8.3	Або виконання функцій головного редактора/члена редакційної колегії наукового видання, включеного до переліку наукових фахових видань України
9.1	Керівництво студентом, який посів призове місце
11.1	Участь в атестації наукових кадрів як офіційного опонента
12.1	Присудження наукового ступеня доктора наук
12.2	Або присвоєння вченого звання професора
14	Наявність виданих навчально-методичних посібників/посібників для самостійної роботи студентів та дистанційного навчання/конспектів лекцій/практикумів/методичних вказівок/рекомендацій (загалом три найменування)
15.1	Присудження наукового ступеня доктора філософії
15.2	Або присвоєння вченого звання доцента

Таблиця 3

Характеристики НПП, що мають актуальне значення для загальноосвітньої кафедри

Номер ліцензійних умов	Характеристика НПП
1	Наявність наукової публікації в періодичному виданні, яке включено до наукометричних баз, зокрема Scopus або Web of Science Core Collection, рекомендованих МОН
4	Наукове керівництво (консультування) здобувача, який одержав документ про присудження наукового ступеня
5	Участь у міжнародному науковому проекті/залучення до міжнародної експертизи, наявність звання «Суддя міжнародної категорії»
6	Проведення навчальних занять іноземною мовою (крім мовних навчальних дисциплін) обсягом не менш як 50 аудиторних годин на навчальний рік
8.1	Виконання функцій наукового керівника
8.4	Або виконання функцій головного редактора/члена редакційної колегії іноземного рецензованого наукового видання
9.1	Керівництво студентом, який посів призове місце
9.2	Або робота у складі організаційного комітету/журі/апеляційної комісії Міжнародної студентської олімпіади/II етапу Всеукраїнської студентської олімпіади (Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт)/III–IV етапу Всеукраїнських учнівських олімпіад із базових навчальних предметів/II–III етапу Всеукраїнських конкурсів — захистів науково-дослідницьких робіт учнів — членів Малої академії наук
14	Наявність виданих навчально-методичних посібників/посібників для самостійної роботи студентів та дистанційного навчання/конспектів лекцій/практикумів/методичних вказівок/рекомендацій (загалом три найменування)
15.2	Або присвоєння вченого звання доцента
16.1	Керівництво студентом, який посів призове місце на I етапі Всеукраїнської студентської олімпіади (Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт)
16.2	Або робота у складі організаційного комітету/журі Всеукраїнської студентської олімпіади (Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт)
16.3	Або керівництво постійно діючим студентським науковим гуртком/проблемною групою
16.4	Або виконання обов'язків куратора групи

Характеристики НПП, що мають актуальне значення для кафедри додаткової підготовки

Номер ліцензійних умов	Характеристика НПП
3	Наявність виданого підручника чи навчального посібника, рекомендованого МОН, іншим центральним органом виконавчої влади або вченою радою закладу освіти, або монографії (у разі співавторства — із фіксованим власним внеском)
5	Участь у міжнародному науковому проєкті/залучення до міжнародної експертизи, наявність звання «Суддя міжнародної категорії»
9.2	Або робота у складі організаційного комітету/журі/апеляційної комісії Міжнародної студентської олімпіади/II етапу Всеукраїнської студентської олімпіади (Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт)/III–IV етапу Всеукраїнських учнівських олімпіад із базових навчальних предметів/II–III етапу Всеукраїнських конкурсів — захистів науково-дослідницьких робіт учнів — членів Малої академії наук
9.3	[Або]* керівництво студентом, який став призером Олімпійських, Паралімпійських ігор, Всесвітньої чи Всеукраїнської Універсиади, чемпіонату світу, Європи, Європейських ігор, етапів Кубка світу та Європи, чемпіонату України
9.4	[Або]* виконання обов'язків головного секретаря, головного судді, судді міжнародних та всеукраїнських змагань
9.5	[Або]* керівництво спортивною делегацією
9.6	[Або]* робота у складі організаційного комітету, суддівського корпусу
14	Наявність виданих навчально-методичних посібників/посібників для самостійної роботи студентів та дистанційного навчання/конспектів лекцій/практикумів/методичних вказівок/рекомендацій (загалом три найменш)
15.3	Або отримання документа про другу вищу освіту
16.1	Керівництво студентом, який посів призове місце на I етапі Всеукраїнської студентської олімпіади (Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт)
16.5	[Або]* керівництво студентом, який брав участь в Олімпійських, Паралімпійських іграх, Всесвітній чи Всеукраїнській Універсиаді, чемпіонаті світу, Європи, Європейських іграх, етапах Кубка світу та Європи, чемпіонаті України
16.6	[Або]* виконання обов'язків тренера, помічника тренера національної збірної команди України з видів спорту

Із наведених результатів ранжування експертами можна дійти таких висновків. Не всі характеристики НПП рівноцінні для різних типів кафедр. Для випускових кафедр актуальними є напрямки діяльності, пов'язані із підтриманням наукового та педагогічного потенціалу працівників на найвищому рівні. Для загальноосвітніх кафедр акцент зміщується до методичної та масової роботи зі студентами. Для кафедр додаткової підготовки актуальними є питання, пов'язані зі спортивними досягненнями. Тому для здійснення більш ефективних управлінських впливів у системі управління вишем необхідно враховувати згадані особливості.

Висновки

Управління показниками професійної активності науково-педагогічного персоналу важливе як із погляду задоволення вимог ліцензування, так і щодо ефективного управління вишем. Стосовно ефективного управління вишем, як показує результат проведеного дослідження, для різних типів кафедр актуальними є різні характеристики. Таким чином, отримано нові дані щодо врахування особливостей підготовки студентів різними кафедрами, які дозволять підвищити якість навчально-виховного процесу у виші.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про вищу освіту» № 1556-VII від 01.07.2014 р. [Електронний ресурс].— Режим доступу:

[http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1556-18\(01.02.2017\)](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1556-18(01.02.2017)).

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.12.2015 №1187 «Про затвердження Ліцензійних умов провадження освітньої діяльності закладів освіти».

3. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок.— 2-е изд. / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич.— М.: Статистика, 1980.— 263 с.

4. Литвак, Б. Г. Разработка управленческого решения: учебник.— 4-е изд., испр. / Б. Г. Литвак.— М.: Дело, 2003.— 392 с.

5. Бегма, В. М. Стратегічне управління військово-стратегічним співробітництвом в інтересах забезпечення воєнної безпеки України: монографія / [В. М. Бегма, О. М. Загорка, В. О. Косецов, В. М. Шемаєв].— К.: ІПНБ, НАОУ, 2005.— 228 с.

Рецензент: канд. фіз.-мат. наук, доцент В. В. Онищенко, Державний університет телекомунікацій, Київ.

О. О. Ильин

МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОЙ КАРТЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Определены и обоснованы показатели оценивания научно-педагогического персонала (НПП) согласно различным типам кафедр высшего учебного заведения. Предложена классификация кафедр для распределенного оценивания НПП, в основу которой положен учет особенностей подготовки студентов различными кафедрами. Разработана модель оценки профессиональной активности НПП на базе когнитивной карты представления соответствующих показателей.

Ключевые слова: когнитивная карта; модель; профессиональная активность.

O. O. Ilyn

THE MODEL FOR ASSESSING THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL STAFF BASED ON THE COGNITIVE MAP OF THE DELIVERY OF INDICATORS

Performance evaluation of educational personnel in the context of the departments of various kinds of higher education institution are defined and justified in this paper. The classification of the departments for the distributed evaluation of teaching staff is proposed. It takes into account the features of students training by different departments. Model of professional activity estimation of the teaching staff on the basis of cognitive map of indicators representation is developed.

Keywords: cognitive map; model; teaching staff activity.

УДК 621.371:523.164

В. Ф. ЗАЙКА, доктор техн. наук, доцент;

С. В. КОЗЕЛКОВ, доктор техн. наук, професор,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НЕЛІНІЙНОСТІ АМПЛІТУДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БОРТОВИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ

Запропоновано спосіб визначення впливу нелінійних процесів у радіоприймальних пристроях на показники якості функціонування бортових радіолокаційних систем космічних апаратів.

Ключові слова: динамічний діапазон; завадостійкість; радіолокаційна система; відношення сигнал/шум.

Вступ

Кардинальні геополітичні та соціально-економічні зміни, яких зазнає сучасний світ, актуалізували проблему підтримання національної безпеки кожної країни. Проте неухильне зростання вартості засобів збройної боротьби за одночасного загострення кризових явищ у національній економіці України спонукають до пошуку якомога раціональнішого використання технологій подвійного призначення. При цьому пріоритет має надаватися питанням щодо використання космічних апаратів подвійного призначення (КА ПП). Адже вони є ідеальним засобом постійного, глобального і надійного моніторингу навколишнього середовища, результати якого слід оперативно використовувати з метою планування заходів забезпечення національної безпеки, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і техногенних катастроф, а також для надання необхідної інформації іншим зацікавленим національним користувачам [1].

Основна частина

Аналіз характеристик різних типів бортових радіотехнічних комплексів КА (табл. 1) показує, що при виконанні завдань подвійного призначення радіотехнічні системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) матимуть суттєві переваги завдяки їх завадостійкості та застосовності за будь-яких природних умов.

Таблиця 1

Якісні характеристики основних типів систем дистанційного зондування Землі

Тип системи ДЗЗ	Якісні показники систем ДЗЗ		
	Потенційна точність, м	Усепогодність	Завадостійкість
Оптична	1...10	–	–
Лазерна	1...10	–	+
Радіотехнічна	1...10	+	+

© В. Ф. Зайка, С. В. Козелков, 2017

Радіотехнічні системи ДЗЗ реалізуються у вигляді бортових радіолокаційних станцій (БРЛС), потенційні характеристики яких суттєво обмежуються певною сукупністю внутрішніх і зовнішніх чинників, наведених у табл. 2 [2; 3].

Таблиця 2

Основні фактори, що визначають якість функціонування БРЛС ДЗЗ

Зовнішні фактори	Внутрішні фактори
Нестабільність умов поширення радіохвиль	Апаратурна надійність
Нестабільність параметрів орбіти КА	Нестабільність параметрів
Завади на вході радіоприймальних пристроїв	Обмеженість динамічного діапазону радіоприймальних пристроїв

Аналіз наведених факторів доводить, що найбільш впливовим фактором щодо якості функціонування БРЛС та їх завадостійкості є обмеженість динамічного діапазону реальних радіоприймальних пристроїв (РПП) унаслідок нелінійності їхніх амплітудних характеристик (АХ) [4].

Відповідна залежність може бути визначена в такий спосіб. Подамо вихідний сигнал вузькосмугового (відносно носійної частоти) РПП у вигляді усиченого ряду Вольтерра [5]

$$Y(f) \cong H_1(f)[S(f) + M(f)] + H_3(f_1, f_2, -f_3) \prod_{i=1}^3 [S(f_i) + M(f_i)], \quad (1)$$

коли фазові шуми з урахуванням властивості нелінійних функціоналів типу Вольтерра можуть бути визначені виразом [6]

$$\Delta\varphi = \arg \left\{ H_3(f_1, f_2, -f_3) \prod_{i=1}^3 [S(f_i) + M(f_i)] \right\}. \quad (2)$$

У частинному випадку, використовуючи знайдені за допомогою цього виразу характеристики фазових шумів, можна дати оцінку впливу нелінійності АХ РПП на показники якості функціонування БРЛС за відомими методиками [7].

Проте якщо фазові шуми суттєво впливають передусім на когерентні БРЛС, то амплітудні нелінійні спотворення погіршують функціонування практично всіх типів БРЛС. При цьому нелінійні властивості РПП даються взнаки через зниження рівня радіолокаційних сигналів та появу на виході БРЛС так званих нелінійних шумів — складових нелінійних спотворень у вихідному сигналі РПП. Це призводить до зниження відношення сигнал/шум на виході РПП щодо аналогічного відношення на його вході.

Утім аналітичні вирази, які дозволяли б інтегрально враховувати вплив усіх нелінійних ефектів у РПП на зміну вихідного відношення сигнал/шум, у відомій літературі не наводяться. Тому є сенс відносно зниження передатного коефіцієнта РПП визначити в такий спосіб:

$$R(f) = 1 - \left| \frac{H_3(f_1, f_2, -f_3) \{S(t)[S(f_1)S(-f_1) + M(f_1)M(-f_1)]\}}{H_1(f)[S(f) + M(f)]} \right|, \quad (3)$$

а нелінійні шуми описати виразом

$$J(f) = \left| \left\{ H_3(f_1, f_2, -f_3) \prod_{i=1}^3 [S(f_i) + M(f_i)] \right\}^* \right|. \quad (4)$$

Тут знак (*) означає, що в даному виразі відсутні складові, ураховані в чисельнику виразу (3).

Зрозуміло, що в цьому разі (3) характеризує нелінійні явища типу блокування («забиття») та зниження чутливості РПП, а (4) описує перехресні та інтермодуляційні шуми.

З урахуванням цього вираз для відшукання ефективного відношення сигнал/шум набирає вигляду

$$\rho_{\text{эф}}(f) = \frac{|S(f)|R(f)}{|N_0(f) + M(f)| + J(f)/|H_1(f)|} = \rho(f)\gamma(f), \quad (5)$$

де $N_0(f)$ — внутрішні шуми РПП, перераховані на його вхід;

$\rho(f) = [|S(f)|/|N_0(f) + M(f)|]$ — миттєве відношення сигнал/шум на вході РПП;

$\gamma(f)$ — коефіцієнт погіршення відношення сигнал/шум через нелінійність АХ РПП ($0 \leq \gamma \leq 1$).

Тоді числові значення коефіцієнта $\gamma(f)$ погіршення відношення сигнал/шум через нелінійність АХ РПП можуть бути визначені так:

$$\gamma(f) = \frac{|N_0(f) + M(f)|R(f)}{|N_0(f) + M(f)| + J(f)/|H_1(f)|}. \quad (6)$$

Висновок

Використання обчислених згідно з (5) і (6) значень показників ефективного відношення сигнал/шум на вході РПП або коефіцієнта $\gamma(f)$ погіршення відношення сигнал/шум внаслідок нелінійності АХ РПП дозволяє здійснювати системні дослідження щодо комплексного оцінювання впливу нелінійних процесів у БРЛС на показники якості їх функціонування.

Зокрема, відповідні результати можуть використовуватися для розробки загальної теорії точності вимірювально-інформаційних радіотехнічних засобів та дослідження ефективності телекомунікаційних систем з урахуванням їх нелінійних характеристик.

Список використаної літератури

1. **Зайка, В. Ф.** Виконання різнопланових тематичних завдань дистанційного зондування Землі багатосупутниковими низькоорбітальними системами подвійного призначення / [В. Ф. Зайка, К. С. Козелкова, Є. В. Гаврилко, М. П. Трембовецький, М. М. Степанов, С. В. Козелков] // Зв'язок.— 2015.— №4 (116).— С. 3–8.
2. **Козелков, С. В.** Підвищення завадостійкості контрольно-коригувальних станцій супутникових радіонавігаційних систем з урахуванням впливу дестабілізуючих факторів / [С. В. Козелков, Н. В. Коршун, В. Ф. Зайка, М. М. Степанов] // Зв'язок.— 2015.— №3 (115).— С. 3–6.
3. *AIAA 11th Communication satellite systems-conferens.— San Diego, California, 1986.— P. 298–307.*
4. **Букингом, М.** Шумы в электронных приборах и системах: пер. с англ. / М. Букингом.— М.: Мир, 1986.— 399 с.
5. **Мороз, И. В.** Метод определения нелинейной передаточной функции многомерных радиоприемных устройств бортовых радиолокационных станций на основе использования «нелинейных входных сигналов» / И. В. Мороз, В. Ф. Зайка, С. В. Козелков // Телекоммуникаційні та інформаційні технології.— 2016.— № 2.— С. 11–16.
6. **Пупков, К. А.** Функциональные ряды в теории нелинейных систем / К. А. Пупков, В. И. Капалин, А. С. Ющенко.— М.: Наука, 1978.— 448 с.
7. **Тихонов, В. И.** Нелинейные преобразования случайных процессов / В. И. Тихонов.— М.: Радио и связь, 1986.— 296 с.

Рецензент: доктор техн. наук, ст. наук. співробітник **В. С. Наконечний**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

V. F. Zaika, S. V. Kozelkov

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕЛИНЕЙНОСТИ АМПЛИТУДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

На основе анализа факторов, определяющих качество функционирования бортовых радиолокационных систем космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, выведена зависимость динамического диапазона существующих радиоприемных устройств от нелинейности их амплитудных характеристик. Предложены способы расчета коэффициента снижения отношения сигнал/шум вследствие нелинейности амплитудных характеристик радиоприемных устройств разных типов.

Ключевые слова: динамический диапазон; помехоустойчивость; радиолокационная система; отношение сигнал/шум.

V. F. Zaika, S. V. Kozelkov

DETERMINATION OF THE EFFECT OF NON-LINEARITY OF AMPLITUDE CHARACTERISTICS ON THE QUALITY INDICATORS OF FUNCTIONING OF ONBOARD RADARS

The analysis of the factors determining the quality of the functioning of on-board radar systems, satellites for Earth remote sensing was held. The dependence of the dynamic range of existing radio receivers from the non-linearity of amplitude characteristics was determined. Methods for calculating the coefficient of reduction of signal/noise ratio due to the nonlinearity of the amplitude characteristics of different types of radio receivers were suggested.

Keywords: dynamic range; immunity; radar; reduction of signal/noise.

УДК 621.391

Е. О. ПОПОВСКАЯ;

Н. В. МОСКАЛЕЦ,

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Фрагментация TV-контента в P2P-сетях при помощи процедуры динамического программирования

Предложена процедура оптимизации процесса фрагментации видеоконтента в одноранговых P2P-сетях, базирующаяся на использовании математической авторегрессионной модели. Для отбора фрагментов и минимизаций потерь применен метод динамического программирования с аддитивным критерием.

Ключевые слова: авторегрессионная модель; TV-контент; P2P-сети; оптимизация.

Введение

Доставка TV-контента через интернет при помощи одноранговых P2P-сетей приобретает все большую популярность. При этом живое потоковое видео обладает неоспоримым преимуществом по сравнению с видео по запросу, поскольку предоставляет услугу в реальном времени. Качество услуги зависит от скорости скачивания контента (download) и скорости его загрузки (upload).

Пользователи (пиры) P2P-сетей могут загружать порции данных как от сервера, так и друг от друга. При обмене буферными картами каждый пользователь получает информацию о том, какие порции данных имеются у того или иного пир-пользователя и какие он готов загрузить. Таким образом, одновременно имеется несколько предложений (выборка) для загрузки нужной информации. Количество этих предложений может варьировать, ограничиваясь или соответствующим протоколом планировщика, или числом пиров, образующих тот или иной кластер. Вместе с тем количество предложений не может быть чрезмерно большим, ибо тогда падает пропускная способность сети. Поэтому модуль оверлея ограничивает число возможных соединений, тогда как контрольный модуль выступает в роли менеджера по отношению к планировщику и оверлею, обеспечивая мониторинг обмена видео и сигнальной информацией. Каждый медиапоток в сети разделяется на фрагменты, размеры которых могут быть равными или различными — в зависимости от протокола P2P [1; 2]. При этом динамика процедуры скачивания кроме прочих причин (количества и качества предложенных вариантов, фрагментов, ограничений пропускной способности и др.) определяется тем, насколько четко осуществляется упорядочение самих фрагментов.

Основная часть

Постановка задачи

Скачивание файла является дискретно-непрерывным процессом $X_t^N = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, где x_i — i -й фрагмент, выбранный из m -го класса предложенных фрагментов. Качество и время доставки, а также длительность каждого из фрагментов случайны и различны [3; 4].

Для обеспечения гладкого проигрывания необходимо упорядочить последовательность фрагментов в буфере согласно тому, как они поступают потребителю. Кроме того, между фрагментами не должно быть пауз и они не могут набегать друг на друга.

Очевидно, в качестве математической модели обрабатываемого файла может быть использовано уравнение авторегрессии, коэффициенты φ_i , $i = 0, \dots, n$, которого пребывают под управлением марковской цепи с m состояниями [4]:

$$x(t) = \varphi_0(h_t) + \sum_{i=1}^n \varphi_i(h_t) x_{t-i} + b(h_t) \xi_t, \quad (1)$$

где ξ_t — выборка из гауссова белого шума; $b(h_t)$ — уровень шума; $H_{iN} = h_1, h_2, \dots, h_N$ — состояния последовательности, управляющей параметрами сдвига и масштаба соответствующих фрагментов.

Пусть $p(h_t / h_{t-1}) = q(h_{t-1}, h_t)$ — условная вероятность перехода из состояния h_{t-1} в состояние h_t , значения которой представляют собой элементы матрицы переходов $Q = \{q(h_{t-1}, h_t)\}$.

Логично поставить задачу нахождения оптимальных значений состояний $\hat{H}_{iN} = \hat{h}_1, \hat{h}_2, \dots, \hat{h}_N$ упорядочивающих последовательность фрагментов в соответствии с требованиями потребителя. В качестве критерия оптимизации выберем такой набор параметров h_t , при котором на интервале $t \in (1, N)$ будет обеспечиваться минимум функционала

$$Y(H_0^N) = d_0(h_0) + \sum_{t=1}^n [a_t(h_t) + \alpha(h_{t-1}, h_t)], \quad (2)$$

где $d_0(h_0)$ — исходное вероятное значение нулевого отсчета принадлежности к данному классу выборки, $h_0 = 1, 2, \dots, m$,

$$a_t(h_t) = \frac{1}{2b^2(h_t)} \left[x_t - \varphi_0(h_t) - \sum_{i=1}^n \varphi_i(h_t) x_{ti} \right]^2 - \text{biq}(h_{t-1}, h_t). \quad (3)$$

При этом

$$\alpha_t(h_{t-1}, h_t) = \ln \frac{q(h_t, h_t)}{q(h_{t-1}, h_t)} = \ln \frac{p(h_t / h_t)}{p(h_t, h_{t-1})}. \quad (4)$$

Очевидно, при $h_{t-1} = h_t$ значение $\alpha(h_{t-1}, h_t) = 0$, а в остальных случаях α имеет смысл штрафной функции, зависящей от степени несовпадения соседних отсчетов фрагментов.

Величина $a_t(h_t)$ имеет смысл несогласованности значений параметров фрагмента на участке $t - n \leq s \leq t$ с прогнозируемыми.

Решение задачи

Данную оптимизационную задачу будем решать методом динамического программирования.

В предположении гауссовости закона распределения коэффициентов авторегрессии условная априорная вероятность появления комбинации $H_t^N = (h_1, h_2, \dots, h_N)$ определяется переходными вероятностями марковской цепи

$$f(\chi_1^n / \chi_{-n+1}^0, H_1^N) = \prod_{t=1}^N f(x_t / x_{t-1}, h_t) = \prod_{t=1}^N \frac{1}{b(h_t) \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2b^2(h_t)} \left[x_t - \varphi_0(h_t) - \sum_{i=1}^n \varphi_i(h_t) x_{t-i} \right]^2 \right\}. \quad (5)$$

Логично предположить гауссовский характер плотности вероятности начального значения $d_0(h_0)$, которое можем представить в виде $d_0(h_0) = -\ln p(h_0)$, где $p(h_0)$ — априорная вероятность возможных исходных состояний марковской цепи. В этом случае минимум функционала $Y(H_0^N)$ соответствует максимуму апостериорной вероятности комбинаций фрагментов для данной реализации [5]

$$\hat{H}_0^N = \arg \min_{H_0^N} Y(H_0^N) = \arg \min_{H_0^N} \ln p(H_0^N / \chi_1^n) = \arg \max_{H_0^N} \left[\ln p(h_0) + \ln p(H_1^N / h_0) \right] = \ln f(\chi_1^n / \chi_{n+1}, H_1^N). \quad (6)$$

Здесь $p(H_1^N / h_0) = \prod_{t=1}^N q(h_{t-1}, h_t)$ — условная априорная вероятность появления комбинации фрагментов

$X_i^N = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, составленных из m предлагаемых различными пирами вариантов.

Построение оптимальной фрагментации. Определим последовательность функций с учетом временного дискретного аргумента:

$$d_t(h_t) = \min_{H_0^{t-1}} \left\{ d_0(h_0) + \sum_{s=1}^{t-1} a_s(h_s) + \alpha(h_{s-1}, h_s) + a_t(h_t) + \alpha(h_{t-1}, h_t) \right\}, \quad t = 1, 2, \dots, N. \quad (7)$$

Данная величина $d_t(h_t)$ показывает, какое минимальное значение критерия $Y(H_0^N)$ может быть достигнуто на последовательности фрагментов до $(t-1)$ -го включительно, если зафиксировать состояние h_t последнего фрагмента. Очевидно, что минимум последнего значения $d_N(h_N)$, $h_N = 1, 2$, совпадает с минимальным значением критерия $Y(H_0^N)$:

$$\min d_N(h_N) = \min Y(H_0^N). \quad (8)$$

Если H_0^N — последний фрагмент оптимальной последовательности, то

$$\hat{h}_N = \arg \min d_N(h_N). \quad (9)$$

Вычислим последовательно векторы значений $d_{t+1}(h_{t+1})$ для соответствующих моментов времени $t = 0, 1, \dots, N-1$, начиная с $d_0(h_0)$, по правилу:

$$d_{t+1}(h_{t+1}) = \min_{h_t} [d_t(h_t) + a_t(h_t) + \alpha(h_t, h_{t+1})]. \quad (10)$$

При этом целочисленные величины

$$K_{t+1}(h_{t+1}) = \arg \min \{d_t(h_t) + a_t(h_t) + \alpha(h_t, h_{t+1})\} \quad (11)$$

образуют прямоугольную матрицу K_t^N , в которой на N столбцах размещаются упорядоченные по времени значения $\hat{H}_0^N = (\hat{h}_0, \hat{h}_1, \dots, \hat{h}_N)$. Количество строк соответствует значениям m , представленным для выбора на каждом шаге фрагментации.

Соответствующие значения \hat{h}_t находятся из рекурсивной формулы

$$\hat{h}_t = K_{t+1}(\hat{h}_{t+1})$$

с начальным условием (9).

Таким образом, оценка оптимальных значений \hat{h}_t принимается в обратном порядке: $t = N, N-1, \dots, 1, 0$ после вычисления в прямом порядке элементов — столбцов матрицы K_i^N , которые содержат mN целых чисел — медиафрагментов.

О числе возможных вариантов из теории известно [4], что задача оптимальной фрагментации чрезвычайно громоздка и с увеличением числа предлагаемых вариантов m выбора проблематично решение ее в реальном времени. Вполне доступными оказываются решения при $m = 1; 2; 3$. Из теории автовыбора также известно [5], что переход от однократного выбора к двухкратному позволяет уменьшить вероятность $P_{\text{ош}}$ ошибки с $P_{\text{ош}} = 10^{-2}$ до $P_{\text{ош}} = 10^{-4}$. Дальнейшее увеличение кратности привносит все меньший рост эффективности в принятии решений. Поэтому выбор $m = 2$ для задач фрагментации вполне приемлем.

С учетом $m = 2$ остается уточнить в выражении функционала (2) значение функций под знаком суммы, куда будут входить лишь два аргумента.

