



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



З В' Я З О К

Випуск № 3 (127), 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.

Приєм 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: zviaz-ok@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.)

ДРУЖИНІН 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 № 23 від 22.05.2017 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 10.05.2017 р. № 693 за напрямком «Технічні науки»

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

ЧИТАЙТЕ У НОМЕРІ

ЕКСКЛЮЗИВ

У ФОКУСІ УВАГИ

ТОЛУБКО В. Б., БЕРКМАН Л. Н., КОЗЕЛКОВ С. В., ГОРОХОВСЬКИЙ Є. П.

Затримка інформації в одно- та багатоканальних системах із пуассонівським і довільним вхідним потоком та довільним часом обслуговування..... **3**

МАХОНІН Є. І., ВЛАСЕНКО Г. М., ГІЛАШВІЛІ В. К.

Концепція державної науково-технічної космічної Програми України на 2018–2022 роки..... **8**

ШУЛЬГА О. В., ШЕФЕР О. В., НЕЛЮБА Д. М., ГОНТАР М. М. Дослідження особливостей роботи джерел випромінювання плазми в різних режимах для підвищення завадозахищеності космічного апарата..... **12**

ІЛЬІН О. О. Когнітивна модель оцінювання професійних і особистісних якостей випускника..... **15**

ГРОХОЛЬСЬКИЙ Я. М., СУСЬ Б. А.

Концепція єдності корпускулярного та хвильового подань поширення радіохвиль..... **19**

СЛОВО НАУКОВЦЯ

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

ЛАЗАРЕНКО С. В. Підходи к решению теоретической задачи идентификации радиолокационных целей для предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера..... **23**

ЛИСИЙ Р. Ю. Технології забезпечення безпеки систем управління базами даних..... **27**

**ПРОБЛЕМИ ПОШТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ.
ПОШТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ**

ЯЩУК Л. О. Проблеми підвищення продуктивності праці персоналу Укрпошти..... **30**

НАУКА, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ВИРОБНИЦТВО

МОКРІНЦЕВ О. А., ЖЕБКА В. В.

Сучасна методика та алгоритми автоматичного розпізнавання одновимірних штрих-кодів..... **34**

МАКАРЕНКО А. О., ГРИНКЕВИЧ Г. О., КОРШУН Н. В., КУКЛОВ В. М., ПІДРУЧНИЙ А. І., ТКАЧ Г. В.

Аналіз програмного забезпечення, необхідного для контролю пакетів даних у програмно-конфігурованих мережах..... **37**

ВЛАСОВ О. М. Створення високошвидкісних солітонних ліній зв'язку..... **43**

СТОРЧАК К. П., НЕВДАЧИНА О. В., ТКАЛЕНКО О. М., КОСЕНКО В. Р., ПОЛОНЕВИЧ А. П.

Аналіз зони радіопокриття при плануванні мережі UMTS..... **47**

САЙКО В. Г., ДІКАРСЬВ О. В., ГРИЩЕНКО Л. М., КРАВЧЕНКО В. І., МІЛОВА Ю. О.

Алгоритми стиснення і відновлення цілих чисел..... **51**



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 004.055

В. Б. ТОЛУБКО, доктор техн. наук, професор;
Л. Н. БЕРКМАН, доктор техн. наук, професор;
С. В. КОЗЕЛКОВ, доктор техн. наук, професор;
Є. П. ГОРОХОВСЬКИЙ, здобувач,
Державний університет телекомунікацій, Київ

ЗАТРИМКА ІНФОРМАЦІЇ В ОДНО- ТА БАГАТОКАНАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ІЗ ПУАССОНІВСЬКИМ І ДОВІЛЬНИМ ВХІДНИМ ПОТОКОМ ТА ДОВІЛЬНИМ ЧАСОМ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Наведено математичні моделі масового обслуговування мережоцентричних систем управління. Розглянуто систему з груповим надходженням вимог і груповим обслуговуванням, багатоканальну систему з пуассонівським вхідним потоком і довільним розподілом часу обслуговування, однаковою для всіх каналів, при обслуговуванні вимог у порядку надходження. Досліджено різні види дисципліни черги, а також випадковий вибір вимоги на обслуговування.