Выводы

1. Дискретно-непрерывная математическая авторегрессионная модель фрагментации файлов, считаваемых потребителем в P2P-сети потокового часового видео, адекватно отображает процесс скачивания.

2. В качестве процедуры оптимизации решения задачи фрагментации предлагается метод динамического программирования, где как критерий использована аддитивная штрафная функция, минимизирующая потери на стыках фрагментов и осуществляющая выбор лучшего из предложенных фрагментов.

3. В силу громоздкости вычислительных процедур предлагается ограничить численность выбора одного из двух, что одновременно позволит экономить ресурсы сети.

Список использованной литературы

1. **IETF REC 6972: Problem Statement and Requirements of the Peer-To-Peer Streaming Protocol (PPSP)**. [Электронный ресурс].— Режим доступа:

<http://datatracker.ietf.org/doc/zfc6972/>

2. **IETF Survey of P2P Streaming Applications** [Электронный ресурс].— Режим доступа:

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-PPSP-survey/>

3. **Гайдамака, Ю. В. Модель буферизации данных в потоковых P2P-сетях / Ю. В. Гайдамака, А. К. Самуйлов // ВСПУ-2014.— М., 2014.— С. 8656–8666.**

4. **Коган, И. А. Оптимальная сегментация структурных экспериментальных кривых на основе метода динамического программирования / И. А. Коган // АуТ.— 1988.— №7.— С. 146–156.**

5. **Popovskij, V. Control and Adaptation in Telecommunication Systems / V. Popovskij, A. Barkalov, L. Titarenko.— Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.— P. 173.**

6. **Москалец, Н. В. Оптимизация суммарного взвешенного времени обслуживания в пиринговой сети / Н. В. Москалец, Е. О. Поповская.**

Рецензент: доктор техн. наук, ст. науч. сотрудник **М. Н. Степанов**, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

О. О. Поповська, М. В. Москалець

ФРАГМЕНТУВАННЯ TV-КОНТЕНТУ В P2P-МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОЦЕДУРИ МАТЕМАТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Запропоновано процедуру оптимізації фрагментування відеоконтенту в однорангових P2P-мережах, яка базується на використанні математичної авторегресійної моделі. Для добору фрагментів і мінімізації втрат застосовано метод динамічного програмування з адитивним критерієм.

Ключові слова: авторегресійна модель; TV-контент; P2P-мережі; оптимізація.

E. O. Popovskaya, M. V. Moskalets

TV CONTENT FRAGMENTATION IN P2P NETWORKS WITH THE HELP OF THE MATHEMATICAL PROGRAMMING PROCEDURE

The TV content fragmentation optimization procedure in one-rank networks based on the autoregression mathematical model is proposed.

Keywords: autoregression model; TV content; P2P networks; optimization.

УДК 621.391

А. Л. НЕДАШКОВСКИЙ, канд. техн. наук, доцент,
Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Применение METRO ETHERNET сетей как транспортных в 4G/5G

Рассмотрены проблемы, касающиеся современных мобильных сетей. Проанализированы различные транспортные технологии, способные обеспечить необходимую скорость передачи, заданные параметры качества обслуживания, а также надежность и управляемость операторского класса. Приведена перспективная схема единой общенациональной IP-MPLS сети, которая призвана сыграть важную роль в объединении проводных и беспроводных сетей, в том числе мобильных, таких как 2G/2,5G/3G/4G и 5G.

Ключевые слова: Metro Ethernet; Carrier Ethernet; сети 4G/5G; параметры качества услуг; надежность.

Введение

Инфраструктура для систем сотовой связи изначально должна была обеспечивать коммутацию каналов голосового трафика, а поддержка передачи данных в этих сетях не предусматривалась. Но услуги сегодня все больше ориентированы на данные, и даже голос транспортируется по сетям передачи данных.

Постановка задачи и ее решение

Мобильные приложения выставляют сегодня жесткие требования к параметрам качества услуг QoS (Quality of Service) и поддержания соглашений об уровне услуг SLA (Service Level Agreement). Надлежащие SLA обеспечивают гарантированный битрейт, низкую задержку для услуг реального времени, прежде всего VoIP, видео по запросу и приложений, требующих большой пропускной способности. При этом надежность должна быть на уровне «пяти девяток». Мобильные сети столкнулись с проблемой эволюции и перехода на службы, ориентированные на передачу данных и способные предоставлять весь спектр услуг, таких как передача голоса, данных, видео, а также других дополнительных услуг типа мобильного телевидения, игровых интернет-приложений, видео по запросу (VoD) и музыки по требованию (MOD), причем все это по единой транспортной сети — для минимизации расходов.

Чтобы интегрировать все эти услуги, необходима экономически эффективная технология транзитной передачи. Выбор, существующий на данный момент, — это сети TDM и ATM, которые, однако, не являются экономически эффективными. Они способны обслуживать трафик с невысокой скоростью передачи, что пока еще более или менее удовлетворяет клиента. Давайте выясним, почему TDM и ATM транспортные сети неминуемо утратят популярность в долгосрочной перспективе, и назовем альтернативную, более эффективную технологию.

Транспортные сети TDM и ATM

Существующие мобильные технологии, такие как 2G/2,5G, использовали сети с временным раз-

делением каналов (TDM сети) в качестве транспортных, исходя, прежде всего, из соображений надежности. Однако этот подход не является экономически эффективным, когда требуется обеспечить высокую скорость передачи данных, а также видео и других услуг с добавленной стоимостью.

Беспроводные провайдеры уже сейчас признают необходимость поддержки функциональности операторского класса в транспортных сетях (например, QoS, масштабируемость, эффективная система административного управления (ОАМ — Operations Administration and Management), не забывая о стоимостных характеристиках. Именно поэтому указанные провайдеры вначале выбрали технологию ATM для транспортных соединений.

Однако сети ATM сопряжены со слишком большим количеством ручной работы, не предлагая масштабируемого решения, позволяющего поддерживать объемы пропускной способности, имеющие место в сетях 3,5G (HSPA+), 4G (LTE/WiMAX/Wi-Fi) и, тем более, 5G.

Для того чтобы обеспечивалось развитие в направлении All-IP сетей, необходимо найти эффективный способ построения транспортной сети операторского класса.

При этом сеть должна поддерживать надежность на уровне «пяти девяток».

Какая технология может стать правильным кандидатом? Оказывается, Ethernet является самым удачным выбором.

Покажем, почему Ethernet — наиболее подходящее решение для организации транспорта мобильного трафика в сетях 4G и 5G.

Ethernet как транспортная сеть — обоснованный выбор

Ethernet является преобладающей технологией, используемой в корпоративных локальных вычислительных сетях (ЛВС). Она, отличаясь простотой в установке и обслуживании, доказала свою эффективность как недорогая технология передачи данных, которая, однако, в нынешнем виде не приемлема для мобильного транспорта, требующего строгого поддержания QoS и возможностей ОАМ.

© А. Л. Недашковский, 2017

Технологія **Ethernet** операторського класу (*Carrier Ethernet*), стандартизована **MEF 22** (*Metro Ethernet Forum*, версія 22) [1], визначає різні послуги локальних мереж, такі як **E-Line** (*Ethernet Virtual Circuit*: віртуальна виділена лінія з топологією точка-точка), **E-LAN** (*Ethernet LAN*: віртуальна виділена ЛВС з топологією багаточка-багаточка) і **E-TREE** (*Ethernet Tree*: віртуальне виділене дерево з топологією точка-багаточка), що робить звичайний Ethernet незвичайно надійним, добре випробуваним і перевіраним рішенням з функціями Ethernet OAM управління з'єднаннями і відхиленнями, порівнюваними з можливостями TDM, SDH/SONET в світі технологій операторського класу.

Розглянемо найбільш широко використовувані способи розгортання транспортних Ethernet мереж.

Микроволновий пакетний радіодоступ

Для віддалених вузлів NodeBs/eNodeBs, де провідної або оптичної доступності не представляється можливим, можна використовувати микроволновий пакетний радіодоступ як транспортну мережу. Многочисленний VLAN трафік (*Multiple VLAN — Multiple Virtual Local Area Network*) з вузлів NodeB/eNodeBs доставляється на основі пакетної комутації микроволновими системами, здатними забезпечувати швидкість передачі порядку 180 ... 220 Мбіт/с. До шести вузлів NodeB з гарантованою швидкістю передачі (CIR — *Committed Information Rate*) 30 Мбіт/с або 2 eNodeBs можуть бути об'єднані за допомогою єдиного микроволнового пакетного радіодоступу на рівні попередньої агрегації трафіку.

GPON/NG-PON/10G-PON доступ

Для густонаселених територій (наприклад, для міст) пакетний радіодоступ уже не є хорошим вибором, так як не забезпечує необхідної прямої видимості (LoS — *Line of Sig*). Висотні будівлі блокують або спотворюють СВЧ сигнали. Таким чином, в великих містах висока продуктивність, економічна ефективність, необхідне якість передачі можуть бути забезпечені на основі технологій GPON. Системи GPON, засновані на топології точка-багаточка, використовують оптичне лінійне завершення OLT (*Optical Line Terminal*) в «корні» PON-дерева і оптичні мережні завершення ONU (*Optical Network Units*) в його «листях». Вузли NodeBs підключаються до ONU через коммутатори Ethernet. Агрегований вихідний трафік до всіх вузлів NodeBs і з них обробляється з високою швидкістю — від 1 до 10 Гбіт/с (GbE — *Gigabit Ethernet*), залежно від трафіку, генерованого вузлами NodeBs. OLT додатково може

забезпечувати резервування завдяки організації двох вихідних оптичних з'єднань, прокладених по різних фізичних трасах.

Система GPON розгортається на основі розгалуження одного оптичного волокна з використанням пасивних оптичних розгалужувачів (PSCs — *Passive Optical Splitters*). Вихідний трафік в напрямку вузлів NodeBs передається в широкодіапазонному режимі, а вихідний трафік використовує мультиплексування з тимчасовим розділенням каналів (TDMA).

В стандарті ITU-T G.984.6 [2] визначено пропускна здатність системи GPON 2,488 Гбіт/с для вихідного напрямку і 1,244 Гбіт/с для вихідного. Система GPON в загальному випадку може забезпечити дальність зв'язу до 20 км або до 60 км з використанням спеціальних систем дальнього дії.

GPON є економічно ефективною технологією з розгалуженою вбудованою системою OAM і механізмами забезпечення QoS. GPON також підтримує VLAN для передачі множини потоків трафіку з різним рівнем QoS для кожного з них. Майбутні мережі PON, такі як NG-PON і 10G-PON, можуть підтримувати швидкості до 10 Гбіт/с.

Ethernet поверх SDH мереж доступу (EoSDH: Ethernet over SDH Access)

Вузли NodeBs, розташовані за межами дальності зв'язу згаданих технологій, можуть використовувати схему передачі Ethernet пакетів в складі SDH потоків (*Ethernet over SDH*) на участку попереднього агрегування транзитного з'єднання. При цьому кадри Ethernet прозорко переносяться системами SDH/DWDM і доставляються до точки агрегації (Aggregation) Metro Ethernet мережі.

Metro Ethernet грає найважливішу роль в зменшенні затримки і підвищенні надійності мережі, забезпечуючи захист, стійкість до відмови і високу доступність порівняно з традиційними системами передачі на основі SDH/DWDM. Metro Ethernet є чистою (однорідною) IP-мережею, надаючи послуги 2-го і 3-го рівня моделі взаємодії відкритих систем (Layer 2 або Layer 3 Services) за допомогою функцій L2VPN/L3VPN технології MPLS з багатьма можливостями OAM. Резервування за схемою 1+1 забезпечується на рівні агрегації (Aggregation Stage) шляхом передачі транзитних потоків типу EoSDH або GPON в вихідному напрямку через два граничних маршрутизатора (PEs — *Provider Edge Routers*) Metro Ethernet мережі.

Розглянемо особливості застосування технології Metro Ethernet в мобільних мережах 2G/2,5G перших версій, а також в All-IP мережах 2G/2,5G/3G/4G останніх версій.

Транспортная сеть в первых версиях 2G/2,5G и 3G сетей

Сети 2G и 2,5G, основанные на GSM/EDGE или CDMA-системах, используют TDM в качестве основного способа транзитного соединения для подключения базовых приемо-передающих станций (BTS — *Base Transceiver Station*) к базовой сети (Core Network). Поскольку полоса пропускания, необходимая для этих базовых станций, не превышает 5 Мбит/с, то наличие двух или трех каналов E1 вполне достаточно. Типичная схема транспортной сети в устаревших версиях 2G/2,5G с использованием общепринятых терминов и аббревиатур приведена на рис. 1.

Локальная IP-сеть обрабатывает GPRS трафик перед его передачей в сеть Интернет.

All-IP транспортные сети в системах 3G основываются на технологии UMTS. Узлы NodeB или базовые станции 3G сетей требуют пропускную способность порядка 15-30 Мбит/с в тех сотах, где не поддерживается режим HSPA (*High Speed Packet Access*).

Если HSPA поддерживается, то потребность узлов NodeB возрастает до 42 Мбит/с и выше, чтобы быть в состоянии обрабатывать дополнительный мультимедийный трафик клиентов. При этом, как правило, все узлы NodeB имеют минимум один интерфейс Fast Ethernet (FE) и поддерживают технологию VLAN.

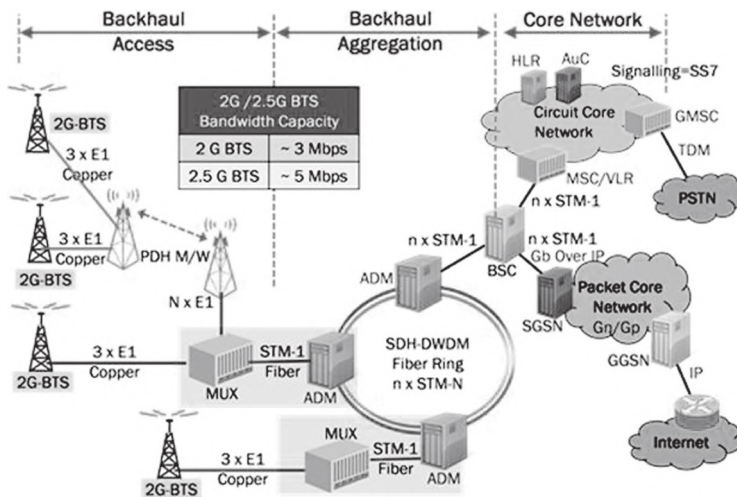


Рис. 1. Транспортная сеть в устаревших версиях мобильных сетей поколений 2G и 2,5G

Отметим, что GPRS трафик в контроллерах базовых станций BSC (BSC — *Base Station Controller*) обрабатывается одним из трех способов:

- 1) отдельным ядром пакетной сети (*Packet Core*), работающим на основе технологии IP;
- 2) узлами обслуживания абонентов пакетной сети передачи данных (SGSN — *Serving GPRS Support Node*);
- в) узлами обслуживания абонентов GPRS (GGSN — *GPRS Gateway Support Node*).

Транспортная сеть и сеть ядра в 2G/2,5G/3G/4G сетях

Унифицированная единая транспортная сеть и сеть ядра, работающая в гибридном окружении систем 2G, 2,5G, 3G и 4G, в общепринятых терминах и аббревиатурах изображена на рис. 2. В данном случае транспортные сети уровня доступа, предварительной агрегации и агрегации строятся по способам, описанным в данной статье. Например, в сетях 2G и 2,5G ранних версий применяются

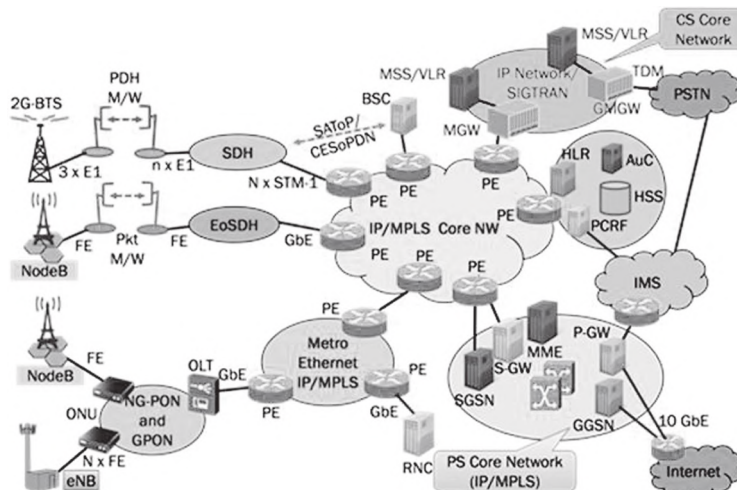


Рис. 2. Унифицированная единая транспортная сеть и сеть ядра в окружении систем 2G, 2,5G, 3G и 4G

микроволновые системы PDH, SDH и IP-MPLS на уровнях доступа, предварительной агрегации и агрегации. При этом узлы NodeB в 3G UMTS используют системы микроволнового пакетного радиодоступа, EoSDH и IP-MPLS или GPON-Metro Ethernet и IP-MPLS сети на уровнях доступа, предварительной агрегации и агрегации единой транспортной сети.

Выводы

◆ Создание единой общенациональной IP-MPLS сети — задача вполне разрешимая. Указанная сеть сыграет важную роль в объединении всех компонентов беспроводных сетей, в том числе и мобильных — как 2G/2,5G/3G/4G, так и 5G. Трафик данных, голосовой трафик, трафик сигнализации, мониторинга, управления и мультимедийный трафик на основе протокола IP (IMS — *IP Multimedia Subsystem*) может быть транспортирован при помощи унифицированной единой общенациональной IP-MPLS сети.

Традиционный TDM трафик сетей 2G/2,5G при этом может передаваться с использованием таких механизмов, как неструктурированная передача TDM трафика в пакетных сетях (SAToP — *Structure-Agnostic TDM over Packet*) или эмуляция выделенных каналов в сетях с коммутацией пакетов (CESoPSN — *Circuit Emulation Service over Packet Switched Network*) по общенациональной IP-MPLS сети, если BSCs и BTSs расположены в разных городах.

◆ Будущее транспортных сетей на базе технологии Ethernet представляется весьма перспективным. Уже в наши дни самая высокая скорость

Ethernet достигла 100 Гбит/с — значения, вполне достаточного для следующих поколений мобильных сетей 4G и 5G. Кроме того, сегодня, прежде чем линии 40G/100G станут широко применяться операторами связи, начались работы по стандартизации следующего, более высокоскоростного интерфейса 400 Гбит/с [3]. Этим подтверждается, что транспортные сети на базе технологии Ethernet еще долго будут наиболее эффективным способом организации транспортных сетей, обеспечивающим высочайшие скорости, равные сотням мегабит в секунду, как главную предпосылку повышения уровня удовлетворенности клиентов качеством предоставляемых услуг.

Список использованной литературы

1. **MEF 22** (*Metro Ethernet Forum версия 22*) [Электронный ресурс].— Режим доступа: https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_22.1.pdf (14.02.2017г.).
2. **ITU-T G.984.6: SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS** *Digital sections and digital line system — Optical line systems for local and access networks Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Reach extension* [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.6-200803-I/en> (14.02.2017).
3. **IEEE P802.3bs Baseline Summary extension** [Электронный ресурс].— Режим доступа: http://www.ieee802.org/3/bs/baseline_3bs_0715.pdf (14.02.2017г.).

Рецензент: доктор техн. наук, профессор **А. И. Семенко**, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

О. Л. Недашківський

ЗАСТОСУВАННЯ METRO ETHERNET МЕРЕЖ ЯК ТРАНСПОРТНИХ У 4G/5G

Розглянуто проблеми, що стосуються сучасних мобільних мереж. Проаналізовано різні транспортні технології, здатні забезпечити необхідну швидкість передавання, задані параметри якості обслуговування, а також надійність і керованість операторського класу. Наведено перспективну схему єдиної загальнонаціональної IP-MPLS мережі, яка має відіграти важливу роль в об'єднанні провідних і безпроводових мереж, включаючи мобільні мережі, такі як 2G/2,5G/3G/4G і 5G.

Ключові слова: Metro Ethernet; Carrier Ethernet; мережі 4G/5G; параметри якості послуг; надійність.

O. L. Nedashkivskyi

APPLICATION OF METRO ETHERNET NETWORK AS TRANSPORT FOR 4G/5G

The article deals with the problems faced by today's mobile networks. We analyzed the different technologies of transport networks, which are able to provide the required rate, given the quality of service parameters, reliability and manageability of carrier-class. A perspective diagram of a single nationwide IP-MPLS network, which will play an important role in bringing together wired and wireless networks, including wireless networks like 2G/2,5G/3G/4G, and 5G.

Keywords: Metro Ethernet; Carrier Ethernet; 4G/5G network; quality of service; reliability.

УДК 004.715

К. П. СТОРЧАК, канд. техн. наук, доцент;

Т. П. ДОВЖЕНКО, аспірант,

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Исследование сети TCP/IP с применением программного каркаса ERLANG/OTP

Рассмотрен программный каркас (фреймворк) Erlang/OTP и проведено исследование сети TCP/IP с применением данного фреймворка.

Ключевые слова: Erlang/OTP; PI; RED; AQM; TCP/IP-протокол.

Введение

Значительный рост скоростей каналов передачи данных неизбежно приводит к возникновению заторов в телекоммуникационной сети. Пакетная коммутация позволяет повысить эффективность использования каналов, но при этом приводит к снижению надежности доставки. При перегрузке канала с пакетной коммутацией данные на входе канала не смогут поместиться во входной буфер и будут сброшены. Для обеспечения гарантированной доставки пакетов по каналам без гарантированной доставки были разработаны специальные протоколы, одним из которых является протокол TCP. Традиционные протоколы управления очередями и предотвращения перегрузок не справляются с управлением трафиком со сложной динамикой и нелинейностью изменения нагрузки, что приводит к возникновению перегрузок, уменьшению эффективной скорости передачи данных и ухудшает параметры качества, такие как доля (в процентах) потерянных пакетов, задержки и вариации задержек.

Цель статьи — исследование сети TCP/IP с применением фреймворка OTP (*Open Telecom Platform*), представленного на языке Erlang, при использовании системы AQM (*Active Queue Management*) активного управления очередью на базе таких алгоритмов, как RED (*Random Early Detection*) и PI-controller (*Proportional-Integral controller*).

Основная часть

Постановка задачи

Провести исследование работы AQM-системы в условиях изменения трафика при использовании OTP-фреймворка.

Обзор системы AQM

Главные задачи, решаемые при помощи алгоритмов управления очередью, сводятся к минимизации средней длины очереди при одновременном обеспечении высокого коэффициента использования канала, а также справедливое распределение буферного пространства между различными потоками данных [1]. Схемы управления очередью

различаются, преимущественно, критерием, по которому отбрасываются пакеты, и местом в очереди (ее начало или конец), откуда осуществляется отбрасывание пакетов. Наиболее простым критерием для отбрасывания пакетов является достижение очередью определенного порога, называемого *максимальной длиной очереди*.

Система алгоритмов AQM обеспечивает заблаговременное обнаружение перегрузки. Основными целями указанных алгоритмов являются:

- минимизация задержки пакетов благодаря контролю среднего размера очереди;
- предотвращение эффекта глобальной синхронизации TCP-трафика;
- обеспечение непредвзятого обслуживания трафика, характеризующегося кратковременными всплесками;
- строгое ограничение максимального среднего размера очереди.

Обзор основных AQM-алгоритмов представлен в [2].

Язык программирования Erlang и фреймворк OTP

Erlang — разработанный и поддерживаемый компанией Ericsson [3] функциональный язык программирования со строгой динамической типизацией, предназначенный для создания распределенных вычислительных систем.

Популярность Erlang начала расти по мере расширения области его применения (телекоммуникационные системы) с охватом высокопараллельных распределенных систем, обслуживающих миллионы пользователей, таких как системы управления содержимым, веб-серверы и распределенные, требующие масштабирования базы данных, кластерные операционные системы (Clustrx), системы управления коммутаторами и другим сетевым оборудованием (программный коммутатор ECSS-10, ПО коммутаторов широкополосных телефонных линий).

В Erlang имеется набор инструментов для эффективной организации параллельных вычислений. Отличительной особенностью языка

является применение облегченных процессов в соответствии с моделью акторов (математическая модель параллельных вычислений). Данный подход позволяет выполнять одновременно сотни тысяч и даже миллионы таких процессов, каждый из которых может иметь скромные требования, касающиеся памяти [4].

Существующие процессы могут порождать другие процессы, выполняться одновременно, обмениваться сообщениями, реагировать на завершение друг друга. Процессы, о которых идет речь, характеризуются изолированностью друг от друга и не имеют общего состояния, но между ними можно установить связь и получать сообщения об их течении.

Для взаимодействия процессов используется асинхронный обмен сообщениями. Каждый процесс имеет свою очередь сообщений, обработка которой использует сопоставление с образцом. Процесс, отправивший сообщение, не получает уведомления о доставке. Таким образом, ответственность за правильно организованное взаимодействие между процессами лежит на разработчике.

Процесс можно связать с другим процессом, в результате чего между ними устанавливается двунаправленное соединение. В случае, если один из процессов завершается аномально, всем связанным с ним процессам передается сигнал выхода. Процессы, получившие этот сигнал, завершаются, распространяя полученный сигнал далее. Причина завершения передается по цепочке завершающихся процессов.

Процесс может осуществить перехват ошибки, если у него установлен флаг перехвата выхода. Такой процесс получает сигналы выхода связанных с ним процессов в виде обычных сообщений с той же структурой. Перехваченный сигнал выхода более не передается процессом, связанным с процессом-перехватчиком. Сигнал выхода с причиной, являющейся атомом `normal` (нормальное завершение процесса), не вызывает завершения связанного процесса. Если же причина — атом `kill`, процесс завершается безусловно (независимо от флага перехвата выхода), а связанным с ним процессам в качестве причины отправляется атом `killed`, что дает им возможность отреагировать.

В Erlang есть возможность установить и однонаправленное соединение. При завершении наблюдаемого процесса процесс-наблюдатель получает сообщение с указанием причины завершения.

Процесс также может остановить сам себя или другой процесс, вызвав соответствующую функцию.

Erlang с самого начала проектировался для распределенных вычислений и масштабируемости. Работающий экземпляр среды выполнения Erlang называется *узлом*. Программы, написанные на Erlang, способны работать на нескольких узлах. Узлами могут быть процессоры, группы ядер од-

ного процессора и даже целый кластер машин. Узел имеет имя и «знает» о существовании других узлов на данной машине или в сети. Создание и взаимодействие процессов различных узлов не отличается от организации взаимодействия процессов внутри узла. Синтаксис отправки сообщения процессу на своем узле и на удаленном один и тот же. Благодаря встроенным в язык возможностям распределенных вычислений, объединение в кластер, балансировка нагрузки, добавление узлов и серверов, повышение надежности — все это вызывает лишь небольшие затраты на дополнительный код [5].

Программы на высокоуровневом языке Erlang могут быть использованы в системах мягкого реального времени (которое иногда переводят как «псевдореальное» или «квазиреальное»). Автоматизированное управление памятью и сборка мусора действуют в рамках одного процесса, что дает возможность создавать системы с миллисекундным временем отклика (даже несмотря на необходимость сборки мусора), не испытывающие ухудшения пропускной способности при высокой нагрузке.