Ключові слова: тривалість обслуговування; дисципліна черги; система масового обслуговування; пуассонівський вхідний потік; час очікування.

Вступ

Сучасні інфокомунікаційні технології характеризуються впровадженням нових методик мережоцентричних систем управління ресурсами інформаційних систем, які спільно використовують інформацію за допомогою єдиних інтерфейсів, стандартів і протоколів.

Ефективність функціонування такої мережі залежить від затримки при передаванні даних та правильного розподілу пропускної здатності каналу. Саме тому доцільним є застосування математичних моделей масового обслуговування.

Виклад основного матеріалу

Нехай p_j — імовірність того, що в довільний момент часу стаціонарного режиму система перебуває у стані E_j ($j = 0, 1, 2$), тобто маємо j вимог, які очікують у черзі або перебувають на обслуговуванні.

Як було доведено, у стаціонарному стані ймовірність p_j збігається з імовірністю π_j того, що в момент закінчення обслуговування система переходить у стан E_j .

Зауважимо, що при розгляді систем із груповим надходженням вимог і груповим обслуговуванням використовується функція ймовірностей

$$P(z) = \frac{\sum_{i=0}^{s-1} \pi_i (z^s - z^i)}{\frac{z^s}{K(z)}}. \quad (1)$$

Узявши $s = 1$, $\pi_i = p_i$ і $K(z) = \beta[\lambda(1-z)]$, дістанемо

$$P(z) = \frac{p_0(z-1)\beta[\lambda(1-z)]}{z - \beta[\lambda(1-z)]}. \quad (2)$$

Можна показати, що при $z \rightarrow 1$

$$\frac{1 - K(z)}{1 - z} \rightarrow \frac{\lambda}{\mu}, \quad (3)$$

де $\frac{\lambda}{\mu} = \rho$ — інтенсивність навантаження, або коефіцієнт використання каналу.

Отже, остаточно маємо вираз

$$P(z) = \frac{(1 - \lambda/\mu)\beta[\lambda(1-z)]}{1 - \{1 - \beta[\lambda(1-z)]\}/(1-z)}, \quad (4)$$

який справджується при $\frac{\lambda}{\mu} < 1$.

Якщо $\frac{\lambda}{\mu} \geq 1$, то всі ймовірності p_j дорівнюють нулю, оскільки кожний стан є нульовим рекурентним станом. Це впливає з того, що розглядуваний ланцюг незвідний, а отже, усі його стани належать до одного й того самого класу (зокрема, E_0 — нульовий рекурентний стан).

Задача визначення функції розподілу тривалості періодів зайнятості для одноканальної системи загальновідома. Ця тривалість, описувана випадковими величинами X_1, X_2, \dots , має взаємно незалежні однакові розподіли, оскільки в той час, коли канал вільний, не відбувається нічого такого, що могло б змінити розподіл наступного періоду. Період затримки починається, коли вимога надходить на обслуговування, і закінчується, коли завершується обслуговування останньої вимоги з черги, утворюваної під час даного процесу, якщо безпосередньо після цього жодна вимога не надходить і, отже, канал стає вільний.

Нехай $G(x) = P(X_n \leq x)$ — розподіл тривалості періоду зайнятості одноканальної системи з пуассонівським вхідним потоком і параметром λ та довільним розподілом $B(t)$ часу обслуговування. Функція $G(x)$ не залежить від того, як здійснюється вибір на обслуговування.

Зауважимо, що розподіл суми n періодів зайнятості являє собою n -кратну згортку функції розподілу $G(x)$. Відомо, що n -кратну згортку функції розподілу $G(x)$ дістаємо згорткою функції $G(x)$ із функцією, яка їй дорівнює, а потім згорткою результуючої функції знову з функцією $G(x)$ і т. д.