Erlang был целенаправленно разработан для применения в распределенных, отказоустойчивых параллельных системах реального времени, для реализации которых кроме средств самого языка имеется стандартная библиотека модулей и библиотека шаблонных решений (так называемых поведений) — *фреймворк OTP*.

OTP является хорошо отлаженным набором полезных поведений (*behavior*) процессов в рамках модели акторов. В модулях OTP определены общие стандартизированные шаблоны для конструирования параллельных приложений. Наиболее популярными поведением являются обобщенный сервер (`gen_server`) и наблюдатель (`supervisor`), но имеются и другие: конечный автомат (`gen_fsm`), обработчик событий (`gen_event`).

OTP-поведения (рис. 1) делятся на рабочие процессы (*worker processes*), выполняющие собственно обработку запросов, и процессы-наблюдатели или супервайзеры (*supervisors*).

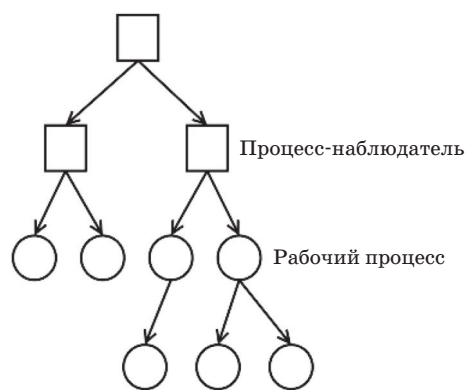


Рис. 1. Дерево процессов OTP-фреймворка

В задачу последних входит слежение за рабочими процессами и другими процессами-наблюдателями. Деревья наблюдателей составляют OTP-приложение (application). OTP-приложение — это компонент, реализующий ту или иную функциональность, которая может быть независимо запущена на исполнение и остановлена как целое, а также повторно использована в других системах. Разработчик приложения пишет код модулей функций обратного вызова (callback module), в которых и находится специфичная для данного приложения часть функциональности [6].

Отказоустойчивость приложений, написанных на Erlang, обеспечивается на трех уровнях. **Во-первых**, процессы изолированы друг от друга. И если в одном из процессов возникает ошибка, то прерывается только его работа. Вся остальная система продолжает работать. **Во-вторых**, процессы работают под присмотром супервайзеров. Если процесс останавливается, то супервайзер запускает его заново. В случае, когда ошибка повторяется снова и снова, а процесс каждый раз аварийно завершается, перегрузки не помогают, и после нескольких попыток супервайзер завершается сам. В этом случае его перезагружает родительский супервайзер. То есть перезагрузка происходит на все более высоком уровне, пока или проблема не решится, или не завершится корневой супервайзер. **Третий уровень защиты** — распределенность. Erlang-узлы могут быть объединены в кластер, и это позволяет сохранять работоспособность при падении одного из узлов.

Помимо всего перечисленного Erlang-система позволяет выполнять интеграцию с системами на других языках программирования. Имеются механизмы для сетевого взаимодействия с C, Java, Лисп, Perl, Python, Ruby. Например, для более эффективного синхронного вызова небольших функций на C можно использовать так называемые **NIF-функции** (*Natively Implemented Function*). Высокоуровневые библиотеки позволяют Erlang-системе представлять C или Java-узлы как обычные Erlang-узлы. Другие языки могут быть более тесно сопряжены со средой выполнения Erlang при помощи драйверов или сетевых сокетов на базе протоколов вроде HTTP, SNMP.

Эмпирическое исследование показало, что для изученных телекоммуникационных приложений код на Erlang был на 70-85% короче, чем на C++, а производительность системы при переписывании кода с C++ на Erlang возросла почти на 100%. Для одного из использованных в исследовании проектов разница была объяснена написанием дополнительного кода C++ в рамках защитного программирования, управления памятью, а также

кода для высокоуровневой коммуникации, т. е. возможностями, которые являются частью языка Erlang и библиотек OTP [7].

Решение задачи

В статье [2] было описано исследование сети, которое проводилось с использованием программного комплекса NS-2 [8]. Схема сети (рис. 2) включает в себя 4 FTP источника сообщения (S1, S2, S3, S4), которые при помощи маршрутизатора передают информацию на TCP-приемник.

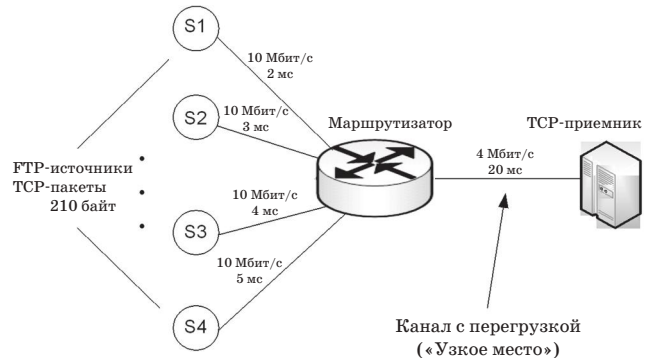


Рис. 2. Схема сети для имитационного моделирования

Скорость канала между источниками сообщения и маршрутизатором составляет 10 Мбит/с, задержка для каждого источника разная: $S1 = 2$ мс, $S2 = 3$ мс, $S3 = 4$ мс, $S4 = 5$ мс; объем каждого пакета — 210 байт. Скорость канала между маршрутизатором и TCP-приемником составляет 4 Мбит/с (канал с перегрузкой), а задержка — 20 мс. При исследовании моделируемой сети нагрузка на маршрутизатор будет постепенно увеличиваться. Первым начнет работу источник S1. Затем, через 4 с — S2. На 8-й секунде включится S3, а на 12-й — S4. Процесс моделирования длится 25 с.

После выполнения программы получим графики зависимости длины очереди (пакеты) от времени работы сети для каждого алгоритма (рис. 3–6).

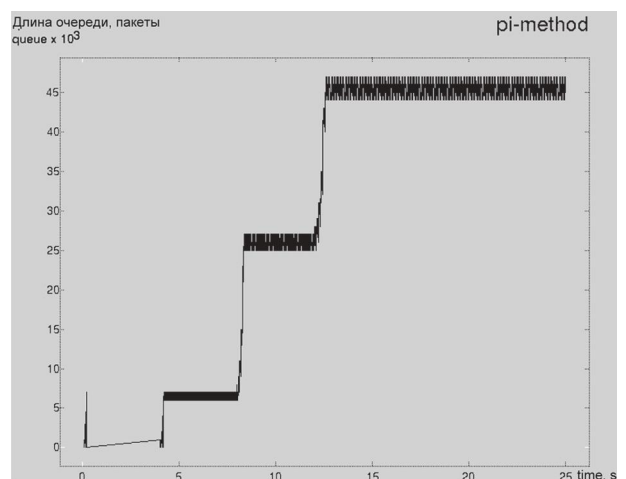


Рис. 3. Длина очереди с использованием PI-алгоритма

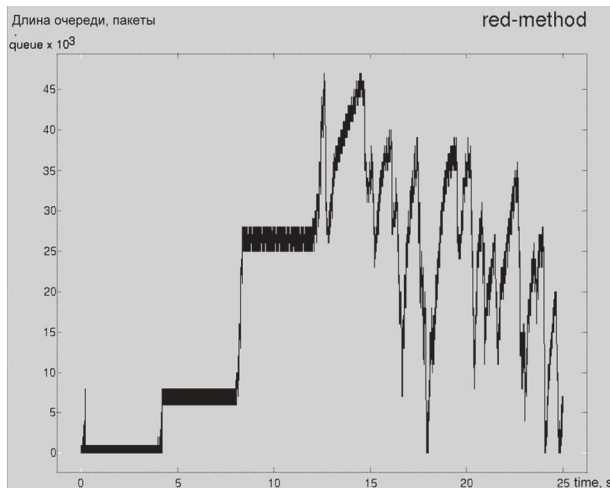


Рис. 4. Длина очереди с использованием RED-алгоритма

Теперь построим аналогичную модель сети при помощи OTP-фреймворка. Далее представлена часть программного кода, отвечающая за создание узлов сети.

```
-module(sbroker_example).
-behaviour(sbroker).
-export([start_link/0]).
-export([init/1]).
start_link() ->
sbroker:start_link(?MODULE, undefined).

init() ->
QueueSpec = {squeue_timeout, 200, out, 16, drop},
Interval = 100,
{ok, {QueueSpec, QueueSpec, Interval}}.
{ok, Broker} = sbroker_example:start_link(),
*** = spawn_link(fun() -> sbroker:ask_r(Broker) end),
{go, _Ref, ***, _SojournTime} = sbroker:ask(Broker).
{AsyncRef, {go, Ref, ***, SojournTime}}
{AsyncRef, {drop, SojournTime}}
{ok, Broker} = sbroker_example:start_link().
{await, AsyncRef, Broker} = sbroker:async_ask(Broker).
ok = sbroker:cancel(Broker, AsyncRef).
*** - Место вставки AQM-метода
```

После выполнения данной программы получим следующие результаты.

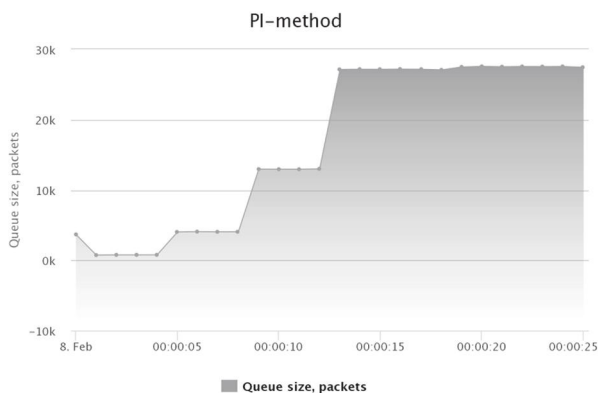


Рис. 5. Длина очереди с использованием PI-алгоритма и Erlang/OTP-фреймворка

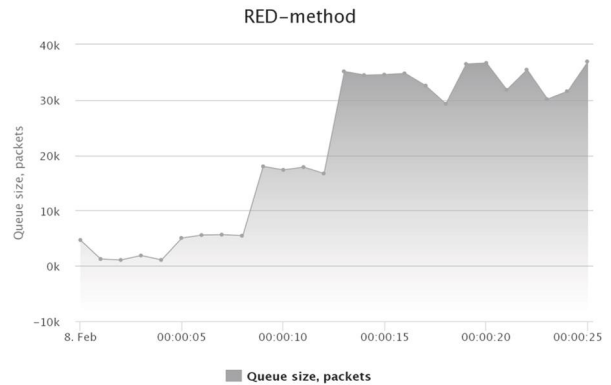


Рис. 6. Длина очереди с использованием RED-алгоритма и Erlang/OTP-фреймворка

Выводы

Полученные результаты (см. рис. 3 и 4) показывают, что PI-алгоритм является более подходящим для использования в сетевых маршрутизаторах, чем RED, поскольку обладает высокой стабильностью длины очереди.

При использовании программного каркаса Erlang/OTP уменьшается очередь маршрутизатора, а также увеличивается ее стабильность (см. рис. 5 и 6).

Список использованной литературы

1. Коваленко, Т. Н. Модель активного управления очередями в распределенных инфокоммуникационных системах, представленная сетью Петри / Т. Н. Коваленко // Проблемы телекоммуникаций.— 2012.— № 2 (7).— С. 58–67.
2. Гостев, В. И. Исследование сети TCP/IP с применением основных алгоритмов активного управления очередью / В. И. Гостев, Т. П. Довженко, А. С. Артюшик // Системы управления, навигации та зв'язку.— 2014.— №2 (30).— С. 87–91.
3. Erlang programming language [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.erlang.org/>.
4. Thompson, S. J. Erlang Programming: A Concurrent Approach to Software Development / S. J. Thompson, F. Cesarini. 1st ed. Sebastopol, California: O'Reilly Media, Inc., 2009.— 496 p.
5. Глебов, А. Н. Параллельное программирование в функциональном стиле / А. Н. Глебов [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.softcraft.ru/paralle/ppfs.shtml>.
6. Чезарини, Ф. Программирование в Erlang / Ф. Чезарини, С. Томпсон.— М., 2012.— 487 с.
7. Nyström, J. H. High-level distribution for the rapid production of robust telecoms software: comparing C++ and ERLANG / J. H. Nyström, P. W. Trinder, D. J. King // Concurrency and Computation: Practice and Experience.— 2008.— Т. 20.— № 8.— P. 941–968.
8. The Network Simulator NS-2 [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

Рецензент: доктор техн. наук, профессор В. И. Гостев, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

К. П. Старчак, Т. П. Довженко

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖІ TCP/IP З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КАРКАСУ ERLANG/OTP*Розглянуто програмний каркас (фреймворк) Erlang/OTP і проведено дослідження мережі TCP/IP із застосуванням цього фреймворка.***Ключові слова:** Erlang/OTP; RED; PI; AQM; алгоритм активного управління чергою; TCP/IP-протокол.

K. Storchak, T. Dovzhenko

RESEARCH OF TCP/IP NETWORK USING THE ERLANG/OTP FRAMEWORK*In this article considered a software framework (framework) Erlang / OTP and investigated TCP/IP network using the framework.***Keywords:** Erlang/OTP; RED; PI; AQM; active queue management algorithm; TCP/IP-protocol.

УДК 004.738

С. І. ОТРОХ, канд. техн. наук, доцент;

В. О. ЯРОШ, аспірант;

Є. П. ГОРОХОВСЬКИЙ, здобувач;

Ю. М. ЗІНЕНКО, здобувач,

Державний університет телекомунікацій, Київ

**Оцінювання показників стійкості мережі майбутнього (FN)
до зовнішніх дестабілізуючих факторів**

Подано визначення мережі майбутнього (FN), головна відмітна особливість якої — це здатність до самовідновлення та самоорганізації завдяки притаманній сталості та стійкості до дії стихійних лих. Сформовано методи забезпечення стійкості мережі та її відновлення після впливу стихії. Розроблено систему оцінювання показників стійкості до потужного електромагнітного та іонізуючого випромінювання, а також подано рекомендації стосовно підвищення стійкості мереж FN до дії зовнішніх дестабілізуючих факторів.

Ключові слова: мережі майбутнього; стихійні лиха; зовнішні дестабілізуючі фактори; стійкість.**Вступ**

У наш час, коли людство потерпає від небачених досі катастроф техногенного та природного характеру, посилюються загрози локальних конфліктів, дедалі важливішого значення набуває завдання забезпечити стаке функціонування мережі майбутнього (FN — *Future Networks*) — результат еволюційного розвитку мереж наступного покоління [1]. Концепція FN характеризується безперервною зміною вимог до телекомунікаційних мереж, появою принципово нових прикладних сфер дистанційного керування побутовою та іншою технікою (Internet of Things), створенням «розумних» мереж (Smart Grid) із використанням хмарних обчислень (Cloud Computing).

Згідно з визначенням МСЕ, мережа майбутнього [2] являє собою глобальну інформаційну інфраструктуру, яка включає в себе наявні інформаційно-комунікаційні мережі з урахуванням тих компонентів, які тільки плануються до впровадження. Єдиним центром управління глобальною інформаційною інфраструктурою забезпечується здатність надавати повний спектр телекомунікаційних послуг (у будь-якому географічному районі, причому гарантованої якості, прийнятної вартості та в будь-який час) на базі новітніх та інноваційних технологій. Головна істотна характеристика FN полягає в її здатності до самовідновлення та самоорганізації за рахунок сталості

та стійкості до дії стихійних лих. Безвідмовне функціонування FN під час дії стихійного лиха — це чинник забезпечення потреб щодо управління державою, підтримання її обороноздатності, гарантування безпеки, охорони правопорядку, господарського комплексу країни, а також потреб фізичних і юридичних осіб щодо високоякісних послуг телекомунікацій.

Отже, в епоху глобальних змін, передбачуваних і непередбачуваних загроз необхідно сформулювати такі вимоги до FN, щоб вона не втрачала стійкості під впливом будь-яких зовнішніх дестабілізуючих факторів (ЗДФ). Для того, аби якомога надійніше захистити мережу, необхідно розробити певні рекомендації стосовно проектування FN із метою мінімізації дії ЗДФ та відновлення сталого функціонування мережі. ЗДФ — це певний вид зовнішніх впливів, параметри якого перевищують ті значення, на які було розраховано елемент мережі при його проектуванні. До ЗДФ віднесено також стихійні лиха, про які йдеться в Рекомендації L.392 сектору стандартизації Міжнародного союзу електрозв'язку, поданій наприкінці 2016 року [3].

Основна частина

Стійкість мережі та її відновлення після дії стихійного лиха досягаються за допомогою багатократних методів [3]. Головний метод передбачає **максимальне посилення (укріплення) мереж,**

стійких до дії ЗДФ, для мінімізації потенційних збитків. Суть цього методу полягає в резервуванні, резервному копіюванні та перемиканні системи або її частини. *Вторинний метод* полягає в *забезпеченні розгортання устаткування на відновлюваних об'єктах* для належного функціонування FN та надання послуг зв'язку після дії ЗДФ. Коли стихійне лихо мине, потрібно негайно розгорнути ці підготовлені ресурси на пошкоджених ділянках. Цей метод добре працює, коли мережні об'єкти, захищені завдяки застосуванню головного методу, виходять із ладу або руйнуються. Зазначені методи вдало доповнюють один одного.

Згідно з [4] типові стихійні лиха систематизовано у вигляді наведеної далі таблиці.

- *Готовність* — діяльність, здійснювана для запобігання стихійним лихам, реагування на них та ліквідації можливих наслідків. На цьому етапі розробляються заходи, які допоможуть врятувати життя людей і мінімізувати збитки від дії лих (наприклад, установа систем раннього попередження).

- *Відповідь* — діяльність після стихійного лиха. Ці заходи мають стабілізувати ситуацію та зменшити ймовірність вторинного ушкодження.

- *Відновлення* — заходи, необхідні для повернення всіх систем до нормального функціонування (наприклад, відновлення знищеного майна або ремонт необхідної інфраструктури).

Типові стихійні лиха

№ з/п	Стихійні лиха	Наслідки	Можливі запобіжні заходи
1	Землетруси	Пошкодження всіх зовнішніх об'єктів телекомунікацій, розриви ліній зв'язку	Формування максимально жорстких вимог до будівельних норм і норм проектування, які забезпечать високу опірність споруд до землетрусу. Уникнення наявності встановленого обладнання в найімовірніших зонах землетрусу. Використання якомога міцніших матеріалів при побудові зовнішніх об'єктів телекомунікацій. Використання гумових з'єднань для лінійно-кабельної інфраструктури та збільшення кількості волоконно-оптичного кабелю в колодязях кабельної каналізації з метою недопущення розривів при зміщенні земної кори. Проведення імітаційного сейсмічного моделювання з метою вчасного попередження про можливий землетрус. Упровадження вібраційного контролю та створення системи моніторингу мережі
2	Цунамі	Пошкодження всіх зовнішніх об'єктів телекомунікацій, руйнування систем енергозабезпечення	Побудова об'єктів телекомунікацій та лінійно-кабельних споруд на узвишші. Побудова мережі з використанням переважно кільцевої топології для уможливлення доступу об'єкта телекомунікацій у двох рознесених між собою географічних напрямках. Прокладання кабелів у трубопроводах по руслу річки, а не по мостах. Забезпечення об'єктів телекомунікацій електроживленням завдяки створенню двох чи кількох незалежних маршрутів електроживлення.
3	Надсильні повені	Заводнення кабельних каналізацій, потенційне пошкодження кабелів	Обмеження побудови об'єктів телекомунікацій у зонах можливого затоплення. Використання залізобетонних конструкцій на ділянках, де існує велика ймовірність затоплення. Створення огорожі, що забезпечить захист об'єктів телекомунікацій від затоплення; встановлення водонепроникних дверей і водяних насосів
4	Лісові пожежі	Пошкодження підвісних кабелів зв'язку та зовнішніх об'єктів телекомунікацій, розташованих у лісовій місцевості	Розміщення об'єктів телекомунікацій поза зоною лісового масиву або в підземних спорудах
5	Урагани/торнадо/тайфуни	Руйнування телекомунікаційних щогл чи веж, пошкодження підвісних кабелів зв'язку	Формування якомога жорсткіших вимог до будівельних норм і норм проектування для захисту об'єктів телекомунікацій від сильних вітрів. Установлення допоміжних розпірок між стовпами у вітряних місцях, де можлива швидкість вітру понад 40 м/с. Використання віброгасників для захисту підвісних кабелів зв'язку
6	Зсуви ґрунту	Руйнування кабелів, закладених у ґрунт, пошкодження лінійно-кабельної інфраструктури	Обмеження щодо встановлення телекомунікаційного обладнання в зонах із високою ймовірністю зсуву ґрунту. Укріплення схилів. Установлення систем моніторингу та контролю за зсувом ґрунту
7	Надсильний холод/надсильна спека	Руйнування телекомунікаційного обладнання	По зможі розміщення об'єктів телекомунікацій у підземних спорудах
8	Надвисока сонячна активність та потужне електромагнітне випромінювання	Повне знищення телекомунікаційного обладнання	По зможі розміщення об'єктів телекомунікацій у підземних спорудах. Формування якомога жорсткіших вимог до будівельних норм та норм проектування для підвищення опірності споруд та потужного електромагнітного випромінювання

Щоб запобігти наслідкам, до яких можуть призвести катастрофи техногенного та природного характеру, необхідно розробити план боротьби зі стихійними лихами, який має включати в себе такі заходи.

- *Профілактика* — види діяльності, які фактично усувають або зменшують імовірність катастрофи.

Сьогодні на території України поява ЗДФ 1–7 малоімовірна. Натомість надвисока сонячна активність, іонізація космічного простору та потужне електромагнітне випромінювання — чинники особливо актуальні. Як показують дослідження, сукупність зовнішніх чинників природного характеру за певних умов впливає на роботоздатність FN, що призводить до спотворення інформації або

її повної втрати. Ще до більш негативного впливу на роботоздатність засобів зв'язку призводять такі зовнішні чинники природного чи штучного характеру, як іонізуюче випромінювання (ІВ) та потужне електромагнітне випромінювання (ЕМВ). Основними джерелами таких випромінювань виступають надвисока сонячна активність, блискавки тощо [5]. Дія ІВ та ЕМВ може суттєво змінювати характеристики елементів ФМ, виклимати серйозні, навіть необоротні порушення роботоздатності мережі. Отже, одне з актуальних завдань полягає в побудові такої FN, що буде стійка до різних видів ЗДФ природного та штучного характеру.

Зауважимо, що ЕМВ та ІВ — це надвисоке рентгенівське й гамма-випромінювання, а також світлове (теплове) випромінювання та електромагнітний імпульс унаслідок дії надвисокої сонячної активності.

Аналізуючи зміни параметрів елементів під впливом потоку нейтронів, бачимо, що вибір показника стійкості елемента деякої FN неможливо здійснити однозначно. Це пов'язано з умовністю вибору такого рівня зміни параметра, який вважається характеристикою «граничного стану» елемента, використовуваного в тій чи іншій FN.

Як показники, що характеризують стійкість елемента FN, можна взяти [5]:

1) *початкову стійкість* $R_{i\text{поч}}$ — максимальне значення характеристик ІВ та ЕМВ (потік нейтронів, гамма-випромінювання, електронне та протонне випромінювання, тобто потужність дози, за якої жодний із параметрів i -го комплекуючого елемента ще не зазнає змін;

2) *технічну стійкість* $R_{i\text{ТС}}$ — значення характеристик випромінювання, які вказано в документації i -го елемента;

3) *допустиму стійкість* $R_{i\text{доп}}$ — максимальне значення характеристик випромінювання, за яких параметри FN ще перебувають у межах, встановлених технічною документацією на цю мережу;

4) *граничну стійкість* $R_{i\text{гр}}$ — значення характеристик випромінювання, вказані в технічній документації на елемент FN як його гранична радіаційна стійкість.

Зауважимо, що $R_{i\text{поч}}$ знаходять за графіком математичного сподівання зміни параметра комплекуючого елемента як функції (наприклад, від потоку нейтронів), визначаючи точку, починаючи з якої відбувається реестрована зміна розглядуваного параметра. Потік нейтронів, що відповідає цій точці, беруть як $R_{i\text{поч}}$.

При визначенні інших показників стійкості необхідно брати до уваги статистичний розкид показників стійкості від зразка до зразка в партії ЕМВ. Цей чинник враховується переходом від кількісних показників, визначених за залежнос-

тями середніх значень відповідних параметрів від рівня радіаційного чинника, до показників, які характеризують рівень радіаційного чинника, який відповідає зміні параметра, узятого як критерій відмови елемента. При цьому для врахування можливого розкиду показників стійкості від елемента до елемента є сенс брати за показники стійкості нижні межі толерантних інтервалів, які з імовірністю γ гарантують потрібні частки P (у відсотках) сукупності елементів розглядуваного типу.

Нижні толерантні межі для показників такі [5]:

$$R^* = \bar{R}_i - KS_{R_i}, \quad (1)$$

де \bar{R}_i — значення показників стійкості, визначені за середнім значенням зміни параметра елемента залежно від потоку (дозы); K — коефіцієнт, залежний від обсягу n вибірки, за результатами випробувань якої отримано дані щодо стійкості ЕМВ, а також вибрані (задані) значення γ і P ;

$$S_{R_i} = \frac{\bar{R}_i S_{q_i}(\bar{R}_i)}{m_{q_i}(\bar{R}_i)} \quad (2)$$

— середньоквадратичне відхилення потоку (дозы), визначене з напівемпіричної формули; $S(\bar{R}_i)$ — середньоквадратичне відхилення параметра в точці, яка відповідає значенню \bar{R}_i ; $m_{q_i}(\bar{R}_i)$ — середнє значення параметра в точці, яка відповідає значенню \bar{R}_i .

При визначенні кількісних показників стійкості до впливу нейтронного потоку необхідно враховувати, стосовно якого (імпульсного чи неперервного) впливу задано вимоги щодо стійкості на апаратуру, а також на яких (імпульсних чи неперервних) реакторах отримано наявні данні про стійкість комплекуючих елементів.

Такі міркування правомірні в разі, коли імпульсний потік нейтронів $\Phi_{i\text{ім}}$, що характеризує стійкість i -го елемента, задано за допомогою співвідношення

$$\Phi_{i\text{ім}} = k_{\text{еф}n}(\Phi_i), \quad (3)$$

де Φ_i — потік нейтронів (характеризує стійкість елемента), отриманий у будь-якому джерелі випромінювання; $k_{\text{еф}n}$ — коефіцієнт ефективності джерела нейтронного випромінювання.

Отже, стійкість FN до дії зовнішніх дестабілізуючих факторів забезпечується:

- вибором типу споруд об'єктів зв'язку, які зазнають безпосереднього впливу потужних гармонічних електромагнітних полів, електромагнітних імпульсних полів блискавки та іонізуючого випромінювання;

- засобами захисту обладнання систем передавання мережі зв'язку від безпосереднього впливу електромагнітних полів;

- вибором типу кабелів та параметрів їх прокладання, а також міжстоякових з'єднань обладнання зв'язку на об'єктах кабельних систем передавання;

- підвищенням стійкості обладнання на об'єктах кабельних систем передавання до взаємодії електромагнітних полів;
- захистом обладнання зв'язку на об'єктах кабельної інфраструктури від комплексної взаємодії електромагнітних полів та іонізуючого випромінювання.