Наприклад, якщо $G_1(x) = G(x)$, то двократна згортка функції $G(x)$ набирає вигляду

$$G_2(x) = \int_0^x G_1(x-y) dG(y). \quad (5)$$

Вочевидь, n -кратна згортка

$$G_n(x) = \int_0^x G_{n-1}(x-y) dG(y), \quad n \geq 2. \quad (6)$$

Тривалість періоду зайнятості можна подати як загальну тривалість обслуговування першої вимоги і періоду зайнятості для вимог, що надійшли пізніше. Таким чином, якщо тривалість обслуговування першої вимоги дорівнює y і за цей час надійшло n вимог (імовірність цієї події визначається законом Пуассона), то для детермінованої моделі ці n вимог можна розглядати окремо. Перша вимога надходить на обслуговування безпосередньо після закінчення обслуговування початкової вимоги; якщо за час обслуговування надійдуть нові вимоги, то всі вони будуть обслуговані раніше від наступної з решти $n-1$ вимог.

Таким чином, n вимог і ті вимоги, які надходять за час їх обслуговування, забезпечують тривалість періоду зайнятості від моменту часу $x-y$ до моменту часу x . Але розподіл тривалості періоду зайнятості для кожної з цих n вимог однаковий і дорівнює $G(x-y)$. Узявши n -кратну згортку, знайдемо $G_n(x-y)$. Цей вираз має бути помножений на ймовірність надходження n вимог за час y і підсумований за всіма n .

Щоб дістати $G(x)$, цей результат потрібно помножити на $dB(y)$ і зінтегрувати по всіх можливих тривалостях y .

Отже,

$$G(x) = \int_0^x \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\lambda y} \frac{(\lambda y)^n}{n!} G_n(x-y) dB(y), \quad (7)$$

де

$$G_0(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x \geq 0, \\ 0, & \text{якщо } x < 0. \end{cases}$$

Застосувавши перетворення Лапласа–Стілтєса до останнього рівняння і ввівши позначення

$$\Gamma(s) = \int_0^{\infty} e^{-sx} dG(x), \quad (8)$$

дістанемо функціональне рівняння, що його має задовольняти $\beta(s)$ — перетворення Лапласа–Стілтєса функції $G(x)$ для $\text{Re}(s) \geq 0$.

Доведено, що це рівняння однозначно визначає функцію $\Gamma(s)$ при $\Gamma(\infty) = 0$, а з цієї функції однозначно визначається $G(x)$.

Доведено також, що вираз для $G(x)$ справджується тільки в тому випадку, коли $\frac{\lambda}{\mu} \leq 1$. Час обслуговування з імовірністю, яка дорівнює $\left[1 - \lim_{x \rightarrow \infty} G(x)\right]$, може прямувати до нескінченності.

Розглянемо багатоканальну систему з пуассонівським вхідним потоком і довільним розподілом часу обслуговування, однакою для всіх каналів, при обслуговуванні вимог у порядку надходження. Кількість каналів дорівнює c .

Можна довести, що ймовірність $H(y)$ того, що всі канали зайняті, дорівнює ймовірності $B_c(y)$ того, що канал, до якого надійшла дана вимога, залишається зайнятим протягом часу, який перевищує y , помноженій на ймовірність того, що решта $c-1$ каналів також зайняті протягом часу, котрий перевищує y , тобто

$$H(y) = \left[\mu \int_y^{\infty} B_c(x) dx \right]^{c-1} B_c(y). \quad (9)$$

У даному випадку функція $H(y)$ відіграє ту саму роль, що й функція $B_c(y)$ у разі одноканальної системи.

Нехай маємо N систем, що перебувають у стаціонарному стані. Тоді кількість систем, в яких час очікування міститься між w і $w + \Delta t$, визначається виразом

$$N \frac{dP(w)}{dw} \Delta t. \quad (10)$$

Від цієї кількості систем потрібно відняти кількість систем, в яких час очікування перевищує w . У даному випадку ця різниця дорівнює

$$N \lambda \Delta t \int_y^w \frac{dP(x)}{dx} H(w-x) dx \quad (11)$$

при $x > 0$.

Якщо $x = 0$, то кількість систем, які за час Δt переходять у групу систем, в яких час очікування стає більший за w , визначається з таких міркувань.