Згідно зі сказаним розроблено рекомендації щодо підвищення стійкості FN до дії ЗДФ, наведені на рисунку.

Висновок

Запропоновано методи забезпечення стійкості FN та її відновлення після дії стихійного лиха.



Методи підвищення стійкості FN до дії ЗДФ

Список використаної літератури

1. **Нетудиката, Л. І.** Телекомунікаційні мережі майбутнього (Future networks) як еволюційний розвиток мережі наступного покоління (Next Generation Network) / Л. І. Нетудиката, В. Б. Каток, С. І. Отрох // Зв'язок.— 2011.— № 3.— С. 2–4.
2. **Global information infrastructure, internet protocol aspects and Next Generation Networks — future networks. Future Networks: Objectives and Design Goals // Recommendation ITU-T Y.3001.**— 2011.
3. **Disaster management for improving network resilience and recovery with movable and deployable information and communication technology (ICT) resource unit // Recommendation ITU-T L.392.**— 2016.
4. **Rec. ITU-TL.92. Disaster management for outside plant facilities.**— 2012.
5. **Мырова, Л. О.** Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям / Л. О. Мырова, А. З. Челиженко.— Радио и связь.— М., 1988.— 296 с.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **Л. Н. Беркман**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

С. І. Отрох, В. А. Ярош, С. П. Гороховский, Ю. Н. Зиненко

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЕТИ БУДУЩЕГО (FN) К ВНЕШНИМ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИМ ФАКТОРАМ

Приведено определение сети будущего (FN), главной отличительной особенностью которой является способность к самовосстановлению и самоорганизации благодаря ее постоянству и устойчивости к воздействию стихийных бедствий. Сформированы методы обеспечения устойчивости сети и ее восстановления после воздействия стихии. Разработана система оценки показателей устойчивости к мощному электромагнитному и ионизирующему излучению, а также даны рекомендации по повышению устойчивости FN к воздействию внешних дестабилизирующих факторов.

Ключевые слова: сети будущего; стихийные бедствия; внешние дестабилизирующие факторы; устойчивость.

S. Otrouh, V. Yarosh, E. Gorohovskyy, Yu. Zinenko

EVALUATION OF RESISTANCE TO DESTABILIZING EXTERNAL FACTORS FUTURE NETWORK (FN)

The definition of the future network is considered in the article and its main difference in ability to heal itself and self-organization due to its permanence and resistance to natural disasters is proved. The methods of sustaining the network and its recovery after exposure to disasters are formed. The assessment of resistance to electromagnetic and ionizing radiation of ultra-high solar activity and recommendations to increase the resilience of future networks to EDF action is developed.

Keywords: future networks; natural disasters; external destabilizing factors (EDF); stability.

УДК 621.396.96

Н. В. РУДЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

М. А. ЮЩЕНКО, студент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ПОНЯТТЯ ХМАРНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ У СУЧАСНОМУ СВІТІ

Запропоновано якісний аналіз тематики хмарних технологій у сучасних системах, що використовують комп'ютери та комп'ютерні системи, супроводжуваний поясненням змісту основних понять. Розглянуто найважливіші плюси і мінуси моделі обслуговування хмарних обчислень для комп'ютерних систем. Подано прогнози зростання світового ринку послуг згідно із хмарною моделлю.

Ключові слова: комп'ютерна мережа; хмарні технології; ресурс (апаратний, інформаційний); надійність; мобільність; доступність; економічність; висока технологічність.

ВСТУП

Нинішній прогрес людства пов'язаний, передусім, із глобальною інформатизацією світового співтовариства. Сучасні комп'ютерні мережі являють собою систему, можливості та характеристики якої істотно перевищують відповідні показники простої суми компонентів, що входять до складу мережі персональних комп'ютерів за відсутності взаємодії між ними.

Переваги комп'ютерних мереж зумовили їх неухильне поширення в інформаційних системах і телекомунікаціях, у системах кредитно-фінансової сфери, органів державного і місцевого самоврядування, підприємств і організацій.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Комп'ютерні мережі

Комп'ютерна мережа — це об'єднання кількох ЕОМ для спільного розв'язання інформаційних, обчислювальних, навчальних та інших завдань.

Усі без винятку комп'ютерні мережі мають єдине призначення — забезпечення спільного доступу до загальних ресурсів. Слово «ресурс» дуже містке, багатопланове. Ресурси бувають трьох видів: *апаратні, програмні, інформаційні*.

Апаратні ресурси стосуються ситуації, коли всі учасники комп'ютерної мережі користуються одним апаратом, наприклад принтером, або використовують один комп'ютер зі збільшеною ємністю жорсткого диска (файловий сервер), на якому зберігають свої архіви та результати роботи.

Комп'ютерні мережі дозволяють спільно використовувати **програмні ресурси**. Так, для виконання складних і тривалих розрахунків можна підімкнути до віддаленої великої ЕОМ і відправити їй обчислювальне завдання, а після закінчення відповідних розрахунків отримати здобутий нею результат.

Дані, що зберігаються на віддалених комп'ютерах, утворюють **інформаційний ресурс**, наприклад інтернет-ресурс.

За способом організації мережі поділяються на *реальні і штучні*.

Штучні мережі (псевдомережі) дозволяють пов'язувати комп'ютери один з одним через послідовні або паралельні порти і не потребують додаткових пристроїв.

Реальні мережі забезпечують зв'язок комп'ютерів між собою за допомогою спеціальних пристроїв комутації та фізичного середовища передавання даних.

За територіальною ознакою мережі можуть бути *локальними, глобальними, регіональними та міськими*.

За швидкістю передавання інформації комп'ютерні мережі поділяються на низькошвидкісні (до 10 Мбіт/с), середньошвидкісні (до 100 Мбіт/с) і високошвидкісні (понад 100 Мбіт/с).

Міська мережа (MAN — Metropolitan Area Network) — мережа, яка обслуговує інформаційні потреби великого міста.

Регіональні мережі — це мережі, розташовані на території міста або області.

Мережі, які зосереджено в межах однієї будівлі та поєднують від 2 до 300 комп'ютерів, належних зазвичай одній організації (або одній сім'ї), називаються *локальними обчислювальними мережами*.

Глобальні мережі (WAN — Worldwide Area Network) об'єднують сотні, тисячі вузлів у багатьох країнах світу.

Усе в цьому світі, як і сам навколишній світ, стрімко змінюється. Отже, не дивно, що більшість користувачів Мережі так чи інакше змінюють своє ставлення до цієї світової павутини. Причина того — «хмарні технології», які задають «моду» на користування інтернетом і зберігання файлів у Мережі. Саме «за хмарою» працюють тепер Facebook, Amazon, Twitter і ті «Пошуки», на яких ґрунтуються сервіси типу Google Docs і Gmail.

І хоча такі терміни, як «*хмарні технології*» або «*хмарні обчислення*», вже давно в багатьох на слуху, дуже мало хто чітко розуміє, що саме являє собою технологія хмари.

На перший погляд, усе, здавалось б, занадто заплутане, аби намагатися в це вникати. Але насправді хмарна технологія дуже проста, більш

© Н. В. Руденко, М. А. Ющенко, 2017

того, кожний із нас користується нею протягом багатьох років, навіть не замислюючись над цим. Адже на базі хмари працюють усі соціальні мережі, файлообмінники, YouTube, e-mail клієнти, надаються банківські послуги тощо.

Простіше кажучи, технологія хмари передбачає використання комп'ютера/веб-додатка, розташованого на віддалених серверах, за допомогою зручного для користувача інтерфейсу чи формату програми. Підприємства та компанії послуговуються різноманітними додатками у хмарі, маючи на меті, наприклад, керування взаємовідносинами з клієнтами (CRM), управління персоналом, здійснення бухгалтерського обліку і т. ін.

Хмарні технології

Хмарні технології — це технології обробки даних, в яких комп'ютерні ресурси надаються інтернет-користувачеві як онлайн-сервіс.

Хмарні (розсіяні) обчислення (англ. *Cloud computing*; використовується також термін «хмарна (розсіяна) обробка даних») — це такий спосіб обробки даних, згідно з яким комп'ютерні ресурси й потужності надаються користувачеві як інтернет-сервіс. Користувач має доступ до власних даних, але не може здійснювати управління ними і не повинен опікуватися інфраструктурою, операційною системою і власним програмним забезпеченням, з яким йому доводиться працювати. Термін «хмара» використовується як метафора, зумовлена зображенням інтернету на діаграмі комп'ютерної мережі, що унаочнює складну інфраструктуру, за якою приховуються всі технічні деталі. Документ IEEE, опублікований 2008 року, дає таке визначення: «Хмарна обробка даних — це парадигма, в рамках якої інформація постійно зберігається на інтернет-серверах і тимчасово кешується на клієнтському боці, наприклад, на персональних комп'ютерах, ігрових приставках, ноутбуках, смартфонах і т. ін.»

Хмарна обробка даних як концепція включає в себе такі основні поняття:

- інфраструктура як послуга;
- платформа як послуга;
- програмне забезпечення як послуга;
- дані як послуга;
- робоче місце як послуга тощо.

Усі зазначені технологічні тенденції мають важливу спільну для них особливість — упевненість, що мережа Інтернет здатна задовольнити найрізноманітніші потреби користувачів стосовно обробки даних.

Головна характерна особливість хмарних технологій полягає в нерівномірності запиту інтернет-ресурсів із боку користувачів. Щоб ця нерівномірність стала менш відчутна, застосовується ще один проміжний шар — віртуалізація сервера.

Таким чином, навантаження розподіляється між віртуальними серверами і комп'ютерами.

Хмарні технології — це одна велика концепція, що включає в себе багато різних понять, зміст яких стосується деякої послуги. Головна функція хмарних технологій полягає в задоволенні запитів користувачів, які потребують віддаленої обробки даних.

Хмарне сховище даних (cloudstorage) — модель онлайн-сховища, в якому дані зберігаються на численних розподілених у мережі серверах, що надаються в користування клієнтам, причому здебільшого третьою стороною. Із погляду клієнта, хмара — це один величезний віртуальний сервер. Фізично ж такі сервери можуть бути як завгодно віддалені один від одного географічно, аж до розташування на різних континентах.

Моделі обслуговування хмарних обчислень

Існує три моделі обслуговування хмарних обчислень.

1. Програмне забезпечення як послуга (SaaS — Software as a Service). Споживачеві надаються програмні засоби — додатки провайдера, виконвані на базі хмарної інфраструктури.

2. Платформа як послуга (PaaS — Platform as a Service). Споживачеві надаються засоби для розгортання на базі хмарної інфраструктури створюваних ним або придбаних додатків, що розробляються з використанням підтримуваних провайдером інструментів і мов програмування.

3. Інфраструктура як послуга (IaaS — Infrastructure as a Service). Споживачеві надаються засоби обробки та зберігання даних, зокрема мережі та інші базові обчислювальні ресурси, за допомогою яких споживач може отримувати довільне програмне забезпечення, включаючи операційні системи й додатки.

Щодо архітектури розгортання існують *публічні, приватні та гібридні* моделі.

Як показує досвід, найбільшу популярність мають SaaS-продукти, за ними йдуть PaaS і IaaS. Використання ресурсів для баз даних і відновлення інформації після аварій — завдання, що мають вузькопрофільний характер.

Плюси і мінуси хмарних технологій

Сьогодні хмарні обчислення — це ті вигоди, якими всі користуються майже щодня. Підшукавши в інтернеті відповідний сервіс для постійного користування (більшість таких сервісів безкоштовні або порівняно дешеві), наш сучасник звільняється від необхідності оновлювати власні забезпечення високої продуктивності, уникає труднощів із налаштуванням складних систем та чималих витрат на придбання високоякісних програмних пакетів.

Хмарні технології, розвиваючись дедалі активніше, охоплюють усе нові й нові сфери діяльності. Наприклад, ще зовсім недавно в більшості користувачів було встановлено той чи інший поштовий клієнт із приймання, відправлення та обробки електронної пошти, але тепер роль поштового клієнта покладено на Gmail, а функції гнучких і зручних альтернатив виконують такі сервіси, як YahooMail, Webmail, Hotmail і т. ін. Більш того, останнім часом серед досить великих світових порталів намітилася тенденція до перенесення поштових систем на готові майданчики, як, скажімо, Gmail. У такому разі користувач передусім отримує знайомий йому інтерфейс.

Схожу ситуацію маємо і з офісними пакетами. Онлайн редактори ZohoWriter або Документи Google можуть виконувати ті самі функції, що й звичайні офісні пакети. Більш того, такі редактори здатні, як правило, не тільки форматувати та зберігати документи, а й імпортувати та експортувати їх в інші формати. Табличні редактори Editgrid або Google легко замінюють Excel. І це далеко не повний список сервісів, якими можуть скористатися всі, хто має Інтернет.

Отже, хмарні технології, маючи вже високу популярність, не припиняють багатопланового вдосконалення. На думку європейських експертів, до першочергових завдань слід віднести розвиток методик урегулювання юридичних засад функціонування хмар.

Одна з ключових проблем стосується зберігання даних і впливає з можливості віддаленого доступу до сервісів. Адже збережувана інформація може підпадати під закони країни, в якій міститься фізичне сховище (ще гірше, коли використовується розподілене сховище).

Вочевидь, важливим чинником розвитку хмарних систем є створення економічних моделей використання IT-послуг. Необхідно також розробляти систему управління хмарами, здатну забезпечити їх гнучку масштабованість.

Як бачимо, хмарні технології мають як плюси, так і мінуси.

До вагомих **плюсів** належать такі характеристики.

1. *Доступність.* Доступ до інформації, що зберігається на хмарі, може отримати кожний, хто має комп'ютер, планшет, будь-який мобільний пристрій, підімкнений до мережі Інтернет.

2. *Мобільність.* Користувач не має постійного прикріплення до одного робочого місця. Із будь-якої точки світу менеджери можуть отримувати звітність, а керівники — відстежувати виробничі процеси.

3. *Економічність.* Істотне скорочення витрат досягається завдяки тому, що користувачеві не доводиться купувати дорогі, великі за обчислю-

вальною потужністю комп'ютери й комплектуючі, дбати про власне ПЗ чи наймати фахівця з обслуговування локальних IT-технологій.

4. *Орендованість.* Користувач отримує той чи інший пакет послуг тільки в той момент, коли він йому знадобиться, оплативши відповідну кількість придбаних функцій.

5. *Гнучкість.* Усі необхідні ресурси надаються провайдером автоматично.

6. *Висока технологічність.* Великі обчислювальні потужності, що надаються в розпорядження користувача, можна використовувати для зберігання, аналізу та обробки даних.

7. *Надійність.* На думку багатьох експертів, надійність, яку забезпечують сучасні хмарні обчислення, набагато вища за надійність локальних ресурсів, оскільки лічені підприємства спроможні придбати й включити до свого складу повноцінний центр обробки даних (ЦОД).

Незважаючи на зазначені переваги хмарних технологій, сама ця концепція зазнає серйозної критики.

Як **мінуси** хмарних технологій виступають дві головні обставини.

1. *Недовіра до хмарних технологій як до нового явища.*

При використанні «хмар» важлива і конфіденційна інформація опиняється під незрозумілим керуванням. Де, на якому сервері слід шукати свої документи і чи вдасться їх знайти — відомо не завжди. Адже ЦОД (тобто сервер) може бути, наприклад, у США. А за американським законодавством власники таких центрів не мають навіть права розповісти комусь, що співробітники спецслужб приходили, аби з'ясувати, які саме дані зберігаються на серверах.

Тому більшість наших керівників і власників бізнесу розуміють, що зберігати важливі дані можна лише на своїх власних серверах, і мають у цьому рацію.

2. *Сумнівний зиск для клієнтів* (або навіть додаткові витрати).

Продавці хмарних технологій вважають, що клієнт (фірма, компанія) купує ліцензійну Windows як для робочих станцій, так і для серверів. Більш того, він, на їхню думку, має придбати весь інший набір ПЗ разом із самими серверами. Проте ситуація складається не зовсім так. Зазвичай фірми, які вже давно працюють, мають власну обчислювальну техніку та ліцензійне ПЗ. А якщо після 5-10 років роботи їхнє ПЗ все ще неліцензійне, то навряд чи вони найближчим часом збираються купувати нове ПЗ. Отже, для таких компаній витрати з орендування «хмар» будуть вищі, ніж ті, що мають місце за поточного стану справ.

Варто зазначити, що для клієнтів, схилених до впровадження хмарних технологій існує ще одна

вагома причина відмови від них — технічна непридатність, відсутність бездоганного Інтернет-каналу з високою пропускну здатністю. А ще бажано мати й резервний канал на випадок збою основного.

Усі ці обставини, як і той факт, що ЦОД — штука дуже дорога, слугують аргументами супротивників хмарних систем. Робота з хмарними технологіями може, на їхню думку, призвести до появи величезних обсягів неконтрольованої інформації. Це, у свою чергу, створить небачені досі загрози безпеці інформації користувачів.

І все ж хмарні технології мають великі перспективи. Як доказ того, що йдеться не про тимчасове захоплення, а про новий шлях розвитку високих технологій, наведемо такий факт: незважаючи на гострі суперечності між трьома гігантами у сфері ІТ — Microsoft, Apple і Google, зокрема в поглядах їхніх керівників та ідеологів на розвиток цієї індустрії і потреби користувачів, вони майже одночасно ввійшли на цю неосвоєну (поки що) територію і зовсім не збираються її залишати. Більш того, саме з хмарними технологіями всі три компанії пов'язують своє майбутнє.

ВИСНОВКИ

Ще зовсім недавно концепція *cloud computing* здавалася лише привабливою ідеєю, сміливим експериментом. Проте вже сьогодні переваги хмарних технологій можуть відчутти навіть ті люди, які не пов'язані з розробкою програм, веб-технологіями та іншими вузькоспеціалізованими речами. XboxLive, WindowsLive, MobileMe, OnLive, GoogleDocs — переконливе свідчення на користь такого твердження.

А тим часом використання хмар із модного тренду неухильно стає загальною необхідністю, оскільки не можна ігнорувати ті переваги, які дає ця модель.

Адже маємо простоту розгортання; оплату тільки використовуваних ресурсів; еластичність (тобто розмір споживаних ресурсів може змінюватися згідно з потребами); скорочення витрат на утримання власної ІТ-служби; вибір терміну передплати відповідно до необхідного часу використання, причому на базі останніх версій програмних продуктів; доступ до виділених ресурсів по мережі з будь-якого пристрою, у будь-якому куточку світу.

Прогнози зростання світового ринку послуг, що надаються відповідно до хмарної моделі, вельми оптимістичні. Приватні користувачі вже активно працюють із хмарними сервісами, але бізнес поки не поспішає брати з них приклад.

В Україні попит на такі сервіси ще остаточно не сформувався, але чимало клієнтів уже під'єдналися до них і впевнено розширюють їх використання, бо завдяки новим можливостям прак-

тично всі витрати на ІТ можна перевести в ОРЕХ. Спектр доступних компаніям хмарних сервісів постійно урізноманітнюється. При цьому деякі види хмарних сервісів швидко розвиваються і користуються попитом, зокрема телефонія і віртуальні АТС, «ВКС з хмари», різні додаткові інструменти для спільної роботи з використанням як настільних, так і мобільних платформ.

Отже, хмарні технології завдяки своїм сервісам надають своїм користувачам практично безмежні можливості: починаючи з простого зберігання інформації і закінчуючи наданням складних безпечних ІТ-інфраструктур.

Забезпечуючи кінцевих користувачів обчислювальними потужностями, хмарні технології сприяють створенню нових робочих місць для ІТ-фахівців, здатних налаштовувати і супроводжувати «хмари». Самі технології досить молоді, тривають дослідження можливості їх застосування в різних сферах життя.

Головні труднощі в розвитку хмарних технологій полягають не в розв'язанні технічних питань, а у виборі взаємовигідного для постачальників і клієнтів шляху розвитку. Саме тому багато комерційних і державних організацій беруть участь в обговоренні концепцій розвитку ІТ-систем.

Список використаної літератури

1. **Триус, Ю. В.** Хмарні технології у професійній підготовці студентів комп'ютерних спеціальностей / Ю. В. Триус // Хмарні технології в освіті: матеріали Всеукр. наук.-метод. Інтернет-семінару, 2012.— С. 147–149.
2. **Биков, В. Ю.** Технології хмарних обчислень, ІКТ-аутсорсинг та нові функції ІКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ / В. Ю. Биков // Інформаційні технології в освіті.— 2011.— № 10.— С. 8–23.
3. **Ахрамович, В. М.** Хмарні технології та можливості їх використання в комп'ютерних телекомунікаційних системах / В. М. Ахрамович, В. М. Чегринець, Н. В. Руденко // Наук. записки УНДІЗ.— 2016.— № 2(42).— С. 121.
4. **Руденко, Н. В.** Управління апаратними і програмними ресурсами в комп'ютерній системі на основі штучного інтелекту / Н. В. Руденко // Проблеми інформатизації: тези доповідей III Міжнар. наук.-техн. конф., 11–13 грудня 2014 р.— С. 60.
5. **Кравченко, Ю. В.** Управління апаратними і програмними ресурсами в комп'ютерній системі на основі методів і моделей штучного інтелекту / Ю. В. Кравченко, С. А. Микусь, Н. В. Руденко // Зв'язок.— 2014.— № 1.— С. 19–23.
6. **Майбутнє хмарних технологій: європейський погляд** [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://www.bureausolomatina.ru>
7. **Бізнес у хмарах.** Чим корисні хмарні технології для підприємця [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://kontur.ru/articles/225>
8. **Як вибрати провайдера хмарних послуг?** [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://www.cnews.ru/reviews/>

Рецензент: доктор техн. наук, професор А. І. Семенко, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Н. В. Руденко, М. А. Ющенко

ПОНЯТИЕ ОБЛАЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Предложен качественный анализ тематики облачных технологий в современных системах, использующих компьютеры и компьютерные системы, сопровождаемый пояснением содержания основных понятий. Рассмотрены важнейшие плюсы и минусы модели обслуживания облачных вычислений для компьютерных систем. Представлены прогнозы роста мирового рынка услуг в соответствии с облачной моделью.

Ключевые слова: компьютерная сеть; облачные технологии; ресурс (аппаратный, информационный); надежность; мобильность; доступность; экономичность; высокая технологичность.

N. V. Rudenko, M. A. Yushchenko

THE CONCEPT OF CLOUD COMPUTING IN THE MODERN WORLD

A qualitative analysis of cloud topics in modern systems using computers and computer systems explaining basic concepts. The main pros and cons of cloud service model calculations for computer systems. Presents forecasts of growth of the global services market according to the cloud model.

Keywords: computer network; cloud; resource (hardware, information); reliability; mobility; accessibility; economy; high technology.

УДК 621.391

В. Г. САЙКО, доктор техн. наук, професор;

О. В. ДІКАРЕВ, канд. техн. наук, доцент;

Л. М. ГРИЩЕНКО, здобувач;

В. І. КРАВЧЕНКО, аспірант;

Ю. О. МІЛОВА, аспірантка,

Державний університет телекомунікацій, Київ

АЛГОРИТМИ СТВОРЕННЯ ПРОРІДЖУВАНИХ КОДІВ

Запропоновано алгоритми стиснення (усунення надлишковості) закодованої двійкової інформації, що підлягає передаванню, а також повного її відновлення з використанням так званої сигнальної двійкової послідовності, що відбиває всі етапи стиснення.

Ключові слова: двійковий блоковий код; натуральний ряд чисел; процедура стиснення; процедура відновлення; сигнальна послідовність.

ВСТУП

Будь-яке кодове слово двійкового блокового коду можна подати у вигляді деякого натурального десяткового числа, а далі розглядати це число як відрізок натурального ряду, обмежений одиницею та даним числом. Якщо з цього відрізка вилучити (образно кажучи, виколоти) усі парні числа, він буде стиснений удвічі. Якщо до того ж із зазначеного відрізка вилучити числа, кратні трьом, то ступінь стиснення збільшиться ще на третину.

Кожний етап стиснення супроводжується створенням двійкової сигнальної послідовності, в якій нульовий символ відповідає парному числу, отриманому на цьому етапі, а одиничний — непарному, що дозволяє зрештою відновити стиснене число в його початковому вигляді.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Принцип стиснення і відновлення натуральних чисел

Візьмемо будь-яке натуральне число, більше за 33, наприклад 66, і подамо його як відрізок натурального ряду в описаний шойно спосіб (табл. 1).

До складу цього відрізка входять, зокрема, парні числа та числа, кратні трьом.

Якщо вилучити (виколоти) із даного відрізка всі парні числа, то утворений відрізок міститиме вдвічі менше елементів, ніж початковий, тобто 33 елементи. Саме це число являє собою кінець наступного відрізка, що включає в себе 17 елементів. Із нього знову вилучаються всі парні числа.

Описана процедура триває доти, доки не залишиться таке число — назвемо його *остаточним числом*, яке вже неможливо (або немає сенсу) стиснути.

Пропонований принцип стиснення і подальшого відновлення натуральних чисел розглянемо на прикладах, оформлених у вигляді таблиць. Так, окрім табл. 1 процедуру стиснення ілюструють табл. 3, 5, 7, 9, 11 і 13.

© В. Г. Сайко, О. В. Дікарев, Л. М. Грищенко, В. І. Кравченко, Ю. О. Мілова, 2017

У верхній ліворуч клітинці такої таблиці міститься початкове число, а у верхній праворуч клітинці — результат його стиснення (проріджування) за рахунок вилучення всіх парних чисел, як це зроблено в табл. 1, де початкове число дорівнює 66.

Оскільки початкове число парне, то в результаті проріджування відповідного відрізка дістаємо відрізок, що містить 33 непарні числа.

Паралельно з процесом стиснення початкового числа для правильного його зворотного відновлення створюється двійкова сигнальна послідовність S , в яку після кожного етапу стиснення додається один біт. Зокрема, початкове парне число 66 позначається в сигнальній послідовності нульовим бітом, а непарне число 33, розміщене у другій праворуч клітинці табл. 1, позначається в сигнальній послідовності одиничним бітом. На наступному (третьому) етапі проріджування залишається відрізок натурального ряду, що складається з 9 членів, правий кінець якого дорівнює непарному числу 17. Тому відповідний біт сигнальної послідовності етапу також одиничний.

Останні два етапи стиснення дають відповідно п'яти- і трьохелементний відрізок натурального ряду, кінець якого — непарне число, якому відповідає одиничний біт у сигнальній послідовності.

Зауважимо, що сигнальна послідовність формується знизу вгору, а біти в ній розміщуються справа наліво.

Порядок відновлення початкового числа 66 за остаточним числом 3 і сигнальною послідовністю ілюструє табл. 2. При цьому аналіз сигнальної послідовності здійснюється у зворотному порядку, тобто зліва направо.

Для підвищення ефективності стиснення натурального числа потрібно збільшити ступінь стиснення на кожному етапі. Цього можна досягти, якщо окрім парних чи непарних чисел виколувати числа, кратні трьом. У результаті буде досягнуто в середньому триразового стиснення.