Тільки ті із систем, в яких перебуває $C-1$ вимога, можуть за час Δt перейти в групу систем, що мають додатний час очікування (тобто коли вимога, яка надійшла, займає один канал, а в решті каналів перебуває $C-1$ вимога). Отже, за цей час виявляться зайнятими всі канали, і знову вимога, що надійшла, матиме додатний час очікування.

Розглянемо багатоканальну систему з послідовними і паралельними каналами як характерний приклад мережоцентричних систем управління.

Візьмемо k послідовних фаз із чергою перед кожною фазою і необмеженим пуассонівським потоком, що надходить у кожен фазу. При цьому система складається з r_i паралельних каналів з експоненціальним часом обслуговування та параметром μ_i (i — будь-яке число). Імовірність того, що за час Δt буде закінчено обслуговування однієї з n_i вимог, які перебувають у i -й фазі, дорівнює $n_i \mu_i \Delta t + O(\Delta t)$ при $n_i < r_i$ або $n_i \mu_i \Delta t + O(\Delta t)$ при $n_i \geq r_i$.

При $p_i = \frac{\lambda}{r_i \mu_i} < 1$ ($i = 1, \dots, k$) рівняння для стаціонарного стану набирають вигляду

$$\left[\lambda + \sum_{j=1}^k \delta(n_j) \alpha(n_j) \mu_j \right] p(n_1, \dots, n_k), \quad (12)$$

де

$$\alpha(n_j) = \begin{cases} n_j, & n_j < r_j, \\ r_j, & n_j \geq r_j; \end{cases} \quad (13)$$

$$\delta(n_j) = \begin{cases} 1, & n_j \neq 0, \\ 0, & n_j = 0. \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, k; \quad (14)$$

Розв'язок має вигляд

$$p(n_1, \dots, n_k) = p(0, \dots, 0) \prod_{j=1}^k b(n_j). \quad (15)$$

Тут

$$b(n_j) = \begin{cases} \frac{1}{n_j!} (r_j p_j)^{n_j}, & n_j < r_j, \\ \frac{1}{r_j!} (r_j p_j)^{r_j} (p_j)^{n_j - r_j}, & n_j \geq r_j. \end{cases} \quad (16)$$

Беручи до уваги, що сума за всіма значеннями n_j має дорівнювати одиниці, дістаємо такі рівності:

$$\sum_{n_i=0}^{\infty} \dots \sum_{n_k=0}^{\infty} \left[\prod_{j=1}^k b(n_j) \right] = \prod_{j=1}^k \sum_{n_j=0}^{\infty} b(n_j) \equiv \prod_{j=1}^k A_j, \quad j = 1, \dots, k; \quad (17)$$

$$p(0, \dots, 0) = \prod_{j=1}^k A_j^{-1}. \quad (18)$$

Розподіл імовірностей для будь-якої фази знаходимо підсумовуванням за кількістю вимог, що перебувають в інших фазах. Звідси ймовірність того, що в j -й фазі перебувають n_j вимог, визначається так:

$$p(n_j) = \frac{b(n_j)}{A_j}. \quad (19)$$

Щоб знайти ймовірність того, що в j -й фазі перебувають n вимог, візьмемо $n_j = n$. Цей самий результат можна дістати, розв'язавши задачу для системи із c паралельними каналами при $c = n_j$.

Узявши $r_j = 1$ ($j = 1, \dots, k$), для одного з послідовних каналів дістанемо

$$p(n_1, \dots, n_k) = p(0, \dots, 0) \prod_{j=1}^k p_j^{n_j}, \quad (20)$$

$$p(0, \dots, 0) = \prod_{j=1}^k (1 - p_j). \quad (21)$$

Оскільки фази взаємно незалежні, то ймовірність того, що в j -й фазі перебувають n вимог, дорівнює

$$p_j^n (1 - p_j). \quad (22)$$

Середня кількість вимог, що перебувають у цій фазі, становить

$$\sum_{n=0}^{\infty} n p_j^n (1 - p_j) = \frac{p_j}{1 - p_j}. \quad (23)$$

Середня кількість вимог, що перебувають на обслуговуванні в j -й фазі, становить

$$\sum_{n=0}^{\infty} p_j^n (1 - p_j) = p_j. \quad (24)$$

Середня кількість вимог, що очікують початку обслуговування в j -й фазі, дорівнює

$$p_j (1 - p_j)^{-1}. \quad (25)$$

Математичне сподівання кількості вимог, що перебувають у системі, дорівнює сумі математичних сподівань вимог, що перебувають в усіх фазах.

Розподіл часу очікування для клієнта, що надходить з $(j - 1)$ -ї фази в j -ту фазу, як показано для одноканальної системи, має вигляд

$$f_j(\xi) d\xi = \frac{\sum_{n=k}^{\infty} \left[(1 - p_j) p_j^n \mu_j^n \xi (n - 1) e^{-\mu_j \xi} \right]}{(n - 1)!} d\xi = \quad (26)$$

$$= \lambda (1 - p_j) e^{-(\mu_j - \lambda) \xi} d\xi.$$

Імовірність відсутності очікування в j -й фазі, дорівнює $1 - p_j$, а ймовірність очікування, коли система зайнята,

$$(\mu_j - \lambda) e^{-(\mu_j - \lambda) \xi} d\xi. \quad (27)$$

При $\mu_j = \mu$ задамо $\sum n_j = n$. Нехай $p(n)$ — імовірність того, що в системі очікує n вимог. Тоді

$$p(n) = \binom{n + k - 1}{k - 1} \rho^n (1 - \rho)^k, \quad (28)$$

де

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Різні види дисципліни черги.

Випадковий вибір на обслуговування

У процесі масового обслуговування виникають ситуації, коли утворюються черги заявок (вимог) на обслуговування. Розв'язання цієї проблеми полягає в поступовому обслуговуванні системи, вимога приєднується до черги інших вимог. Канал обслуговування вибирає вимогу, яка перебуває в черзі, аби приступити до її обслуговування. Після завершення процедури обслуговування чергової вимоги канал розпочинає обслуговування наступної вимоги, якщо така є в блоці очікування. Цикл функціонування системи масового обслуговування подібного роду повторюється багаторазово протягом усього періоду роботи зазначеної системи. При цьому передбачається, що перехід системи до обслуговування чергової вимоги після завершення обслуговування попередньої вимоги відбувається миттєво, у випадкові моменти часу.

Основні компоненти системи масового обслуговування будь-якого виду такі:

- вхідний потік вимог або заявок, які надходять на обслуговування;
- дисципліна черги;
- механізм обслуговування.

Для опису *вхідного потоку вимог* потрібно задати ймовірнісний закон, що визначає послідовність моментів надходження вимог на обслуговування, і вказати кількість таких вимог у кожному черговому надходженні. При цьому, як правило, оперують поняттям «ймовірнісний розподіл моментів надходження вимог».

Дисципліна черги — це важливий компонент системи масового обслуговування, що визначає принцип, згідно з яким вимоги, які надходять на вхід обслуговуючої системи, підключаються з черги до процедури обслуговування. Найчастіше використовуються дисципліни черги, що визначаються такими правилами:

- першим прийшов — першим обслуговується;
- прийшов останнім — обслуговується першим;
- випадковий відбір заявок;
- відбір заявок за критерієм пріоритетності;
- обмеження часу очікування моменту настання обслуговування.

Механізм обслуговування визначається характеристиками самої процедури обслуговування і структурою обслуговуючої системи. До характеристик процедури обслуговування належать тривалість процедури обслуговування та кількість вимог, що задовольняються в результаті виконання кожної такої процедури. Для аналітичного опису характеристик процедури обслуговування оперують поняттям «імовірнісний розподіл часу обслуговування вимог».

Слід зазначити, що час обслуговування заявки залежить від характеру самої заявки або вимог клієнта, а також від стану й можливостей обслуговуючої системи. У ряді випадків доводиться також враховувати ймовірність виходу з ладу обслуговуючого приладу після закінчення деякого обмеженого інтервалу часу.