Таблиця 1

Процедура стиснення парного числа 66

Відрізок натурального ряду	Кількість чисел, що залишилися	Результат стиснення
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66	33	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33	17	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	9	1 3 5 7 9 11 13 15 17
1 2 3 4 5 7 8 9	5	1 3 5 7 9
1 2 3 4 5	3	1 3 5

Результат стиснення: сигнальна послідовність $S = 111110$; остаточне число 3.

Таблиця 2

Процедура відновлення парного числа 66

Вихідні дані: сигнальна послідовність $S = 111110$; число 3.

Результат стиснення	Кількість чисел, що залишилися	Відрізок натурального ряду
1 3 5	3	1 2 3 4 5
1 3 5 7 9	5	1 2 3 4 5 7 8 9
1 3 5 7 9 11 13 15 17	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33	17	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 66	33	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66

Результат відновлення: початкове число 66.

Послідовність стиснення і відновлення непарного числа 151 за одним із можливих алгоритмів, коли на кожному етапі з відрізка натурального ряду вилучаються числа, кратні 2 і 3, унаочнюють відповідно табл. 3 і 4.

У разі стиснення непарного числа 151 після першого етапу прорідження відповідного відрізка залишається 51 його елемент, причому стиснений відрізок закінчується тим самим числом 151, що

й початковий відрізок. Сигнальна послідовність, яка супроводжує цей процес, отримує два одиничні біти, перший з яких відповідає початковому відрізку з правим кінцем, що дорівнює 151, а другий — прорідженому на першому етапі відрізку, що включає в себе 51 число, останнє з яких дорівнює 151. На другому етапі відрізок, який містить 51 елемент, завдяки прорідженню скорочується до 18 елементів. В обох випадках маємо приблизно триразове стиснення. Оскільки і на другому етапі отриманий відрізок закінчується числом 51, у сигнальну послідовність додається двійкова одиниця. Далі, проріджуючи відрізок, що містить 18 чисел, дістаємо відрізок із шести чисел, кратних 2 і 3.

Шостий елемент стисненого відрізка натурального ряду зі значенням 18, що йде після непарного числа 17, залишено для того, аби кінець стисненого відрізка збігався з кінцем відрізка, поданого в третій зверху клітинці першого стовпця табл. 3. При цьому сигнальна послідовність отримує двійковий нуль.

Той факт, що відрізок натурального ряду створюється додаванням у кінці його наступного числа позначається символами 0 !!!.

На цьому процес стиснення можна припинити. Але можна виконати ще один етап стиснення, який наведено в четвертому рядку табл. 3.

Таблиця 3

Процедура стиснення непарного числа 151

Відрізок натурального ряду	Кількість чисел, що залишилися	Результат стиснення
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 39 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151	51	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 53 55 59 61 65 67 71 73 77 79 83 85 89 91 95 97 101 103 107 109 113 115 119 121 125 127 131 133 137 139 143 145 149 151
1 2 3 4 7 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51	18	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	7	1 5 7 11 13 17 18 0 !!!

Результат стиснення: сигнальна послідовність $S = 0111$; остаточне число 3.

Таблиця 4

Процедура відновлення непарного числа 151
Вихідні дані: сигнальна послідовність $S = 0111$; число 3.

Результат стиснення	Кількість чисел, що залишилися	Відрізок натурального ряду
1 5 7 11 13 17 18	7	1 5 7 11 13 17 18 0 !!!
1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51	18	1 2 3 4 7 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51
1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 53 55 59 61 65 67 71 73 77 79 83 85 89 91 95 97 101 103 107 109 113 115 119 121 125 127 131 133 137 139 143 145 149	51	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 39 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151

Результат відновлення: початкове число 151.

Алгоритм стиснення і відновлення відрізків натурального ряду

Приклади, наведені в табл. 1–4 показують, що може бути кілька алгоритмів стиснення і відновлення того чи іншого числа, бо з одного й того самого відрізка натурального ряду можна виколувати елементи з різними властивостями: числа, кратні двом і трьома, кратні двом, трьома і п'яти; кратні двом, трьома, п'яти і семи і т. ін. У всіх таких випадках алгоритми стиснення і відновлення принципово різні. Проте для кожного конкретного виду елементів відрізка натурального ряду, що підлягають виколуванню, існує кілька різних алгоритмів стиснення і відновлення. Це пов'язано з особливим розміщенням

елементів із різними властивостями всередині відрізка. Тому при побудові зазначених алгоритмів такі варіанти слід урахувати. До найпростіших алгоритмів перетворення відрізків натурального ряду належить виключування елементів, кратних 2, а також 2 і 3, як це впливає з уже наведених прикладів, а також поданих у табл. 5–14.

Таблиця 5

Процедура стиснення парного числа 50

Відрізок натурального ряду	Кількість чисел, що залишилися	Результат стиснення
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	18	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 50 0!!!
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	7	1 5 7 11 13 17 18 0!!!
1 2 3 4 5 6 7	3	1 5 7

Результат стиснення: $S = 1000$; остаточно число 3.

Особливості відновлення чисел при проріджуванні відрізка натурального ряду вилученням парних чисел і чисел, кратних 3, ілюструють табл. 6, 8, 10, 12, 14.

Таблиця 6

Процедура відновлення парного числа 50

Вихідні дані: $S = 1000$; число 3.

Результат стиснення	Кількість чисел, що залишилися	Відрізок натурального ряду
1 5 7	3	1 2 3 4 5 6 7
1 5 7 11 13 17 18	7	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 50	18	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

Результат відновлення: початкове число 50.

Таблиця 7

Процедура стиснення непарного числа 51

Відрізок натурального ряду	Кількість чисел, що залишилися	Результат стиснення
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51	18	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	7	1 5 7 11 13 17 18 0!!!
1 2 3 4 5 6 7	3	1 5 7

Результат стиснення: $S = 1011$; остаточно число 3.

Таблиця 8

Процедура відновлення непарного числа 51

Вихідні дані: $S = 1011$; число 3.

Результат стиснення	Кількість чисел, що залишилися	Відрізок натурального ряду
1 5 7	3	1 2 3 4 5 6 7
1 5 7 11 13 17 18	7	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51	18	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51

Результат відновлення: початкове число 51.

Таблиця 9

Процедура стиснення парного числа 52

Відрізок натурального ряду	Кількість чисел, що залишилися	Результат стиснення
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52	19	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51 52 0!!!
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	7	1 5 7 11 13 17 19
1 2 3 4 5 6 7	3	1 5 7

Результат стиснення: $S = 1100$; остаточно число 3.

Таблиця 10

Процедура відновлення парного числа 52

Вихідні дані: $S = 1100$; число 3.

Результат стиснення	Кількість чисел, що залишилися	Відрізок натурального ряду
1 5 7	3	1 2 3 4 5 6 7
1 5 7 11 13 17 19	7	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51 52	19	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52

Результат відновлення: початкове число 52.

Таблиця 11

Процедура стиснення непарного числа 53

Відрізок натурального ряду	Кількість чисел, що залишилися	Результат стиснення
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53	19	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51 53
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	7	1 5 7 11 13 17 19
1 2 3 4 5 6 7	3	1 5 7

Результат стиснення: $S = 1111$; остаточно число 3.

Таблиця 12

Процедура відновлення непарного числа 53

Вихідні дані: $S = 1111$; число 3.

Результат стиснення	Кількість чисел, що залишилися	Відрізок натурального ряду
1 5 7	3	1 2 3 4 5 6 7
1 5 7 11 13 17 19	7	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51 53	19	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53

Результат відновлення: початкове число 53.

Таблиця 13

Процедура стиснення парного числа 54

Відрізок натурального ряду	Кількість чисел, що залишилися	Результат стиснення
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54	20	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51 53 54 0!!!
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	8	1 5 7 11 13 17 19 20 0!!!
1 2 3 4 5 6 7 8	4	1 5 7 8 0!!!

Результат стиснення: $S = 0000$; остаточно число 4.

Таблиця 14

Процедура відновлення парного числа 54

Вихідні дані: $S = 0000$; число 4.

Результат стиснення	Кількість чисел, що залишилися	Відрізок натурального ряду
1 5 7 8	4	1 2 3 4 5 6 7 8
1 5 7 11 13 17 19 20	8	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43 47 49 51 53 54	20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54

Результат відновлення: початкове число 54.

Зауважимо, що алгоритми стиснення і відновлення п'яти послідовних чисел 50, 51, 52, 53, 54, дозволяють врахувати всі особливості взаємного розташування чисел на відрізку натурального ряду, які можуть призвести до алгоритмічних відхилень. Так, на основі проведеного аналізу було встановлено такі закономірності.

◆ Коли число, що зазнає стиснення, непарне і не кратне 3, воно не змінюється, а в сигнальну послідовність додається одиниця.

◆ Коли число, що зазнає стиснення, непарне і кратне 3, воно не вилучається з даного відрізка натурального ряду, а в сигнальну послідовність додається одиниця.

◆ Коли число, що зазнає стиснення, парне, воно приписується в кінці прорідженого відрізка натурального ряду, а в кінці сигнальної послідовності додається нуль.

◆ Коли число, що зазнає стиснення, парне, а перед ним іде непарне число, кратне 3, останнє не вилучається, а проріджений відрізок доповнюється числом, що зазнає стиснення, і в сигнальну послідовність додається нуль.

При відновленні початкового числа здійснюється аналіз двійкових чисел сигнальної послідовності, в якій наявність нульового біта означає доповнення відрізка натурального ряду наступним по порядку парним числом.

Отримувачеві інформації надсилається стислий еквівалент початкового числа — остаточне число і сигнальна послідовність у вигляді двійкового числа. Ефективність проріджуваних кодів зростає зі збільшенням довжини кодового слова.

ВИСНОВКИ

1. Вилучення з відрізка натурального ряду елементів, що мають різні властивості, призводить до утворення різних алгоритмів стиснення і відновлення натуральних чисел.

2. Ефективність стиснення зростає зі збільшенням довжини кодового слова.

3. Стиснення проріджуваних кодів стає більш ефективним при одночасному вилученні з відрізка натурального ряду чисел, кратних 2, 3 і, скажімо, 5, 7 тощо.

4. Проріджувані коди зручно використовувати разом із циклічними або кільцевими кодами.

Список використаної літератури

1. Давенпорт, Г. Высшая арифметика. Введение в теорию чисел / Г. Давенпорт.— М.: Наука.— 1965.— 16 с.

2. Василенко, О. Н. Теоретико-числовые алгоритмы в криптографии / О. Н. Василенко.— М.: МЦНМО, 2003.— 328 с.

3. Берлекэмп, Э. Алгебраическая теория кодирования; пер. с англ. / Э. Берлекэмп.— М.: Мир, 1971.— 477 с.

4. Маховенко, Е. Б. Теоретико-числовые методы в криптографии: учеб. пособие / Е. Б. Маховенко.— М.: Гелиос АРВ, 2006.— 320 с.

5. Коблиц, Н. Курс теории чисел и криптографии / Н. Коблиц.— М.: Гели, 2001.— 254 с.

Рецензент: доктор техн. наук, професор Б. Ю. Жураковський, Державний університет телекомунікацій, Київ.

В. Г. Сайко, А. В. Дикарев, Л. Н. Грищенко, В. И. Кравченко, Ю. А. Милова

АЛГОРИТМЫ СОЗДАНИЯ ПРОРЕЖИВАЕМЫХ КОДОВ

Предложены алгоритмы сжатия (устранения избыточности) закодированной двоичной информации, подлежащей передаче, а также полного ее восстановления с использованием так называемой сигнальной двоичной последовательности, отражающей все этапы сжатия.

Ключевые слова: двоичный блочный код; натуральный ряд чисел; процедура восстановления; сигнальная последовательность.

V. H. Sayko, O. V. Dikarev, L. M. Hryshchenko, V. I. Kravchenko, Yu. A. Milova

CREATING ALGORITHMS OF THE PUNCTURED CODES

In work the algorithms for compression and decompression of whole natural numbers are represented. Any binary block code can be represented as an unsigned integer number specified with natural numbers in the range of numbers from one to the value of the original integer. If you remove (gouge out) from this series of natural numbers, all numbers that are multiples of two, a natural number will be compressed twice. If further from the natural numbers to remove the multiples of three, then the compression is further increased by a third. At each stage of compression at the same time a binary signal sequence is created, each bit of which corresponds to one stage of compression of the initial integer, and which allows you to restore a compressed number in its original form.

Keywords: binary block code; natural number series; compression procedure; rebuilding procedure.

УДК 656.8.001

Л. О. ЯЩУК, доктор техн. наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України,
Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова

ПОШТОВІ ІНДЕКСИ: натуральні числа *vs* напрями сортування

Виявлено додаткові переваги запропонованої автором інноваційної технології багатоетапного висхідного сортування поштових одиниць (ПО), в якій поштові індекси (ПІ) розглядаються як натуральні числа, усупереч традиційній технології багатоетапного низхідного сортування ПО, в якій ПІ розглядаються як напрями сортування ПО.

Ключові слова: ПО; ПІ; багатоетапне висхідне сортування ПО; багатоетапне низхідне сортування ПО.

Вступ

Поштові індекси являють собою цифрові позначення назв об'єктів поштового зв'язку (ОПЗ), до яких виконується сортування ПО при їх автоматизованому або ручному сортуванні.

Загальна кількість m ОПЗ, до яких виконується сортування ПО, кількість n накопичувачів автоматичних сортувальних машин (АСМ) або сортувальних шаф (СШ) ручного сортування ПО і кількість k етапів багатоетапного сортування ПО пов'язані співвідношенням $m = n^k$.

Залежно від прийнятої технології сортування ПО значення цифр ПІ можуть використовуватися в один із двох способів.

У традиційній технології низхідного сортування (від ОПЗ найвищого рівня ієрархії до ОПЗ найнижчого рівня ієрархії) цифри ПІ відповідають рівням ієрархії ОПЗ, до яких здійснюється сортування ПО, тобто використовуються як напрями сортування на відповідних його етапах.

У запропонованій автором інноваційній технології висхідного сортування (від ОПЗ найнижчого рівня ієрархії до ОПЗ найвищого рівня ієрархії) ПІ розглядаються як натуральні числа N_1, N_2, \dots, N_m , а сортування ПО за цими числами — як їх упорядкування згідно з відношенням порядку $N_i \leq N_{i+1}$.

Особливість упорядкування ПІ як натуральних чисел за відношенням порядку $N_i \leq N_{i+1}$ полягає в тому, що, по-перше, у процесі упорядкування ми оперуємо лише одним числом, яке відповідає ПІ тієї ПО, яка в цей час сортується, а по-друге — у тому, що в даний момент нам доступні не всі цифри ПІ, а лише ті, за якими виконується сортування.

За таких обмежень упорядкування ПІ як натуральних чисел можливе лише при розгляданні цифр ПІ справа наліво, тобто від молодших цифр ПІ до його старших цифр, що відповідає сортуванню ПО висхідним порядком від ОПЗ найнижчого рівня ієрархії до ОПЗ найвищого її рівня.

Проте слід урахувувати, що при впорядкуванні заданої множини ПО у висхідному порядку ми водночас автоматично впорядковуємо їх і за низхідним принципом. Адже для цього достатньо розглянути відсортовані ПО в зворотному порядку, і тоді ПО, відсортовані за висхідним принципом, можна відправляти до ОПЗ у низхідному порядку. При цьому результати висхідного сортування ПО формально збігаються з результатами їх низхідного сортування, чого ніяк не можна сказати про техніко-економічні показники висхідного і низхідного сортування ПО.

Приклади низхідного і висхідного сортування ПО

Приклад трьохетапного низхідного сортування ПО за наявності $n = 10$ накопичувачів A_0, A_1, \dots, A_9 наведено в табл. 1. Для скорочення записів підетапи другого та третього етапів низхідного сортування, на яких відсутні сортувальні групи, опущено. Цифри, за якими здійснюється сортування, підкреслено.

Приклад трьохетапного висхідного сортування ПО наведено в табл. 2. Початкові дані збігаються з наведеними у табл. 1.

Зауважимо, що хоча вміст накопичувачів після виконання кожного з підетапів останнього (третього) етапу низхідного сортування по рядках табл. 2 збігається з вмістом накопичувачів після виконання останнього (третього) етапу висхідного сортування по стовпцях табл. 2, принципова різниця між низхідним і висхідним сортуванням полягає ось у чому. Для виконання багатоетапного низхідного сортування необхідно зберігати всі групи відсортованих на попередніх етапах сортування ПО до кінця сортування, що за наявності n накопичувачів АСМ або СШ вимагає для зберігання зазначених груп ПО максимально n комірок після виконання першого, n^2 комірок після виконання другого, n^3 комірок після виконання третього етапу сортування, усього $n + n^2 + n^3$ комірок, тоді як для виконання багатоетапного висхідного сортування такої потреби немає, оскільки всі відсортовані на кожному етапі висхідного сортування групи ПО автоматично зберігаються у вигляді єдиної групи, утвореної з усіх відсортованих груп без їх змішування.

© Л. О. Ящук, 2017

Таблиця 1

Приклад трьохетапного низхідного сортування ПО

Початкова послідовність напрямів сортування										
625, 278, 309, 018, 540, 192, 678, 777, 913, 114, 007, 596, 250, 002, 116, 257, 303, 592, 778, 999										
Етап сортування	Розподіл напрямів сортування за накопичувачами АСМ або СШ									
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
1	018 007 002	192 114 116	278 250 257	309 303		540 596 592	625 678	777 778		913 999
2.0	007 002	018								
2.1		114 116								192
2.2						250 257		278		
2.3	309 303									
2.5					540					596 592
2.6			625					678		
2.7								777 778		
2.9		913								999
3.0.0			002					007		
3.0.1									018	
3.1.1					114		116			
3.1.9			192							
3.2.5	250							257		
3.2.7									278	
3.3.0				303						309
3.5.4	540									
3.5.9			592				596			
3.6.2						625			678	
3.7.7								777	778	
3.9.1				913						
3.9.9										999

Таблиця 2

Приклад трьохетапного висхідного сортування ПО

Початкова послідовність напрямів сортування										
625, 278, 309, 018, 540, 192, 678, 777, 913, 114, 007, 596, 250, 002, 116, 257, 303, 592, 778, 999										
Розподіл напрямів сортування за накопичувачами АСМ або СШ після першого етапу сортування										
A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	
540 250		192 002 592	913 303	114	625	596 116	777 007 257	278 018 678 778		309 999
Послідовність напрямів сортування після першого етапу сортування										
540, 250, 192, 002, 592, 913, 303, 114, 625, 596, 116, 777, 007, 257, 278, 018, 678, 778, 309, 999										
Розподіл напрямів сортування за накопичувачами АСМ або СШ після другого етапу сортування										
A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	
002 303 007 309	913 114 116 018		625		540	250 257	777 278 678 778			192 592 596 999
Послідовність напрямів сортування після другого етапу сортування										
002, 303, 007, 309, 913, 114, 116, 018, 625, 540, 250, 257, 777, 278, 678, 778, 192, 592, 596, 999										
Розподіл напрямів сортування за накопичувачами АСМ або СШ після третього етапу сортування										
A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	
002 007 018	114 116 192	250 257 278	303 309		540 592 596	625 678	777 778			913 999
Послідовність напрямів сортування після третього етапу сортування										
002, 007, 018, 114, 116, 192, 250, 257, 278, 303, 309, 540, 592, 596, 625, 678, 777, 778, 913, 999										

Техніко-економічні показники висхідного і низхідного багатоступінчатого сортування ПО

Основні техніко-економічні показники висхідного і низхідного багатоступінчатого сортування ПО при $n = 100, k = 3$ подано в табл. 3.

Таблиця 3

Основні техніко-економічні показники висхідного і низхідного багатоступінчатого сортування ПО

Показники	Висхідне сортування	Низхідне сортування
Кількість програм сортування	3	10101
Кількість розвантажень накопичувачів АСМ або СШ	300	1010100
Простої АСМ або СШ у процесі виконання етапів сортування	Після виконання кожної з 3 програм сортування	Після виконання кожної з 10101 програм сортування
Витрати обладнання для проміжного зберігання відсортованих груп ПО	Відсутні	Мінімум 300, максимум 1010100 робочих комірок
Формування відправлень ПО до одного ОПЗ	З одного накопичувача АСМ або СШ	Зі 100 робочих комірок
Характер багатоступінчатого сортування ПО	З перервами, пов'язаними з необхідністю розвантаження накопичувачів АСМ або СШ лише після кожного етапу сортування і безупинний у межах кожного етапу багатоступінчатого сортування	З перервами, пов'язаними з необхідністю розвантаження накопичувачів АСМ або СШ після кожного підетапу багатоступінчатого сортування
Реальна продуктивність сортування ПО порівняно з номінальною (орієнтовно)	$Q_{\text{ном}}$ на всіх етапах сортування ПО	$Q_{\text{ном}}$ на першому, $Q_{\text{ном}}/10$ на другому, $Q_{\text{ном}}/100$ на третьому етапах сортування ПО
Можливість суміщення сортування ПО з їх маршрутним сортуванням	Існує	Відсутня

Як випливає з табл. 3, низхідне багатоступінчатне сортування ПО за всіма техніко-економічними показниками катастрофічно поступається висхідному багатоступінчатому сортуванню ПО.

Тим більше здивування викликає той факт, що при цьому в практиці багатоступінчатого сортування ПО Української пошти висхідне сортування ПО не знайшло скільки-небудь помітного застосування.

Рецензент: доктор техн. наук, ст. наук. співробітник М. М. Степанов, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Л. Е. Яцук

ПОЧТОВЫЕ ИНДЕКСЫ: НАТУРАЛЬНЫЕ ЧИСЛА vs НАПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВКИ

Выявлены дополнительные преимущества предложенной автором инновационной технологии многоэтапной восходящей сортировки почтовых единиц (ПЕ), в которой почтовые индексы (ПИ) рассматриваются как натуральные числа, перед традиционной технологией многоэтапной нисходящей сортировки ПЕ, в которой ПИ рассматриваются как направления сортировки ПЕ.

Ключевые слова: ПЕ; ПИ; многоэтапная восходящая сортировка ПЕ; многоэтапная нисходящая сортировка ПЕ.

L. O. Yashchuk

POSTAL INDEXES: NATURAL NUMBERS vs SORTING DIRECTIONS

This paper shows the additional preferences proposed by its author innovative multistages ascending postal units (PU) sorting technology that considers postal indexes (PI) as natural numbers contrary to traditional multistages descending PU sorting technology that considers PI as sorting directions.

Keywords: PU; PI; ascending multistages PU sorting; descending multistages PU sorting.

Передплату на загальногалузевий науково-виробничий журнал «ЗВ'ЯЗОК» можна оформити за «Каталогом видань України» та «Каталогом видань зарубіжних країн»:

- ❖ у відділеннях поштового зв'язку
- ❖ в операційних залах поштамтів
- ❖ у пунктах приймання передплати
- ❖ на сайті ДП «Преса» www.presa.ua
- ❖ на сайті УДППЗ «Укрпошта» www.ukrposhta.ua

ПЕРЕДПЛАТНИЙ ІНДЕКС 74224



УДК 004.021

В. О. ВЛАСЕНКО, аспірант,

Державний університет телекомунікацій, Київ

МЕТОДИ ПОБУДОВИ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Розглянуто безпроводові сенсорні мережі (*Wireless Sensor Networks* — *WSN*) як складову інтернету речей. Проаналізовано методи побудови *WSN*, такі як зірка, кластерне дерево, кожний-із-кожним (чарункова). Сформовано узагальнену структуру моделювання *WSN*.

Ключові слова: безпроводові сенсорні мережі; інтернет речей; масштабованість мережі; система моделювання *WSN*.

Вступ

Безпроводові сенсорні мережі (*Wireless Sensor Networks* — *WSN*) дедалі активніше проникають в усі сфери життя та діяльність людини. За прогнозами провідних експертів у галузі телекомунікацій, сенсорні мережі як складова інтернету речей (*Internet of Things* — *IoT*) у середньостроковій перспективі посядуть важливе місце серед мереж зв'язку.

Головна особливість безпроводових сенсорних мереж — це здатність їх до самоорганізації. Локально згруповані та взаємозв'язані вузли, утворюючи мережу, мають змогу через один або кілька шлюзів передавати дані для подальшої обробки (наприклад, у мережі зв'язку загального користування). Поєднаність сенсорних мереж із мережами зв'язку загального користування змушує здійснювати розрахунок параметрів зазначених шлюзів, а отже, досліджувати природу навантаження, що циркулює в сенсорних мережах [7].

Основна частина

У період інтенсивного розвитку концепції *NGN* мережні структури *WSN* розглядалися у межах *NGN*. Тоді вважалося, що клієнтська база *WSN* невдовзі зросте до сотень мільйонів сенсорних вузлів. Проте стрімкий розвиток цієї нової технології, поява концепцій інтернету речей і Веб-речей (*Web of Things* — *WoT*) змусили переглянути перспективи розвитку *WSN*. Так, за сучасними прогнозами, кількість безпроводових пристроїв досягне 7 трлн на 7 млрд людей у світі вже до 2018–2020 років.

Сектор стандартизації Міжнародного союзу електров'язку розглядає нині можливість заміни концепції *NGN* на концепцію *розумних всепроникних мереж* (*Smart Ubiquitous Networks* — *SUN*), що містить концепцію *NGN* як одну зі своїх складових [1].

Поширення безпроводових мереж *IEEE 802.11* посприяло створенню систем, що підтримують самоорганізацію мереж, які працюють без інфраструктури. Самоорганізована мережа, як і всі мережі зв'язку, складається з мережі доступу та транзитної мережі. Мережа доступу має назву *Ad Hoc* (цільова мережа), а *транзитна мережа* — *mesh* (чарункова). Вузли мережі *Ad Hoc* не мають функцій маршрутизації і можуть взаємодіяти лише з найближчими вузлами. Тому вузли *Ad Hoc* називають *дочірніми* [1].

Передавання даних — пріоритетне завдання інфокомунікаційних систем, а тому моделі навантаження мають особливо важливе значення для оцінювання ефективності таких систем. Як показали дослідження трафіку мереж зв'язку, зокрема *WAN*, *LAN*, найпоширеніші моделі на базі пуассонівських чи близьких до них процесів не придатні для опису самоподібного мережного навантаження. Такі моделі через занадто оптимістичну оцінку продуктивності інфокомунікаційних мереж не дозволяють із прийнятною точністю розраховувати ресурси, що мають забезпечувати передавання та обробку даних, а це призводить до зниження якості обслуговування.

Розглянемо основні види мережного навантаження.

• Аварійна сигналізація — повідомлення цього типу передаються з мінімальними затримками і втратами.

• Мовні дані — дані, чутливі до джитеру і втрат.

• Протокольна сигналізація.

• Дані обслуговування, такі як прошіття та конфігурації, а також статичні файли (наприклад, фото), вимагають гарантованого доставляння, але не чутливі до затримок.

• Дані телеметрії — припустимий лише низький рівень втрат.

• Решта даних, що передаються без жодних гарантій.

Сучасні мережі надають широкий спектр послуг по єдиних каналах даних. При цьому кожна з мереж може мати власні вимоги щодо забезпечення якості обслуговування.

У Рекомендації *Y.1541* МСЕ-Т визначено шість класів обслуговування для мереж із комутацією пакетів на базі *IP*. Для розрахунку параметрів класів обслуговування використовуються нормовані

величини, розглянуті в Рекомендації Y.1540. Такі параметри застосовуються до послуг IP виду *точка-точка, кінцевий вузол до кінцевого вузла і мережних частин, які забезпечують або сприяють наданню таких послуг* [2].

Рекомендація Y.1540 визначає чотири головні параметри, за допомогою яких можна описати класи якості обслуговування на базі IP мереж:

- середня затримка пакетів (**IPTD** — *IP Packet Time Delay*);
- варіація затримки пакетів (джитер) (**IPDV** — *IP Packet Delay Variation*);
- імовірність втрати пакета (**IPLR** — *IP Packet Lost Rate*);
- імовірність помилкового передавання пакета (**IPER** — *IP Packet Error Rate*).

Умови застосування та призначення сенсорних мереж не дозволяють повною мірою реалізовувати класи обслуговування, регламентовані в Рекомендації Y.1541. Порівнюючи існуючий набір класів специфікації Y.1541 та запропонований набір для WSN, виявляємо два класи, не включені в згадану Рекомендацію: дані аварійної сигналізації та дані, які вимагають гарантованого доставляння, але не чутливі до затримок. Важлива особливість даних аварійної сигналізації полягає в тому, що затримки при їх передаванні можуть вноситися тільки на фізичному рівні.

Зауважимо, що сенсорні мережі — результат поєднання множини автономних пристроїв, які спільно функціонують, виконуючи поставлене перед мережею завдання (наприклад, здійснюють збір даних із датчиків, автоматизацію технологічних процесів тощо).

Головне завдання мереж WSN — організація сукупності сенсорів із використанням багатьох порівняно простих датчиків на відміну від традиційного підходу, який передбачає розміщення кількох дорогих і складних модулів зондування. Окрім того, ці мережі забезпечують велику зону охоплення, точність і надійність у поєднанні з економічністю функціонування.

Як показала практика, персональні мережі IEEE 802.15.4 знайшли своє застосування й у сфері WSN під назвою *повільна безпроводова персональна мережа (Low Rate Wireless Personal Area Network — LR-WPAN)*.

При створенні протоколу IEEE 802.15.4 було висунено певні вимоги: мережа мала бути надійна, легка в розгортанні, із простим протоколом і низьким енергоспоживанням, аби тривалий час вона могла працювати на базі акумуляторних батарей [4]. При цьому вимоги стосовно дальності дії та швидкості передавання порівняно невисокі.

Мережі IEEE 802.15.4 мають такі особливості:

- швидкість передавання — 250; 40 і 20 кбіт/с;
- використання короткої 16-бітової або розширеної 64-бітової адресації;
- призначення гарантованих часових інтервалів (*Guaranteed Time Slot — GTS*);
- використання множинного доступу з контролем носійної і запобіганням колізіям (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance — CSMA-CA*);
- протокол із підтвердженнями для гарантованого передавання;
- виявлення сигналу (*Energy Detection — ED*);
- індикатор якості каналу зв'язку (*Link Quality Indicator — LQI*);
- 16 каналів у смузі частот 2450 МГц; 10 каналів у смузі частот 915 МГц і один канал у смузі частот 868 МГц.

Мережі IEEE 802.15.4 підтримують архітектуру трьох типів: *зірка, кластерне дерево і чарункова*, або *кожний із кожним* (рис. 1). В архітектурі *зірка* зв'язок встановлюється між пристроями і єдиним центральним контролером — координатором. Такі пристрої мають, як правило, кілька супутніх застосувань і являють собою або вузол початку передавання, або вузол призначення для сеансів зв'язку в мережі.

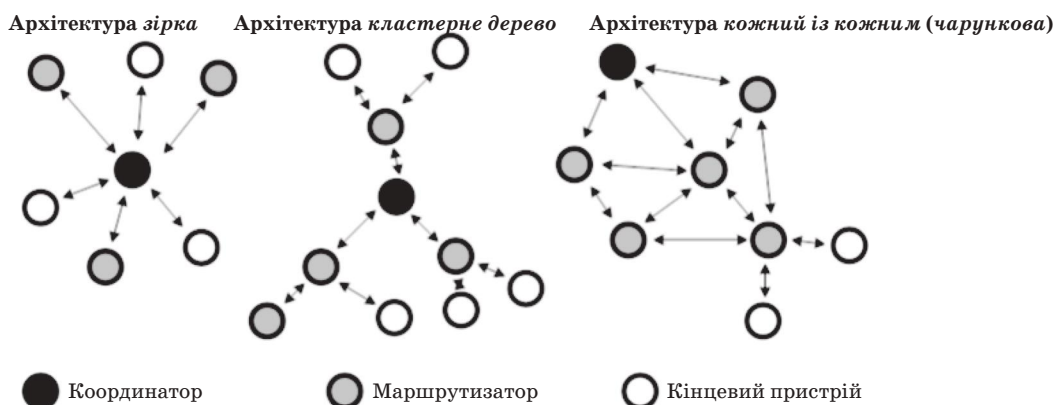


Рис. 1. Типи архітектури для мереж IEEE 802.15.4

У мережі з архітектурою *кластерне дерево* передавання даних і повідомлень управління через мережу здійснюється з використанням ієрархічної стратегії вибору маршруту і може відбуватися під централізованим управлінням. Для цього на фізичному рівні потрібно використовувати періодичні сигнали маяків від координаторів IEEE 802.15.4 [1].

Для створення складної архітектури, такої як *кластерне дерево* і *чарункова*, потрібна реалізація на мережному рівні моделі взаємодії відкритих систем. Існує кілька відповідних протоколів, серед яких найбільш відомі ZigBee і IETF 6LoWPAN [7].

Індустріальний стандарт ZigBee — це розробка організацією ZigBee Alliance, до складу якої входять провідні розробники обладнання та програмного забезпечення для WSN. Остання версія специфікації ZigBee побачила світ 2007 року. При розробці стека протоколів ZigBee було враховано надбання розробників, що працюють у сфері локальних низькошвидкісних економічних безпроводових мереж. Специфікація ZigBee забезпечує стандартизовану організацію безпроводового зв'язку між пристроями від різних виробників у багатьох прикладних сферах, а також пропонує методи, що сприяють швидкому розгортанню і запуску розподілених безпроводових систем управління та спостереження [9].

Що ж до робочої групи IETF 6LoWPAN, то її було сформовано для розв'язання проблеми передавання IP-пакетів по каналах IEEE 802.15.4 згідно з відкритими стандартами та забезпечення взаємодії з іншими IP-каналами й пристроями, так само як і з пристроями IEEE 802.15.4.

Зазначене вирішення відзначається багатьма перевагами. Кожний сенсор у 6LoWPAN мережі має персональну IPv6 адресу. Це дозволяє багатьом компаніям виробляти LR-WPAN пристрої, здатні працювати разом і взаємодіяти в одній мережі на базі мережних комп'ютерів і наявного обладнання. Кожний вузол сенсорної мережі стає доступний із зовнішніх мереж за IP-адресою. Цим самим усувається потреба в комплексних шлюзах для кожного локального IEEE 802.15.4 протоколу і чисельних адаптерів, використовуваних додатками для зв'язку через ці шлюзи, а також спрощується багато специфічних для шлюзів процедур автентифікації і безпеки. Чимало усталених, базованих на IP-протоколі програмних інструментів, таких як ping, traceroute чи SNMP, можна відразу ж використовувати для об'єднання в мережу й обслуговування LR-WPAN пристроїв. Окрім того, на основі IP можуть бути легко реалізовані функції NAT (підміна адрес), розподіл навантаження та кешування. Відомі моделі передавання даних на програмному рівні та сервіси на базі HTTP/XML/SOAP дозволяють спростити розроблення додатків для LR-WPAN мереж і уніфікувати інтеграцію пристроїв в існуючу корпоративну мережу при використанні 6LoWPAN [9].

З'єднання типу *точка–точка* і *зірка* підходять для найпростіших додатків, мають мінімальну вартість та найнижче енергоспоживання, дозволяючи використовувати стратегію стандартного множинного доступу. У кожній мережі з топологією *зірка* є один координатор мережі.

Топологія *кластерне дерево* забезпечує масштабованість мережі та розширення зони покриття, не вимагаючи додаткових витрат на інфраструктуру. Мережа цього типу може включати в себе кілька підмереж із топологією *зірка*.

У разі *чарункової* топології немає виділених маршрутизаторів, і тоді будь-який мережний вузол може виконувати функції маршрутизатора для інших пристроїв у мережі. Проте термін служби вузлів зменшується за рахунок підвищеного обчислювального навантаження та частішого використання приймача.

Моделювання сенсорних мереж дозволяє істотно знизити часові та фінансові витрати на їх розробку й налагодження.

Узагальнену структуру системи такого моделювання подано на рис. 2. Розглянемо окремі її компоненти.

Менеджер подій забезпечує видачу останніх на датчики вузлів мережі із заданою частотою і відповідно до параметрів вузлів (їхніх датчиків) [9].

Модель вузла мережі, що слугує для симуляції функціонування вузлів реальних мереж, має такі характеристики: координати (x, y) у двовимірному або (x, y, z) у тривимірному просторі; заряд батареї, мА; потужність передавача, Вт (або дБп); енергоспоживання при передаванні даних, мА; чутливість приймача, дБ (мінімальний рівень відношення С/Ш, при якому можливе приймання); енергетичні витрати на приймання даних; період активної роботи (як часто вузол переходить із режиму очікування в активний); тривалість роботи в активному режимі, с; енерговитрати в активному режимі, мА; витрати на роботу в режимі економії енергії, мА; витрати енергії на обробку подій від датчиків, мА; затримка при прийманні та передаванні пакетів, с; затримка на обробку подій, с; стан вузла (режим роботи, роботоздатність); довжина переданих пакетів, біт.

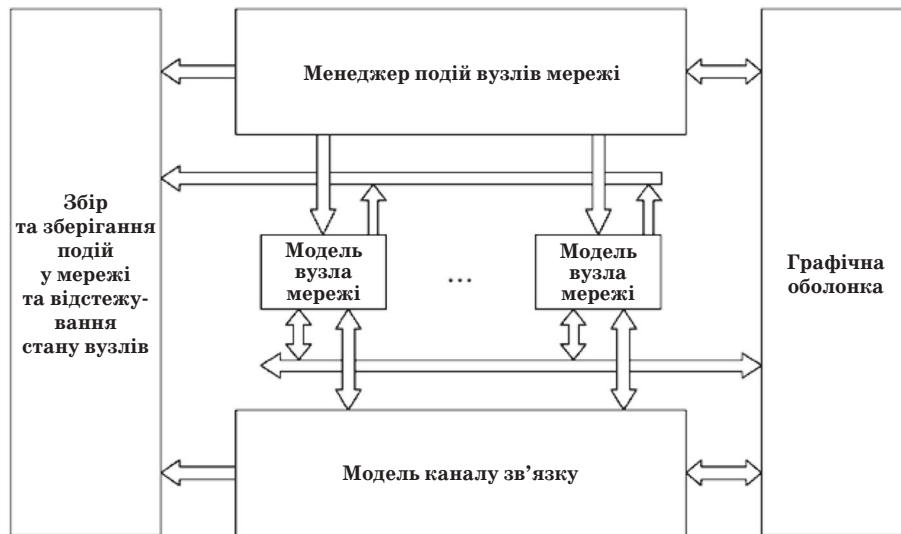


Рис. 2. Узагальнена структура системи моделювання сенсорної мережі

Кожний вузол WSN може працювати в кількох режимах. Режими роботи змінюються самим вузлом або під впливом зовнішніх подій. Режими роботи та переходи від режиму до режиму можуть бути подані у вигляді автомата, як це зображено на рис. 3.



Рис. 3. Режими роботи вузла WSN

Режими роботи вузла WSN мають такий сенс.

1. *Ініціалізація* — дії, виконувані вузлом при ввімкненні.
2. *Енергозберігальний режим* — режим із мінімальним енергоспоживанням (елементи вузла, що споживають найбільше енергії, у цьому режимі вимкнено).
3. *Активний режим* — вузол мережі виконує обробку даних, отриманих від датчиків, або тих, що надійшли по каналу зв'язку.
4. *Передавання* — режим передавання даних до інших вузлів.
5. *Приймання* — режим приймання даних від інших вузлів мережі.
6. *Нероботоздатний стан вузла* — виникає в разі розрядження джерела живлення (батареї).

Розглядувана модель забезпечує передавання пакетів даних між вузлами з урахуванням загасання сигналу, внесення помилок у пакети даних, а також втрати пакетів. Модель каналу зв'язку передбачає стан зайнятості (за рівнем сигналу).

Нехай $P_{\text{прм}}$ і $P_{\text{прд}}$ — потужність сигналу відповідно на боці приймача і на боці передавача. Тоді маємо:

$$P_{\text{прм}} = \frac{P_{\text{прд}}}{(1 + d^y)} (1 + a)(1 + b),$$

де d — відстань між передавачем і приймальним вузлом; y — ступінь загасання (типове значення змінюється від 2 до 5); a, b — випадкова величина з нормальним розподілом і нульовим середнім значенням, що залежить відповідно від відстані між вузлами та від часу.

Пакет даних вважається прийнятим, якщо рівень сигналу на боці приймача більший, ніж рівень чутливості приймача: $P_{\text{прм}} > C/\text{Ш}$ [9].

Програмна частина зі збору та зберігання подій у мережі та її стану (див. рис. 2) дає змогу відстежувати поведінку модельованої мережі в процесі її роботи.

Графічна оболонка (див. рис. 2) забезпечує розміщення (автоматичне або в ручному режимі) вузлів у просторі, а також задання параметрів мережі та параметрів менеджера подій, із відображенням стану вузлів і подій у мережі та передаваних пакетів даних.

Висновки

◆ Обґрунтовано актуальність сенсорних мереж, які завдяки своїй здатності до самоорганізації забезпечують достатньо високу якість обслуговування.

◆ Сформовано узагальнену структуру моделювання безпроводових сенсорних мереж і доведено, що таке моделювання дозволяє істотно знизити часові та фінансові витрати на розробку й налагодження зазначених мереж.

Список використаної літератури

1. **IEEE 802.15 Working Group for WPAN** [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://www.ieee802.org/15/>.
2. **Simon, G.** *Simulation-based optimization of communication protocols for large-scale wireless sensor networks* / G. Simon // *IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT.*— March 8-15, 2003.
3. **Simon, G.** *Probabilistic wireless network simulator, 2003* [Електронний ресурс] / G. Simon.— Режим доступу: <http://www.isis.vanderbilt.edu/projects/nest/prowler>.
4. **IEEE 802.15.4-2003 Standard** [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://www.standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2003.pdf>.
5. **Dressler, F.** *A Study of Self-Organization Mechanisms in Ad Hoc and Sensor Networks* // *Computer Communications.*— 2008.— V. 31, N 13.— P. 3018–3029.
6. **Дмитриев, А. С.** *Сверхширокополосные беспроводные сенсорные сети на основе хаотических радиопульсов* / А. С. Дмитриев, Л. В. Кузьмин, В. Ю. Юркин // *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика.*— 2009.— Т. 17, № 4.— С. 90–104.
7. **Иваненко, В. А.** *Информационные аспекты при разработке сенсорных сетей. Ч. 2* / В. А. Иваненко, А. Н. Зеленин // *Вост.-Европ. журн. передовых технологий.*— 2011.— 4/2 (52).— С. 11–13.
8. **Гайкович, Г.** *Стандартизация в области промышленных сетей* / Г. Гайкович // *Электронные компоненты.*— 2009.— № 1.— С. 37–39.
9. **Иваненко В. А.** *Анализ протоколов передачи данных от узлов в беспроводных сенсорных сетях* / В. А. Иваненко // *Вост.-Европ. журн. передовых технологий.*— 2011.— 2/10 (50).— С. 9–12.
10. **802.15.4-2011** — *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks* [Електронний ресурс] // *IEEE Standards Association.*— 2011.— Режим доступу: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.15.4-2011.html>.
11. **ZigBee Standards Overview** [Електронний ресурс] / *ZigBee® Alliance.*— Режим доступу: <http://www.zigbee.org/Standards/Overview.aspx>.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **В. А. Дружинін**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

V. O. Vlasenko

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Рассмотрены беспроводные сенсорные сети *Wireless Sensor Networks (WSN)* как составляющая интернета вещей. Проанализированы методы построения *WSN*, такие как звезда, кластерное дерево, каждый-с-каждым (ячеистая). Сформирована обобщенная структура моделирования *WSN*.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети; интернет вещей; масштабируемость сети; система моделирования *WSN*.

V. O. Vlasenko

METHODS OF CONSTRUCTION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

The wireless sensor networks (*WSN*), as a component of the Internet of Things are considered in the article. The methods of construction, such as a star, cluster tree, one-to-each (cellular) were analyzed. The generalized structure of the modeling *WSN* was formed.

Keywords: wireless sensor networks; Internet of Things; network scalability; system modeling *WSN*.

УДК 004.032.3

В. М. ШУТКО, доктор техн. наук, професор;

Г. І. ГАЙДУР, канд. техн. наук, доцент;

М. І. ПОПОВ, аспірант;

Є. В. ПРИЛЄПОВ, аспірант,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНІХ АЛГОРИТМІВ СТИСНЕННЯ АУДІОДАНИХ НА БАЗІ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Розглянуто роль і значення методів стиснення, або компресії, аудіоданих у сучасних телекомунікаціях. Проаналізовано покладені в основу зазначених методів алгоритми компресії, що використовують лінійні перетворення, і подано порівняльну характеристику найважливіших методів стиснення щодо їх застосовності на практиці. За результатами дослідження наведено обґрунтування перспективності подальшого розвитку цього напрямку наукових пошуків.

Ключові слова: MP3; AAC; Vorbis Ogg; Muse Pack; VBR; стиснення аудіоданих; компресія; кодек; лінійні перетворення; банк фільтрів; психоакустична модель; бітрейт; частота дискретизації; кодування.

Вступ

Сьогодні використовуються численні аудіокодеки, зручні для виконання найрізноманітніших завдань. Проте здебільшого в основу їх покладено традиційні методи стиснення, або компресії. Тому для дослідження новітніх алгоритмів у цій сфері відкриваються широкі можливості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз джерел за темою даного наукового пошуку показує, що проблема дослідження та створення алгоритмів аудіостиснення була і лишається предметом пильної уваги вітчизняних науковців, таких як В. М. Шутко, М. О. Шутко, О. О. Колганова, О. Д. Пономарчук, А. Ю. Тропченко, О. М. Амброс, В. М. Бондаренко. З огляду на дедалі вищу швидкість розвитку техніки та появу нових галузей застосування стиснення аудіоданих постає потреба проаналізувати наявні вирішення та дослідити їх спроможність задовольнити усі потреби сучасних технологій.

Постановка проблеми

Незважаючи на стрімкий прогрес технологій передавання даних і пристроїв для їх зберігання, пошук нових методів стиснення не втрачає актуальності. Із розширенням можливостей компресії підвищуються очікування щодо якості аудіосигналів та швидкості їх передавання — характеристик, особливо важливих, коли йдеться про використання радіосистем у галузі авіації. Адже під час польоту обмін супровідною інформацією має бути гранично чіткий, із мінімально припустимою затримкою.

Мета статті — подати огляд і аналіз сучасних методів аудіокомпресії на базі лінійних перетворень, дослідити їх універсальність і обґрунтувати необхідність розробки нових алгоритмів компресії.

Виклад основного матеріалу

Стиснення звукових даних — це тип стиснення (кодування) даних, що застосовується з метою скорочення обсягу аудіофайлів або зменшення смуги пропускання для потокового аудіо [1]. Алгоритми стиснення звукових файлів реалізуються в комп'ютерних програмах, які називають аудіокодеками. Загальні алгоритми стиснення в разі звукових даних неефективні, вони унеможливають роботу в реальному часі. Тому знадобились спеціальні методи аудіокомпресії [2].

Нині маємо кілька лідерів серед аудіоформатів. Найбільшого поширення набув формат MP3. Проте з моменту його появи минуло багато часу, з'явилися нові, значно досконаліші методи стиснення.

Технічні характеристики популярних форматів подано в таблиці.

Що ж до вибору кодека, то він істотно залежить від конкретного завдання. Визначальними в цьому питанні стають система та програмне забезпечення, обсяг пам'яті та характеристики смуги пропускання даних. Узявши до уваги весь комплекс наявних характеристик та кожен з них зокрема, можна зробити вдалий вибір.

Розвиток методів стиснення даних та психоакустики поступово призвів до того, що стандарт MP3 став обмежувати можливості реалізації нових ідей у відеокодуванні. З огляду на це Інститут Фраунгофера (Fraunhofer IIS), а також компанії Dolby, AT&T, Sony та Nokia 1997 року розробили новий формат стиснення аудіоінформації — **Advanced Audio Coding (AAC)**, який увійшов до складу стандартів MPEG-2 і MPEG-4 [3].

Основні особливості, що вигідно відрізняють AAC від MP3, такі:

1) підтримка повнішого набору форматів (до 48 каналів) і частот дискретизації звуку (від 8 до 96 кГц);

Технічні характеристики аудіоформатів

Формат стиснення аудіоданих	Алгоритм стиснення	Частота дискретизації, кГц	Бітрейт, кбіт/с	Затримка, мс	Режим кодування			Мультиканальність
					CBR	VBR	Stereo	
MP3 (MPE G-1; 2; 2.5; Audio Layer III)	MDCT, Hybrid Subband	8; 11.025; 12; 16; 22.05; 24; 32; 44.1; 48	8; 16; 24; 32; 40; 48; 56; 64; 80; 96; 112; 128; 144; 160; 192; 224; 256; 288; 320	>100	Так	Так	Так: Dual, Mid/Side, Intensity	Ні
AAC	MDCT, Hybrid Subband (AAC-HE)	8 ... 192	8 ... 529 (stereo)	20 ... 405	Так	Так	Так: Dual, Mid/Side, Intensity, Parametric	До 48 каналів
Vorbis Ogg	MDCT	Від 1 Гц до 200 кГц	Змінний	>100	Так/ABR	Так	Так: Dual, Lossless, Phase, Point (Intensity)	До 225 каналів
Muse Pack	Subband	32; 37.8; 44.1; 48	3 ... 1300	?	Ні	Так	Так	До 8 каналів

2) значно ефективніший банк фільтрів (гібридний банк фільтрів MP3 було замінено простішим MDCT — модифікованим дискретним косинусним перетворенням);

3) вихід за колишні межі варіації частотно-часового розширення банку фільтрів, що дало змогу поліпшити кодування транзєнтів (перехідних процесів сигналу) та стаціонарних ділянок;

4) вища якість кодування частот понад 16 кГц;

5) додаткові опції стандарту, які збагачують його можливості: технологія формування шуму в часовій області (TNS), прогнозування MDCT-коефіцієнтів у часі (long term prediction), режим параметричного кодування стереосигналу (parametric stereo), синтез шумів (perceptual noise substitution), технологія відновлення високих частот (SBR).

Завдяки переліченим властивостям формат AAC дозволяє досягати достатньо гнучкого та ефективного кодування звуку, але через високу популярність MP3 досі не набув значного поширення, хоча активно використовується у продуктах багатьох великих компаній.

Vorbis Ogg — порівняно новий (2002 р.) універсальний формат аудіокомпресії. Психоакустична модель, яка використовується в Ogg, схожа на MP3, але математична обробка та практична реалізація цієї моделі істотно відмінні.

Формат має чимало переваг, однією з яких є велика кількість аудіоканалів. Ogg підтримує до 225 окремих каналів із частотою дискретизації до 192 кГц та розрядністю до 32 біт. Завдяки цьому кодек ідеально забезпечує кодування 6-канального звуку DVD-Audio. Vorbis Ogg як sample accurate формат гарантує відсутність зсуву чи втрат окремих семплів після кодування та декодування. Це

дуже важливо при застосуванні в системах із потоковими аудіоданими.

Vorbis Ogg використовує змінний бітрейт, нижнє значення якого може варіювати навіть до 1 кбіт/с, а максимальне — досягати 400...700 кбіт/с. Таку саму гнучкість має частота дискретизації — користувачеві дозволяється зробити вибір від 2000 до 192 000 Гц [4].

Muse Pack (mpp, mp+, mpc, MPEG+) — формат для стиснення аудіоданих, який підпадає під GNU General Public License. Забезпечує якісне стиснення (не менш 160 кбіт/с) на високих бітрейтах, значно перевищуючи MP3 [5]. Головні переваги формату такі:

1) кодек не виконує другого dct-перетворення і фактично не обтяжений артефактами pre-echo, на відміну від форматів, згаданих раніше;

2) високоефективні алгоритми змінного бітрейту [6] (для простіших ділянок кодер відводить невеликий бітрейт, а для складніших — значно більший); кодування тиші з мінімальними втратами — менш ніж 1 кбіт/с (для MP3 у режимі VBR це значення досягає 32 кбіт/с, а для Vorbis Ogg — 2 кбіт/с);

3) використання гнучкої психоакустичної моделі, перевагою якої є динамічний фільтр для низьких частот на базі фреймів;

4) найкраща модель кодування оптимізованих таблиць Хаффмана.

Проте цей формат не позбавлений і недоліків. До них можна віднести відсутність підтримки аудіоданих розрядністю понад 24 біт та невисоку якість на низьких та середніх (до 160 кбіт/с) бітрейтах.

Вибір методу стиснення аудіоданих залежить від багатьох факторів, таких як характеристики

системи, смуга пропускання та вимоги щодо якості сигналу.

Виходячи з очікувань стосовно якості та розбірливості інформації, можна здійснити порівняльний аналіз методів стиснення на певних бітрейтах.

Коли йдеться про режим кодування True VBR, тобто режим із цільовою якістю, в ідеалі на виході отримуються аудіодані зі змінним бітрейтом (для складних частин сигналу потрібно більше бітів, а для простих навпаки) і постійною якістю [7].

Для низького (25...128 кбіт/с) рівня бітрейту найкращим вибором може стати AAC. Завдяки своїй гнучкості та прогнозованості MDCT-кофіцієнтів цей формат забезпечує добрі показники стиснення, досягаючи значно вищої, ніж у конкурентів, якості мовного сигналу. Для середнього (128...192 кбіт/с) рівня бітрейту підходить як AAC, так і Ogg, причому різниця між ними стрімко зменшується зі зростанням бітрейту. У разі високого (192...320 кбіт/с) бітрейту відмінність між AAC та Vorbis майже непомітна, але тут незаперечним лідером стає Muse Pack, саме за високого бітрейту виявляються його властивості як принципово відмінного від усіх інших алгоритмів алгоритму стиснення та психоакустичної моделі.

Висновки

Вибір кодека для стиснення аудіоданих залежить від багатьох параметрів системи та програмного забезпечення. Важливу роль відіграють також характеристики смуги пропускання даних (для стиснення потокового аудіо) та вимоги щодо якості й розбірливості мовного сигналу чи музичної композиції.

Стиснення аудіоданих не втрачає актуальності, незважаючи на вагомні результати теоретичних

досліджень і практичних розробок у цій сфері. Кожний метод стиснення поряд із перевагами, має й недоліки, але всі вони знаходять застосування за певних умов. Звідси випливає нове актуальне питання щодо створення *універсального методу стиснення*, який однаково задовольнятиме всі типи систем із різними характеристиками.