Структура обслуговуючої системи визначається кількістю та взаємним розташуванням каналів обслуговування. Насамперед слід наголосити, що система обслуговування може мати не один канал обслуговування, а кілька; система такого роду здатна обслуговувати одночасно кілька вимог. У цьому разі всі канали обслуговування пропонують одні й ті самі послуги, тобто можна стверджувати, що здійснюється паралельне обслуговування.

Система обслуговування може складатися з кількох різнотипних каналів обслуговування, через які має пройти кожна обслуговувана вимога, тобто в обслуговуючій системі процедури обслуговування вимог реалізуються послідовно. Механізм обслуговування визначає характеристики вихідного (обслугованого) потоку вимог.

Функціональні можливості будь-якої системи масового обслуговування визначаються такими основними факторами:

- імовірнісним розподілом моментів надходжень заявок на обслуговування (одиничних або групових);
- імовірнісним розподілом часу тривалості обслуговування;
- конфігурацією обслуговуючої системи (паралельне, послідовне або паралельно-послідовне обслуговування);

- кількістю і продуктивністю обслуговуючих каналів;

- дисципліною черги;
- потужністю джерела вимог.

Як основні критерії ефективності функціонування систем масового обслуговування залежно від характеру розв'язуваної задачі можуть виступати:

- імовірність негайного обслуговування заявки, яка надійшла;
- імовірність відмови в обслуговуванні заявки, яка надійшла;
- відносна і абсолютна пропускна здатність системи;
- середній відсоток заявок, які отримали відмову в обслуговуванні;
- середній час очікування в черзі;
- середня довжина черги;
- середній дохід від функціонування системи за одиницю часу і т. ін.

При дослідженні систем масового обслуговування можна встановити залежності між факторами, що визначають функціональні можливості тієї чи іншої такої системи, та ефективністю її функціонування.

Здебільшого всі параметри, що описують системи масового обслуговування, є випадковими величинами чи функціями, а отже, ці системи належать до стохастичних систем. Випадковий характер потоку заявок (вимог), а також, у загальному випадку, і тривалості обслуговування призводить до того, що в системі масового обслуговування відбувається випадковий процес.

За характером випадкового процесу, що відбувається в системі масового обслуговування, розрізняють системи марковські і немарковські. У марковських системах вхідний потік вимог і вихідний потік обслугованих вимог (заявок) є пуассонівським. Пуассонівські потоки дозволяють легко описати і побудувати математичну модель системи масового обслуговування.

Зазначені моделі мають досить прості вирішення, тому більшість відомих додатків теорії масового обслуговування використовують марковську схему. У разі немарковського процесу задачі дослідження систем масового обслуговування значно ускладнюються і вимагають застосування статистичного моделювання та чисельних методів.

Незалежно від характеру процесу, що відбувається в системі масового обслуговування, розрізняють два основні види таких систем:

- ◆ системи з відмовами, в яких заявка, що надійшла в систему в момент, коли всі канали зайняті, отримує відмову і відразу ж залишає чергу;
- ◆ системи з очікуванням (чергою), в яких заявка, що надійшла в момент, коли всі канали обслуговування зайняті, стає в чергу і чекає, поки не звільниться один із каналів.

Системи масового обслуговування з очікуванням поділяються на системи з обмеженим очікуванням і системи з необмеженим очікуванням. У системах з обмеженим очікуванням може обмежуватися довжина черги та час перебування в черзі. У системах із необмеженим очікуванням заявка, що перебуває в черзі, чекає обслуговування необмежено довго, тобто доти, доки не підійде черга.

Усі системи масового обслуговування розрізняють за кількістю каналів обслуговування — одно- та багатоканальні системи.

Найчастіше системи масового обслуговування виступають як мішані системи. Важливим питанням у теорії черг є система з вибіркою з черги за принципом FCFS (перший прийшов — перший обслугований). Проте значний інтерес становить і такий принцип, як випадковий вибір із черги (RANDOM).