Список використаної літератури

1. Тропченко, А. Ю. Методы сжатия изображений, аудиосигналов и видео: учеб. пособие / А. Ю. Тропченко, А. А. Тропченко.— СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009.— 108 с.

2. Шутко, В. М. Методи та засоби стиснення інформації: навч. посібник / [В. М. Шутко, М. О. Шутко, О. О. Колганова, О. Д. Пономарчук].— К.: НАУ, 2012.— 168 с.

3. *Advanced Audio Coding* [Електронний ресурс].— Режим доступу:

www.audiocogs.org/codecs/aac
<http://www.audiocogs.org/codecs/aac/>

4. *Vorbis audio compression* [Електронний ресурс].— Режим доступу:

www.xiph.org/vorbis
<http://www.xiph.org/vorbis/>

5. *What is Musepack?* [Електронний ресурс].— Режим доступу:

www.musepack.net
<http://www.musepack.net/>

6. Бризицкий, Т. О современных форматах кодирования аудио [Електронний ресурс].— Режим доступу:

www.websound.ru

7. Сэломон, Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон.— М.: Техносфера, 2004.— 368 с.

Рецензент: доктор техн. наук, професор В. Г. Сайко, Державний університет телекомунікацій, Київ.

В. М. Шутко, Г. И. Гайдур, М. И. Попов, Е. В. Прилепов

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЕЙШИХ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ АУДИОДАНЫХ НА БАЗЕ ЛИНЕЙНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Рассмотрена роль и значение сжатия аудиоданных, приведены анализ существующих алгоритмов компрессии с использованием линейных преобразований. На основе полученной информации проведено сравнение и исследованы применимость каждого из существующих методов. По результатам исследования приведены обоснования перспективности дальнейшего развития этого направления.

Ключевые слова: MP3; AAC; Vorbis Ogg; Muse Pack; VBR; сжатие аудиоданных; компрессия; кодек; линейные преобразования; банк фильтров; психоакустическая модель; битрейт; частота дискретизации; кодирование.

V. M. Shutko, G. I. Gaydur, M. I. Popov, E. V. Pryleпов

THE INVESTIGATION OF NEW ALGORITHMS COMPRESSION OF AUDIO DATA ON THE BASE LINEAR TRANSFORMATIONS

This article discusses role and significance of audio compression. It shows analysis of the existing compression algorithms with linear transformations usage. Done comparison and researched applicability of each of the existing methods based on the analysis. Research substantiates promising of the further development of this area.

Keywords: MP3; AAC; Vorbis Ogg; Muse Pack; VBR; audio compression; compression; codec; linear transformations; filter bank; psychoacoustic model; bitrate; sample rate; coding.

УДК 621.396

Y. A. KREMENETSKAYA, Ph. D.;

E. R. ZHUKOVA;

S. V. MOROZOVA,

State University of telecommunications, Kyiv

HYBRID TECHNOLOGIES FOR THE MILLIMETER AND TERAHERTZ RANGES RADIO SYSTEMS IMPLEMENTING

In the article hybrid technologies based on various properties and advantages of radio and optical systems are proposed for the implementation of telecommunication systems in the millimeter and terahertz ranges. It is shown that the use of different hybrid topologies network structures, optoelectronic methods of formation and signal processing, the formation of the directional diagrams of the antennas, and the use of compensatory techniques can improve spectral and energy efficiency of the advanced communication systems in the range of 75...110; 200...450 GHz.

Keywords: the millimeter range; the terahertz range; hybrid technology; optoelectronic methods for processing of radio signals; photonics; spectral efficiency; energy efficiency; radio-over-fiber.

Introduction

It is projected that mobile data traffic will grow three times faster than fixed IP traffic [1]. Emerging standards continue to increase the wireless transmission speed. However, the majority of them work in the microwave range from 2 to 5 GHz (fig. 1), which theoretically limits the potential resources to increase capacity.

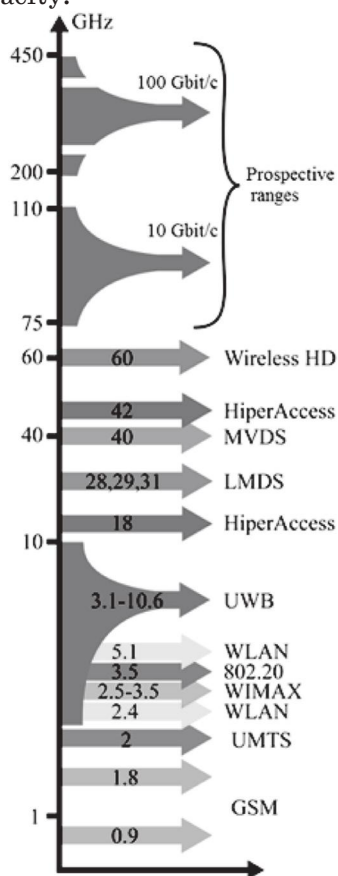


Fig. 1. The Use of spectrum by different radio performances. GSM: global system for mobile system; UMTS: universal mobile telecommunication system; WIMAX: worldwide interoperability for microwave access; WLAN: wireless local area network; UWB: ultra-wideband; LMDS: local multipoint distribution service; MVDS: multipoint video distribution system

Main part

As a rule of thumb, about 10% of the carrier frequency is available bandwidth of the radio systems. Consequently, the radio signals below 10 GHz can barely reach data transfer speeds beyond 1 Gbit/s. The terahertz and millimeter-wave (MMW) ranges are a promising solution for the rapidly growing demand for bandwidth, and are already used in some standards in the 60 GHz band. It's assumed that the bandwidth increase with the millimeter range (MMR) waves use will increase to 10 Gbit/s. However, the MMW distribution is limited by high losses in the atmosphere, urban areas, trees foliage, the human body, etc [2]. However, due to the characteristics of the MMR signals spreading (radiation) spectral efficiency increases with the increase of base stations (density phased emitting elements, antenna arrays) distribution density, which has contrast to the interference UHF band limitations for cellular communication. While there is no generally accepted model for energy budget and the such networks operation algorithm. Possible reasons are the insufficient study of the physical properties MMW distribution and hardware limitations, although the 2018–2020 years is already projected millimeter range in mobile systems use [3; 4].

The fundamental solutions for the MMD systems implementation are hybrid technologies such as [4–7]:

- optoelectronic methods for radio signals processing and generating;
- hybrid network topology RoF (radio-over-fiber, radiofiber-optical communication);
- hybrid analog-digital methods of the antennas directional diagrams formation (MIMO technology).
- radar sensing to the informational radio channels.

In all of these technologies provides wide bandwidth for one channel up to 10 GHz. More important in the MMR development experts believe the ranges

in the atmospheric transparency windows 75...110 GHz transmission capability up to 10 Gbit/s. For ultra-high performance network experts consider spectral windows in the frequency range from 200 to 450 GHz where the low additional losses due to water absorption, and at least you can organize the information transmission over short distances up to 100 m [6]. Each of these windows has a bandwidth of several tens gigahertz, making them suitable for ultrahigh transmission of 100 Gbit/s without the use of high spectral efficiency formats modulate (e.g., 512-QAM).

Consider the basic solutions for implementing MMR systems.

Optoelectronic methods MMR signals processing and forming

Despite the many advances in semiconductor technologies, including graphene nanoelectronics, electronic devices may generate signals to MMR [8]. However, the MMW signals generation and modulation with sufficiently low noises by electronic methods, yet solvable task. Electronic devices generate stable signals with low phase noise only at MHz frequencies. And even if you multiply the frequency up to gigahertz power phase noise increases by 6 dB for each frequency doubling [7]. The phase instability significantly limits the transport distance and information capacity of channels. Optical systems have increased the speed to tens of femtoseconds (if you compare this time to, for example, time-of-flight electron depleted region). This is due to the photon physical properties: the ability to exist only in motion at the light speed, electric charge and the rest photon mass is zero, which provides the least signal attenuation in the fiber, and the high spectral multiplexing possibility. Moreover, the signal processing speed corresponding to the tens Gbit/s transfer rate realizable in optical processors, and more generally in integrated optics.

Methods optoelectronic (photonic) signal, up-conversion signal, conversion with decreasing frequency have considerable advantages in phase stability, performance, weight and size parameters, energy efficiency, bandwidth etc. Thus, increase the data transmission speed can be achieved with the photonic techniques for the MMW signals formation and processing use.

Basic methods of photon down-conversion frequency include an optical signal generation whose intensity is modulated on the radio frequency electro-optic modulator based on an Mach-Zehnder (MMZ) interferometer [7; 9]. The methods used to generate signals in the range 100 GHz to 5 THz, usually contain some kind of optical heterodyne scheme mixing the two lasers signals (fig. 2) or individual lines of the optical lattice generator signal. In the

scheme a modulator used to encode the optical radiation intensity, the bandwidth only needs to match the data transmission speed, is followed by the millimeter range waveform photonic generator. Then the optical signal is sent to the remote or the adjacent photodiode, electrical output signal which is fed to a transmitting antenna. The photodiode in this case should have of sufficient bandwidth to effectively generate a millimeter range signal from the optical modulated signal.

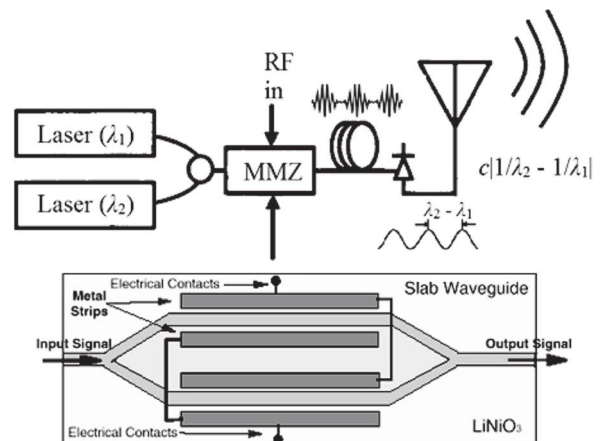


Fig. 2. Basic structural diagram of a wireless transmitter with the use of the output photon map, which gives an example of the millimeter range signal generation through the optical heterogenous

If MMZ is based on the electro-optic material such as LiNbO_3 , this relative phase can be controlled by applying voltage to one or both interferometer shoulders (see fig. 2). The applied voltage will change the refraction index, which in turn will adjust the phase. The photodiodes themselves can't demodulate the phase-modulated signal, so the MMZ scheme is used to transform electro-optical phase modulation in a modulation in intensity. Typically optical signals are transported in the fiber at a 193 THz frequency, where the fiber loss region is the lowest. For MMW there are many external types optical modulators for complex modulation schemes are used the MMZ cascades [7; 9].

Hybrid topology MMR networks

In the 90-s years were developed by the technologies LMDS (local multipoint distribution service) and MVDS (multipoint video distribution system) for cellular television, operating in the MMW range (see fig. 1) at distances of 3...10 km sight line, using analog and digital modulation [10]. In these technologies, it was assumed signal spectrum conversion coming from cable or satellite from a 50...860 MHz band strip to 2 GHz MMW range without the signal demodulation and demultiplexing. The main such systems advantages was not the noise of the MMW systems, as well as the multiplexing possibility. Power per channel was tens of milliwatts. Subsequently,

cell TV technologies were used in the LTE standards and for the radio links organization (connections of the type «point-to-point or point-to-multi points»). At the same time, the experimental results conducted in New York show the possibility of signal transmission up to 200 m based on the signal reflections [11; 12]. In projects promising mobile systems offers connection MMR base stations picocells or femtocells by fiber optic lines to operate in the instantaneous bandwidth of up to 10 GHz with high speed signal processing and long-distance transmission, which could not provide the MMW range (see fig. 1) [13]. Crucial MMW use in cellular networks has focused transmission and hybrid analog-digital beamforming in MIMO technology, which also involved optoelectronic methods of microwave photonics (fig. 3).

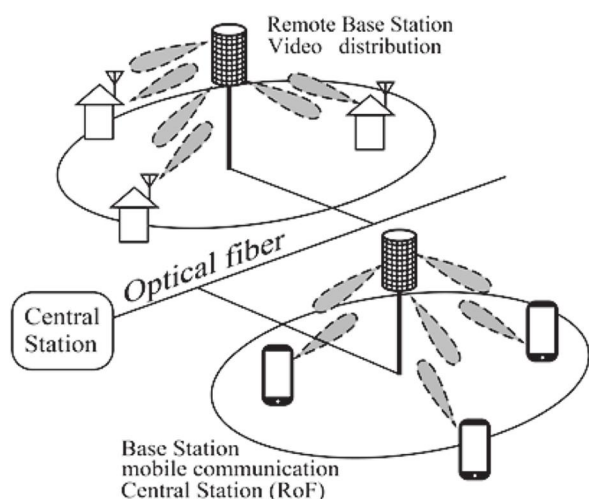


Fig. 3. Hybrid topology proposed for MMW

The main fiber-optic communication lines competitor can become stratospheric systems that use communication vertical channels with the repeaters at a height of about 20 km [14]. Stratospheric repeaters that can function as base stations, distributed in the horizontal circuit, the connection and the position adjustment occurs in the optical range. Vertical runs have an advantage in front of ground (terrestrial) ones because the atmosphere layer surface thickness is 1,5...2 km and diameter service areas is greater than 100 km [15]. The possibility of using MMD in the vertical stratospheric channels were considered in the 90-ies. It's now known, for example, that Google is testing in MMW in their stratospheric projects (Skybender) [16].

The main future networks elements operating in the millimeter and terahertz ranges can be picocells, transit transmission, radiobridges, last mile solutions, each item implements its functions. In addition, the decision and problems associated with data centers cooling problems, power supply and scope, discusses the use of terahertz for wireless close switching and short optical lines with the ultrawide spectral channels multiplexing.

Hybrid analog-digital methods of the antennas directional diagrams formation

In MMW communications, the underlying is MIMO technology (multiple inputs and multiple outputs), which allows to compensate for the MMW large losses in the atmosphere by the narrow directional diagram. Phased antenna arrays for the MMW can have hundreds of radiating elements in small-sized equipment. And with such a scalability perspective is the Photonics and hybrid analog-digital diagrammatology application. Diagrammatology in analog AESA-based Photonics has been identified as a promising technology application of the end last century [7]. Numerous photonic techniques were proposed for the phase shift based on optical delay lines or integrated parallel MMZ. To improve performance, coverage efficiency, transfer speed are offered hybrid analog-digital diagrammatology multi-player (single-user) spatial multiplexing various models for different signal power levels, for example (fig. 4) [17].

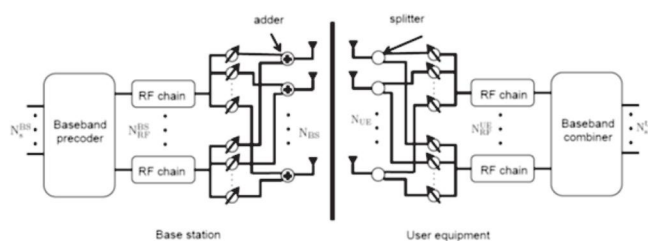


Fig. 4. A hybrid analog-digital MIMO technology to connect base stations and users

The use of hybrid technologies based on optoelectronic and electrooptical conversions gives great prospects in the MMW systems development. However, limiting factors to date, for example, the use of complex types (formats) for the MMR due to the phase noise modulation, I Q imbalance, nonlinear effects are also associated with further progress in the above mentioned hybrid technology and study of the MMW distribution physical features. The balancing techniques development, for example, shown in fig. 4, may contribute to the development of fully all of the frequency and MMR energy resource potential.

Limiting and compensating factors to evaluate network performance MMR are proposed in fig. 5.

Conclusion

The development of millimeter and terahertz range are necessary to further increase the telecommunication systems bandwidth. However, the MMW physical features, for example, diffusion and radiation, significantly distinguishable from the microwave range waves, hardware-based methods based on the photonic technology and optoelectronic conversion use and other hybrid technology can significantly affect on the work architecture and the quali-

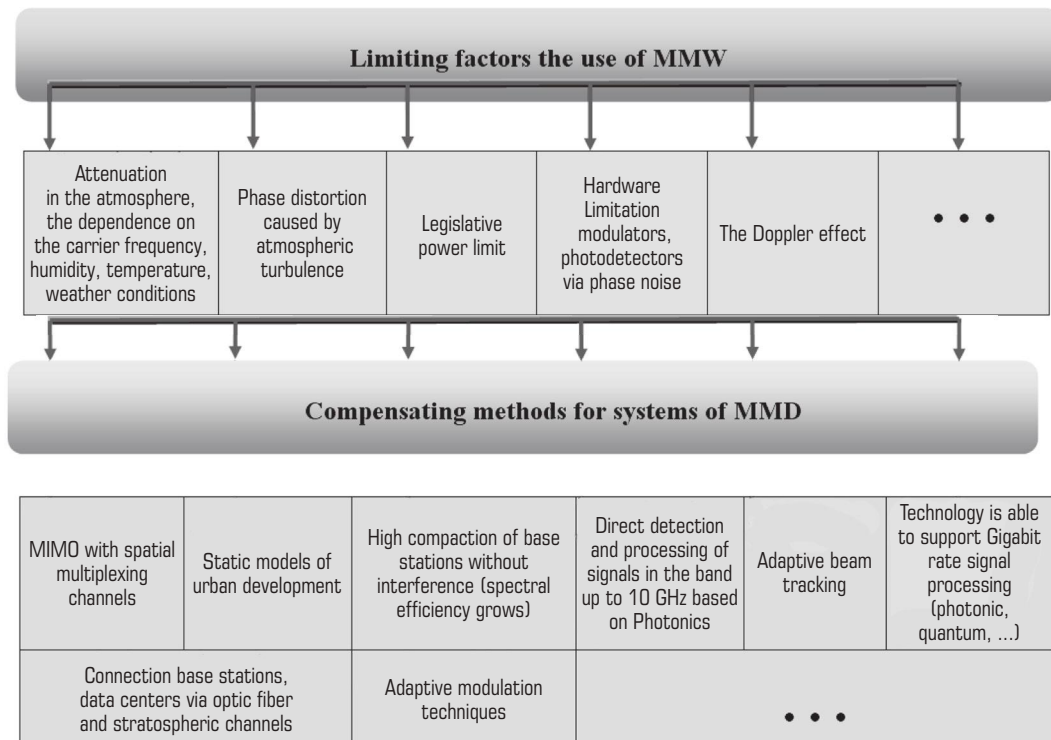


Fig. 5. Limiting and compensating factors to evaluate network performance MMR

ty of the MMW system. On the single channel model isn't possible to evaluate the network performance, spectral efficiency, power budget, and other characteristics. To create the model, architecture MMR and terahertz range systems, you should be mindful and compensating methods in each area associated with the development of these ranges.

References

1. **Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2014–2019 White Paper.**— Online available:

http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns1175/Cloud_Index_White_Paper.html#wp9000816.

2. **Пу, Жоюю.** Введение в широкополосные системы связи миллиметрового диапазона / Жоюю Пу, Фарук Хан.— Samsung Electronics, 2012.

3. **Adler, R.** Preparing for a 5G World. Communications and Society Program, 2016 / Richard Adler.— Online available:

<https://www.yumpu.com/en/document/view/55693626/preparing-for-a-5g-world>.

4. **Tractable Model for Rate in Self-Backhauled Millimeter Wave Cellular Networks** / [S. Sarabjot, N. Mandar, G. Amitava a. o.] // IEEE Journ. on Sel. Areas in Commun.— Oct. 2015.— Vol. 33, no. 10.— P. 2196–2211.

5. **An Overview of Signal Processing Techniques for Millimeter Wave MIMO Systems** / [R. W. Heath a. o.] // IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, April 2016.

6. **Wireless sub-Thz communication system with high data rate** / [S. Koenig a. o.] // Nat Photon.— 7(12).— 2013.— P. 977–981.

7. **Основы микроволновой фотоники** / Винсент Дж. Урик-мл., Джейсон Д. МакКинни, Кейт Дж. Вилльямс; пер. с англ. М. Е. Белкина, И. В. Мельникова, В. П. Яковлева; под ред. С. Ф. Боева, А. С. Сугова.— М.: Техносфера, 2016.— 375 с.

8. **Манько, О. О.** Субміліметровий діапазон і новітні досягнення на базі нанотехнологій / О. О. Манько, Я. А. Кременецька, С. В. Морозова // Зв'язок.— 2015.— №2.— С. 42–49.

9. **W-band technology and techniques for analog millimeter-wave photonics** / [V. J. Urick, C. S. Sunderman, J. F. Diehl and N. D. Peterson] // Naval Res. Lab., Washington, DC, USA, NRL/MR/5651-15-9624, Aug. 2015.

10. **Микроволновыe технологии в телекоммуникационных системах** / [Т. Н. Нарыткин, В. П. Бабак, М. Е. Ильченко, С. А. Кравчук].— К.: Техніка, 2000.— 297 с.

11. **Broadband millimeter-wave propagation measurements and models using adaptive-beam antennas for outdoor urban cellular communications** / [T. Rappaport a. o.] // IEEE Trans. Antennas Propag.— Apr. 2013.— Vol. 61.— P. 1850–1859.

12. **Rangan, S.** Millimeter-wave cellular wireless networks: Potentials and challenges / S. Rangan, T. Rappaport and E. Erkip // Proceedings of the IEEE.— Mar. 2014.— Vol. 102.— P. 366–385.

13. **Towards 5G: A photonic based millimeter wave signal generation for applying in 5G access fronthaul**

/ [S. E. Alavi a. o.] // Sci. Rep.— 2016.— Vol. 6.— P. 19891.

14. Дружинін, В. А. Можливості розширення зони обслуговування та радіочастотного ресурсу в стратосферних системах зв'язку / В. А. Дружинін, Я. А. Кременецька, О. Р. Жукова // Телекомунікаційні та інформаційні технології.— 2016.— № 2.— С. 23–26.

15. Пирогов, Ю. А. Микроволновые системы телекоммуникации / Ю. А. Пирогов // Вестн.

Моск. ун-та.— 1994.— № 4.— С. 92–99.— (Сер. 3. Физ. Астрон).

16. <https://www.theguardian.com/technology/2016/jan/29/project-skybender-google-drone-tests-internet-spaceport-virgin-galactic>.

17. Kulkarni, M. A comparison of MIMO techniques in downlink millimeter wave cellular networks with hybrid beamforming / M. Kulkarni, A. Ghosh, J. Andrews // IEEE Transactions on Communications 64 (5).— P. 1952–1967.

Reviewer: Dr. Sci. Sciences, Professor V. A. Druzhinin, State University of telecommunications, Kyiv.

Я. А. Кременецька, О. Р. Жукова, С. В. Морозова

ГІБРИДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РАДІОСИСТЕМ МІЛІМЕТРОВОГО ТА ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНІВ

Розглянуто технології, що будуються на поєднанні різних властивостей і переваг радіо- та оптичних систем, які пропонуються для реалізації телекомунікаційних систем зв'язку в міліметровому і терагерцовому діапазонах. Показано, що використання гібридних топологій мережі, оптоелектронних методів формування і обробки сигналів, формування діаграм спрямованості антен, а також застосування компенсуючих методів може підвищити спектральну і енергетичну ефективність перспективних систем зв'язку в діапазонах 75...110; 200...450 ГГц.

Ключові слова: міліметровий діапазон; терагерцовий діапазон; гібридні технології; оптоелектронні методи обробки радіосигналів; фотоніка; спектральна ефективність; енергоефективність; radio-over-fiber.

Я. А. Кременецкая, Е. Р. Жукова, С. В. Морозова

ГИБРИДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАДИОСИСТЕМ МИЛЛИМЕТРОВОГО И ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНОВ

Рассмотрены гибридные технологии, основанные на сочетании различных свойств и преимуществ радио- и оптических систем, предлагаемых для реализации телекоммуникационных систем связи в миллиметровом и терагерцовом диапазонах. Показано, что использование гибридных топологий сети, оптоэлектронных методов формирования и обработки сигналов, формирования диаграмм направленности антенн, а также применение компенсирующих методов — все это может повысить спектральную и энергетическую эффективности перспективных систем связи в диапазонах 75...110; 200...450 ГГц.

Ключевые слова: миллиметровый диапазон; терагерцовый диапазон; гибридные технологии; оптоэлектронные методы обработки радиосигналов; фотоника; спектральная эффективность; энергоэффективность; radio-over-fiber.

УДК 517.9:621.325.5:621.382.049.77

M. KOSOVETS,
SPE «Quantor», Kyiv

PRELIMINARY TESTS TERAHERTZ 3D IMAGING RADAR

Were conducted preliminary tests terahertz 3D imaging radar for different system configurations and studied the properties of materials depending on the distance between the sample and the antenna.

Keywords: absorber; digital spectral analysis; electromagnetic simulator; horn antenna; far field and near field pattern.

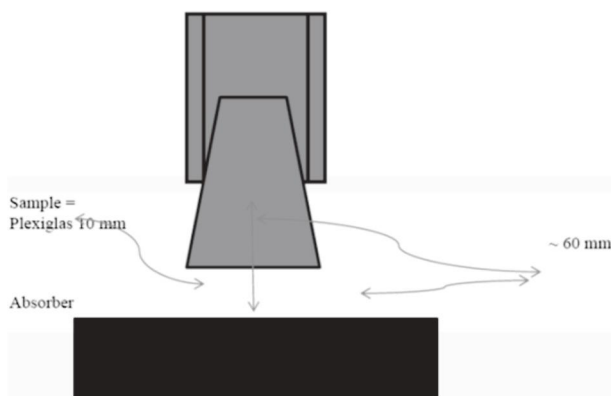


Fig. 1. Used conical horn antenna

INTRODUCTION

In scientific laboratories SPE «Quantor» designed and manufactured FMCW (Frequency Modulation Continuous Wave) radar with the following parameters: frequency band linear; frequency modulation — from 92 to 96 GHz; period (length of interval) — 1 ms; bit ADC — 16 to 32 bits; the number of cycles of accumulation — from 1 to 10 000; layers reflection — 3; distance to layers reflection — 0.095; 0.105, 0.106; wave propagation environment — air; signal-to-noise ratio — from 80 to 30 dB.

We used conical horn antenna (fig. 1). The main characteristics of the various methods of spectral estimation parameters of signals were tested in order to study radar system.

© M. Kosovets, 2017

In order to study the main characteristics of the various methods of spectral estimation parameters signals of field was built a test model of determinate harmonic signal [1].

To study the characteristics of the methods of spectral estimation of signal parameters was established deterministic model test harmonic [2].

There is obtained equation model of the non-linear method. Experimentally confirmed valuation parameters signal FMCW radar with different noise levels and different distance to horn [3].

MAIN PART

Description of the system 3D head problem

Fig. 2 displayed our configuration: 3D head looks at the flat metal plane. So, the emission beam is totally reflected from the metal surface and then it returns back to the horn.



Fig. 2. Measurement set up

When the head was functioning the measurement result was like in the fig. 3.

In the same measurement configuration, we don't have any results in the absence of direct visibility. As shown in the fig. 4 we see only a flat trace.