Пропонуються та обговорюються й суто марковські системи M/M/n, стосовно яких виводяться формули для коефіцієнтів збільшення вищих моментів часу очікування порівняно з дисципліною FCFS:

$$R_2 = (1 - p/2)^{-1};$$

$$R_2 = (4 + 2p)/(2 - p)^2.$$

У момент відходу обслугованої вимоги ця вимога перебуватиме в системі разом із $n - 1$ іншими з імовірністю $P(n|\lambda)$, якщо в момент, котрий безпосередньо передував виконанню даної вимоги, у системі було k вимог ($k = 0, \dots, n$) і до закінчення обслуговування наступної вимоги надійшло ще $n - k$ вимог. Маємо:

$$P(n|\lambda) = (p_0 + p_1) \frac{\lambda^{n-1} e^{-\lambda}}{(n-1)!} + \dots + p_n e^{-\lambda}. \quad (29)$$

Цей вираз є рівнянням Кроммеліна для p_{n-1} , причому

$$P(n|\lambda) = p_{n-1}. \quad (30)$$

Позначимо через $q(t|n)$ імовірність того, що час очікування Δt не перевищує t за умови, що вимога, котра очікує, є однією з n вимог, які очікують початку обслуговування в момент, коли відбувається відхід першої обслугованої вимоги після надходження даної вимоги в систему.

Тоді

$$P(\Delta t \leq t) = \sum_{n=1}^{\infty} P(n|\lambda) q(t|n). \quad (31)$$

Але проміжок часу між моментом надходження даної вимоги і моментом виконання першої обслугованої вимоги однозначно визначається розподілом пуассонівського вхідного потоку в інтервалі обслуговування і не залежить від тривалості очікування в майбутньому внаслідок того, що вибір на обслуговування проводиться випадковим чином.

Виявляється, що чим довше вимога очікує, тим менша ймовірність того, що вона буде обслуговуватись в наступному проміжку часу t .

Висновки

◆ Наведено нову методику досліджень, які удосконалюють спосіб визначення затримки передавання інформації в мережоцентричних системах управління.

◆ Методику зорієнтовано на залучення у процес досягнення поставленої мети всіх компонентів системи і на забезпечення доступності будь-якої інформації, необхідної для ухвалення управлінського рішення.

◆ Знайдено затримку інформації для одноканальної системи з пуассонівським вхідним потоком і довільним розподілом часу обслуговування.

◆ Визначено середню кількість вимог, що перебувають у системі, розподіл тривалості періоду зайнятості та ймовірність того, що в цьому періоді буде обслуговано дану кількість вимог.

Список використаної літератури

1. Толубко, В. Б. Формування багатопозиційного сигналу технологій 5G на базі фазорізничевої модуляції високого порядку / В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, С. В. Козелков // Зв'язок.— 2016.— №4.— С. 5–7.
2. Толубко, В. Б. Багатокритеріальна оптимізація параметрів програмно-конфігурованих мереж / В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, Л. О. Орлов // Телекомунікаційні та інформаційні технології.— 2014.— №4.— С. 3–8.
3. Стеклов, В. К. Проектування телекомунікаційних мереж: підручник для вузів / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2002.— 848 с.
4. Стеклов, В. К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку: підручник для вузів / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Є. В. Кільчицький.— К.: Техніка, 2004.— 576 с.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **В. В. Поповський**, Харківський національний університет радіоелектроніки.

В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, С. В. Козелков, Е. П. Гороховський

ЗАДЕРЖКА ИНФОРМАЦИИ В ОДНО- И МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ПУАССОНОВСКИМ, А ТАКЖЕ ПРОИЗВОЛЬНЫМ ВХОДЯЩИМ ПОТОКОМ И ПРОИЗВОЛЬНЫМ ВРЕМЕНЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Приведены математические модели массового обслуживания сетцентричных систем управления.

V. B. Tolubko, L. N. Berkman, S. V. Kozelkov, E. P. Gorokhovskiy

NETWORK CENTERED MATHEMATICS MODELS FOR MASS SERVICE SYSTEMS

Information transmission delay determination for network centered control systems is considered.