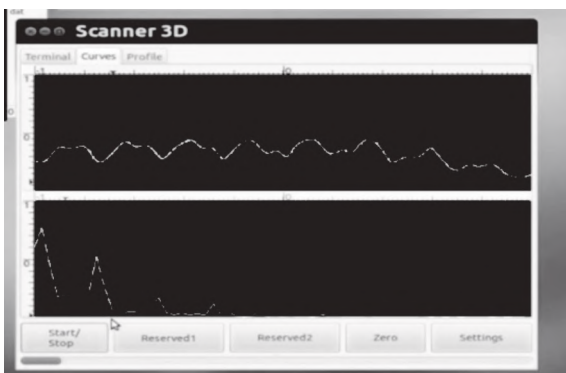


Fig. 3. Result when the head is working properly



Fig. 4. The head isn't working properly

When the 3D Head is switched off for a long time (undefined, but of a few days), the device returns to work again properly for an indefinite time.

We built a new system to do measurements with the head 3D [4]. It is shown in the fig. 5 and 6.

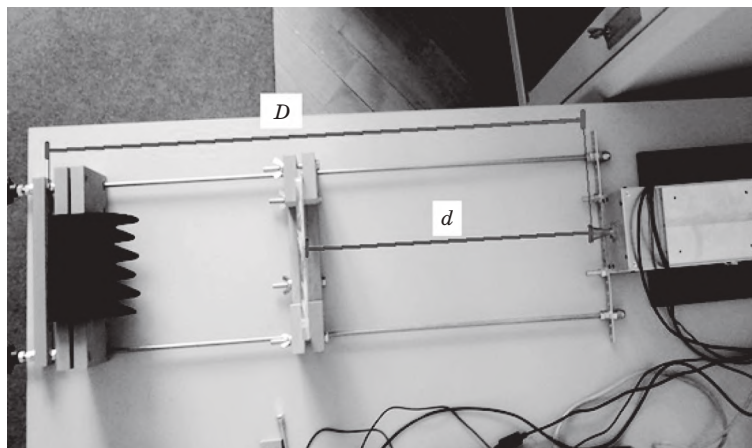


Fig. 5. A new system to do measurements with the head 3D



Fig. 6. New system head 3D

The horn is at 80 cm from the absorber and the sample holder that we use to put the samples to test can be moved along the length between the horn and the absorber. The absorber is with height 10 cm as showed in fig. 7.

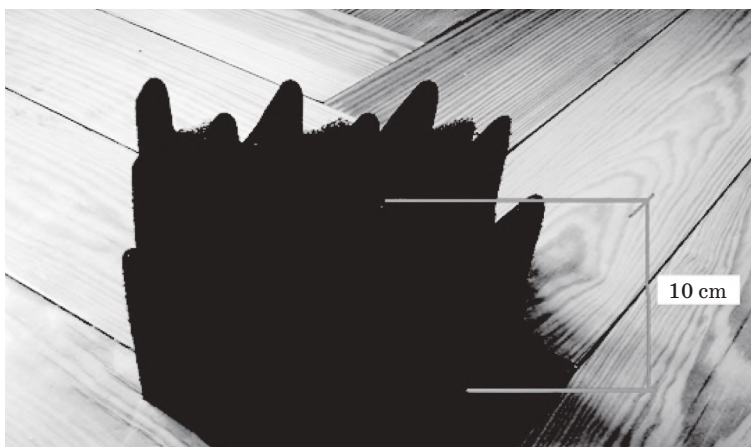


Fig. 7. Small piece of absorber

We need to do 3 kinds of test. Our start set up (see fig. 6) and it is characterized by the following parameters:

$$D = 80 \text{ cm}; d = D/2 = 40 \text{ cm}.$$

This set up is the start set up in all tests.

In this condition:

- 1) we measure the signal without the sample (5 times) noting data_out_0... data_out_4;
- 2) we place the sample (plexiglas of 10 mm) on the absorber and we repeat the measure 5 times noting data_out_5...data_out_9;
- 3) on the top of the sample we stick a thin conducting film (carbon fiber of 0.4 mm) and we repeat the measure 5 times noting data_out_10... data_out_14;
- 4) we flip back the sample with the film conducting and we measure 5 times noting data_out_15...data_out_19;
- 5) in all test we make a point of 50 measurements. We mean that there are 50 measurements in every data out.

Result of the tested using the programm «Scan processing»

We make 3 different tests:

- a) using only one material at different distances from the horn;
- b) using two layers of the same material placed at different distances from each other;
- c) using two layers of different material placed at different distances from each other.

Case 1

In the first kind of tests, we distinguish 3 different results using different materials.

In the case of layer of about 1 cm in plexiglass we see that the measurement in frequency changes from time to time.

For example: plexiglass on the worktop at 35 cm from the horn (fig. 8).

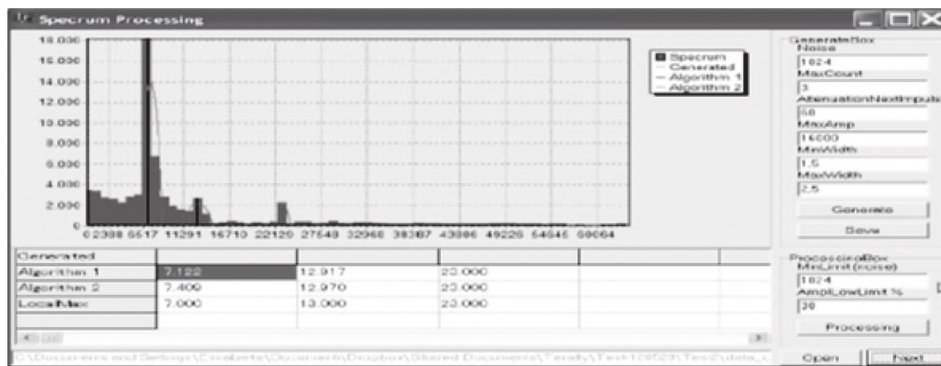


Fig. 8. Plexiglass on the worktop at 35 cm from the horn

Sometimes we see 7.133, other times 7.122, etc. Moreover, we expect to see one peak at frequency 7 (in according to the conversion factor 50.0 we must have 35 cm = 50.0 + 7). If we put the layer closer to the horn the measurement accuracy decreases. In the images the case of plexiglass at 10 cm from the horn (fig. 9).

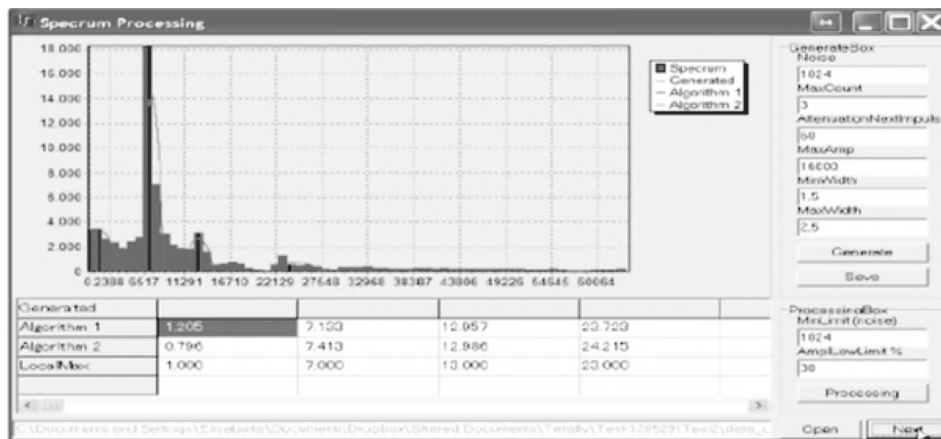


Fig. 9. Plexiglass on the worktop at 10 cm from the horn

We expected to see one peak at frequency 2.0 instead we see 2.724, 2.754 (fig. 10 and 11) and so on.

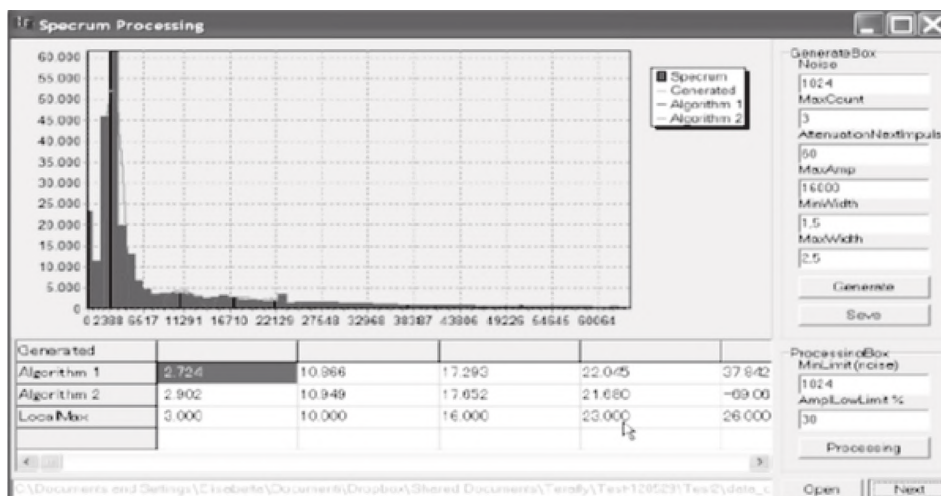


Fig. 10. Composite material in kevlar

In the case of thin layers (less than 1 cm) of composite material in kevlar (see fig. 10) we saw that the measurement in frequency is always the same and centered at the frequency of 7.000 (over 90 GHz) for layer at 35 cm from the horn. Also in this case we see the other peaks. For example in the frequency 2.393 and 12.745 (fig. 11 and 12).

In the case of layer in plastic 1 cm thick, we see that the measurement in frequency is always the same and centered at the frequency of 7.000 (90 GHz) (fig. 14) and 12775 (over 90 GHz).

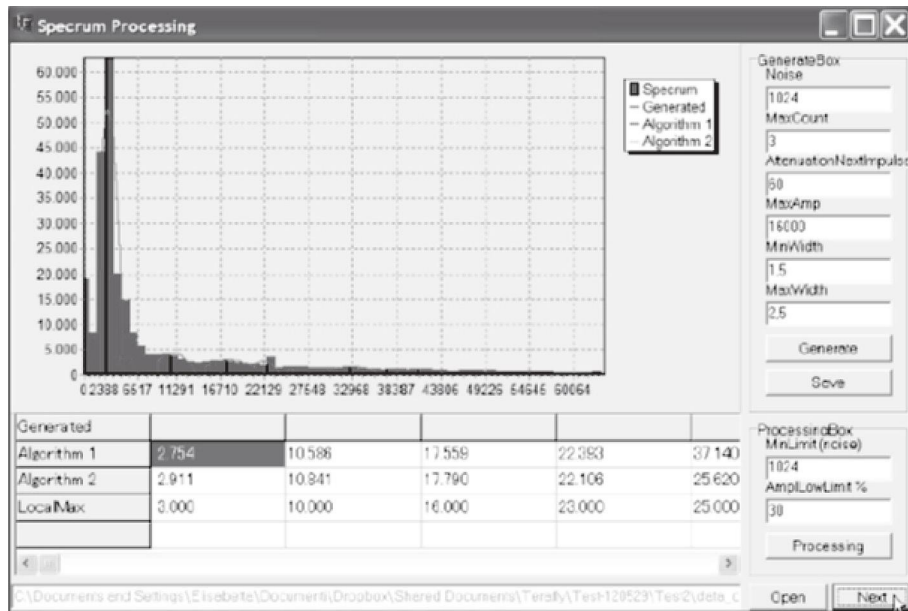


Fig. 11. Composite material in kevlar for the frequency 2.393 (90 GHz)

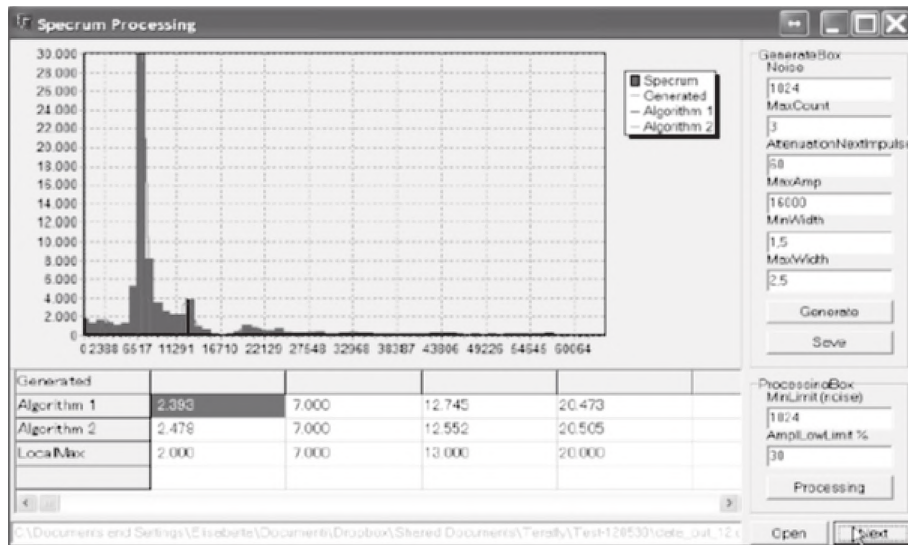


Fig. 12. Composite material in kevlar for the frequency 12.745 (over 90 GHz)

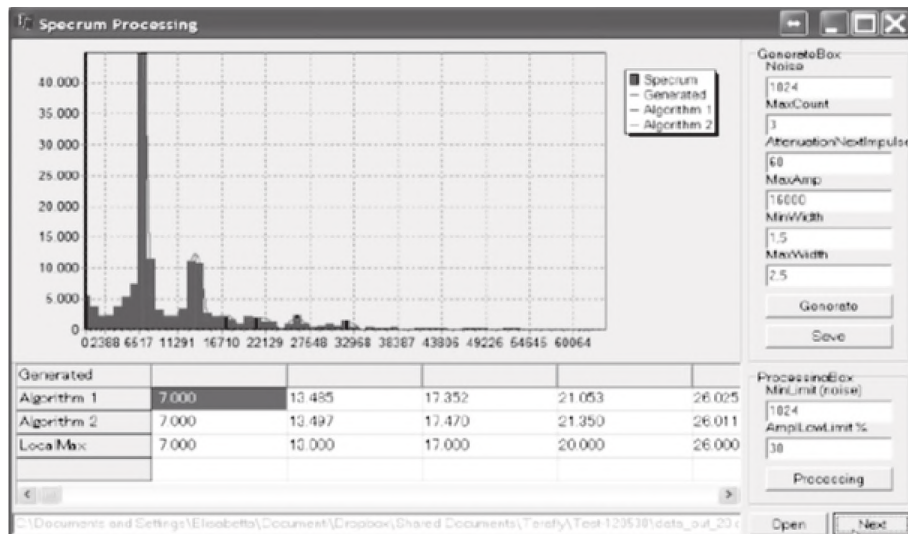


Fig. 13. Plastic on the worktop at 10 cm from the horn for the frequency 7.000 (90 GHz)

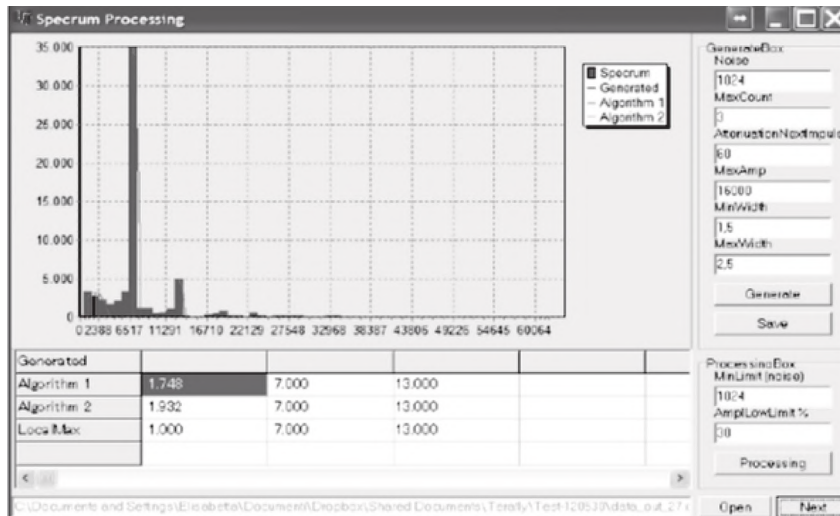


Fig. 14. Plastic on the worktop at 10 cm from the horn for the frequency 12.745 (over 90 GHz)

Case 2

In the second kind of tests we used two layers of the same material placed at different distances from each other. In this case we can not correctly measure their positions. For example 2 layer at 15 cm (fig. 15). We expect to see two peaks at frequency 4.0 (20 cm from the horn) and 7.0 (35 cm from the horn) respectively. We have some uncertainty.

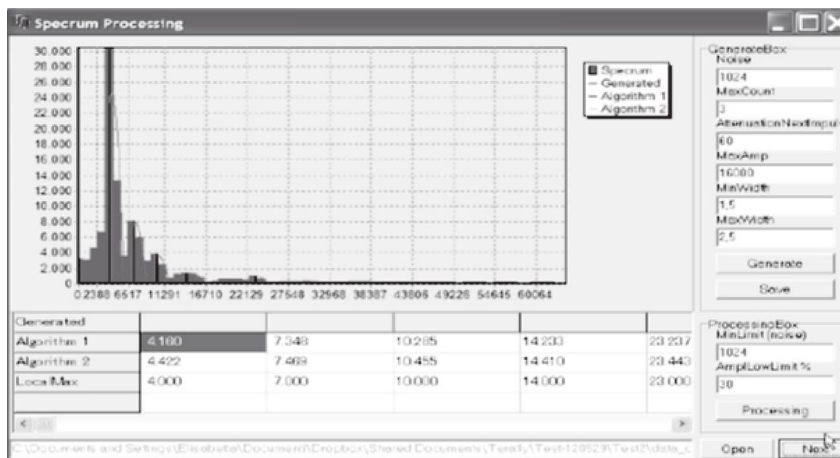


Fig. 15. 2 layer at 10 cm on the worktop at 15 cm from the horn

However we never distinguish them if they are far less than 10 cm from each other. For example 2 layer at 10 cm (fig. 16).

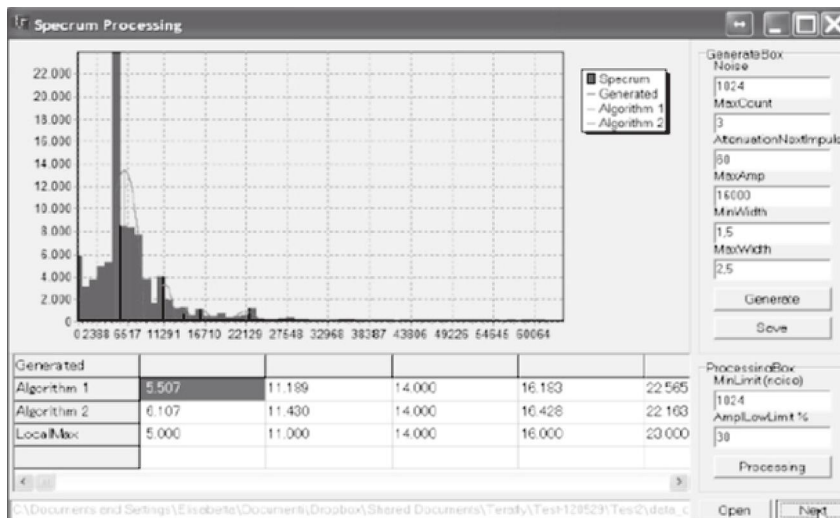


Fig. 16. 2 layer at 10 cm on the worktop at 10 cm from the horn

Case 3

In the third kind of tests we used two layers of different material placed at different distances from each other. In the following image we have one layer in kevlar at 35 cm and one layer in plexiglass at 25 cm from the horn respectively (fig. 17).

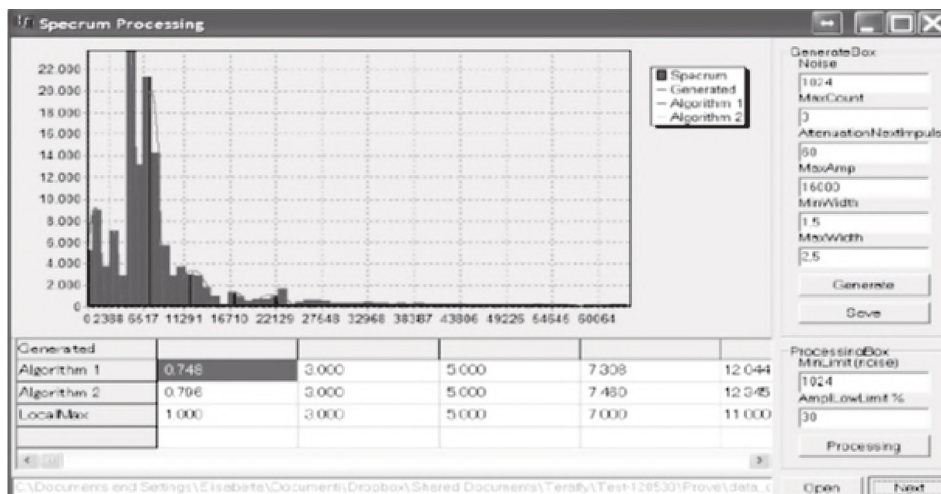


Fig. 17. One layer in kevlar at 35 cm and one layer in plexiglass at 25 cm

Protocol of test to perform measurements

The measurements will be made as following.

Test 1

In the test 1 the measurements are made on a single material at a time. The materials are plexiglas and layer of kevlar/diolene. We will do measurements using before plexiglas and then one layer of kevlar/diolene. The thickness is not important.

The procedure is as follows:

- 1) we put the system in the condition of start set up. This means that at the bottom is present the absorber ($D = 80$ cm) and the sample is put at $d = 40$ cm. This is the first measurement;
- 2) then we move the sample by increasing the distance from the horn of 1 mm at a time. We repeat this 10 times. After each movement we record the spectrum. So the measurements correspond at these distances from the horn: 401; 402 and so on until 410 mm;
- 3) from this position (41 cm), we move the sample by increasing the distance from the horn of 1 cm at a time. For each position we record the spectrum. We repeat this 10 times. So the measurements correspond at the distances from the horn: 42; 43; 44 and so on until 50 cm;
- 4) we repeat paragraphs 1-3 for both materials.

Test 2

In the test 2 the measurements are made using the same samples (plexiglas and layer kevlar/diolene). We will do measurements using before plexiglas and then one layer of kevlar/diolene. The sample is kept in stop at $d = 40$ cm and the absorber is made move from the back of the sample to the bottom of the system ($D = 80$ cm).

1. The sample is at the distance $d = 40$ cm. Behind it and adherent its surface, is put the absorber. We record the spectrum.
2. From this position (40 cm), we move the absorber by increasing the distance from the sample of 1 cm at a time. For each position we record the spectrum. We repeat these different times. These measurements are necessary to understand if and how the absorber influences the measurements.

Test 3

Now we use two plates and make the «sandwich» (fig. 18). The first one (in front the horn) must be homogeneous and weakly absorbing (we use plexiglas). The second one is behind and adherent the first.

We repeat the same steps of the test 1 with this sample (fig. 19).



Fig. 18. Using two plates and make the «sandwich»



Fig. 19. Sample like «sandwich»

CONCLUSION

We measure the signal without the sample (5 times) noting data_out_0... data_out_4. Later we placed the sample (plexiglas of 10 mm) on the absorber and we repeat the measure 5 times noting data_out_5... data_out_9.

On the top of the sample we stuck a thin conducting film (carbon fiber of 0.4 mm) and we repeated the measure 5 times noting data_out_10... data_out_14. Later we flipped back the sample with the film conducting and we measured 5 times noting data_out_15...data_out_19.

In all test we made a point of 50 measurements. We mean that there are 50 measurements in every data out.

Then we made tests. In the test 1 the measurements are made on a single material at a time. The materials are plexiglas and layer of kevlar/diolene (see fig. 19). We do measurements using before plexiglas and then one layer of kevlar/diolene. The thickness is not important.

In the test 2 the measurements are made using the same samples (plexiglas and layer kevlar/diolene). We do measurements using before plexiglas and then one layer of kevlar/diolene. The sample is kept in stop at $d = 40$ cm and the absorber is made move from the back of the sample to the bottom of the system ($D = 80$ cm). Then we used two plates and make the «sandwich». The first one (in front the horn) must be homogeneous and weakly absorbing (we used plexiglas). The second one is behind and adherent the first.

Список використаної літератури

1. Косо́вць, М. Оцінювання параметрів характеристичних функцій 3D терагерцового радара / М. Косо́вць, О. Павлов, В. Смірнов // Зб. тез VI Міжнар. наук.-техн. симпозиуму «Нові технології в телекомунікаціях», ДУІКТ-Карпати'2013, Вишків, 21–25 січня 2013.— С. 174–179.

2. Кнар, W. Signal processing 3D Terahertz Imaging FMCW Radar for the NDT of material / W. Кнар, N. Kosovets, A. Drobik // Сб. тезисов VI Междунар. науч.-техн. симпозиума «Новые технологии в телекоммуникациях», ГУИКТ-Карпаты'2013. Вышков, 21–25 января 2013.— С. 154–156.

3. Kosovets, M. 3D Terahertz Imaging Radar for the NDT of material / M. Kosovets, L. Tovstenko // Зб. тез VI Міжнар. наук.-техн. симпозиуму «Нові технології в телекомунікаціях», ДУІКТ-Карпати'2013, Вишків, 21–25 січня 2013.— С. 172–174.

Рецензент: канд. техн. наук, професор О. В. Дробик, Державний університет телекомунікацій, Київ.

М. А. Косо́вць

ПОПЕРЕДНЄ ТЕСТУВАННЯ 3D ТЕРАГЕРЦОВОГО РАДАРА ЗОБРАЖЕННЯ

Описано низку попередніх тестів, проведених для встановлення залежності властивостей матеріалу, з якого виготовлено зразок, від впливу далекого чи близького поля антени для різних конфігурацій радарної системи.

Ключові слова: поглинач; цифровий спектральний аналіз; електромагнітний імітатор; рупорна антена; модель далекого і близького поля.

Н. А. Косо́вец

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ 3D ТЕРАГЕРЦОВОГО РАДАРА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Описан ряд предварительных тестов, проведенных для установления зависимости свойств материала, из которого изготовлен образец, от влияния далекого или близкого поля антенны для различных конфигураций радарной системы.

Ключевые слова: поглотитель; цифровой спектральный анализ; электромагнитный имитатор; рупорная антенна; модель далекого и близкого поля.

ЗВ'ЯЗОК

Наукове видання

Редакційна обробка та коректура
О. П. Бондаренко, Т. В. Ількевич

Комп'ютерна верстка та дизайн
Г. С. Тимченко, О. Ю. Апухтіна

Відповідальний за випуск
І. І. Тищенко

Підписано до друку 25.04.2017 р.
Формат 60×84/8. Папір друкарський.
Гарнітура SchoolBookC, EuropeCond. Зам. 195
Наклад 100 прим.

Державний університет телекомунікацій
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7
Тел. (044) 249-25-75
E-mail: zviaz-ok@ukr.net