УДК 354

Є. І. МАХОНІН, канд. техн. наук, професор;

Г. М. ВЛАСЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

В. К. ГІЛАШВІЛІ,

Державний університет телекомунікацій, Київ

КОНЦЕПЦІЯ Державної науково-технічної космічної Програми України на 2018–2022 роки

Обґрунтовано актуальність розробки Концепції Державної науково-технічної космічної Програми України (далі — Концепція), а також проаналізовано перспективи євроінтеграції нашої держави в космічній сфері. Значну увагу приділено основним напрямкам міжнародної співпраці в зазначеній сфері та реалізації космічної Програми.

Ключові слова: Концепція космічної Програми; євроінтеграція; міжнародна співпраця.

Вступ

Завдяки регулюючій ролі попередніх державних космічних програм України вдалося запобігти катастрофічній ерозії галузі, забезпечивши певні умови для її не лише виживання, а й стабілізації та виходу з комерційними проектами на світовий ринок. Це, у свою чергу, посприяло інтеграції України у світову космічну спільноту, сформувало основи внутрішнього ринку космічних послуг і дало поштовх до здійснення перших кроків на шляху комерціалізації космічної діяльності. Утім систематичне недофінансування галузі суттєво гальмує її розвиток.

Розроблення Концепції зумовлено необхідністю істотно підвищити рівень упровадження й використання сучасних космічних засобів, технологій та відповідної інформації для розв'язання нагальних проблем національної безпеки і оборони, розвитку освіти та науки, подальшого формування громадянського суспільства. Водночас необхідно визначитись як з оптимальним варіантом розв'язання завдань, так і з пріоритетами міжнародної співпраці та інтеграції у світову космічну спільноту.

Основна частина

Космічна галузь являє собою визначальний чинник довгострокового економічного розвитку держави, виступаючи каталізатором розробки та впровадження високих технологій, забезпечення належного науково-технологічного рівня інших галузей економіки.

Варто наголосити, що Україна належить до кола визнаних у світі космічних держав і цілком закономірно вітчизняна космічна галузь становить один із пріоритетних наукомістких секторів нашої економіки. Саме тут сконцентровано провідні диверсифіковані та спеціалізовані підприємства, установи й організації, які здатні створювати, виробляти й використовувати ракетно-космічну техніку, сприяючи розвитку власної економіки та міжнародної

співпраці, розв'язанню найскладніших оборонних завдань. Важливими чинниками виступають при цьому розвинена наземна інфраструктура та наукові школи зі світовим рівнем космічних досліджень.

Ракетно-космічна галузь України має сьогодні два головні завдання державної ваги.

1. Розробка й реалізація космічних і ракетно-космічних проектів, зорієнтованих на розвиток різних галузей вітчизняної економіки та підвищення зиску від використання космічної продукції: інформації щодо дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), отримуваної від національних і зарубіжних апаратів спостереження, супутникових навігаційних і телекомунікаційних послуг, послуг супутникового зв'язку, досліджень та експериментів у космічній сфері.

2. Створення ракетно-реактивного озброєння для власних Збройних Сил з орієнтацією на забезпечення окупності вкладених державних коштів завдяки можливому експорту цього озброєння.

Подальший розвиток космічних технологій в Україні є запорукою підвищення економічного потенціалу нашої держави.

Проблема, яка потребує невідкладного розв'язання, полягає в кричущій диспропорції між досягнутим рівнем розвитку космічних технологій в Україні та малопомітним впливом їх на розв'язання актуальних економічних, соціальних і оборонних завдань, здебільшого через незадовільний стан із виконанням усіх попередніх космічних програм. Це стало наслідком тривалої відсутності державної підтримки вітчизняної космічної галузі. Така ситуація неухильно наближає Україну до незворотної втрати статусу космічної держави. Щоб уникнути цього, слід діяти негайно.

Мета Концепції — актуалізувати використання космічного потенціалу держави для розв'язання завдань соціально-економічного, екологічного, науково-технічного, інформаційного та оборонного характеру.

© Є. І. Махонін, Г. М. Власенко, В. К. Гілашвілі, 2017

Головні цілі виконання положень Концепції такі:

- забезпечення розвитку космічних технологій та їх інтеграції в реальний сектор національної економіки, насамперед у галузі національної безпеки та оборони;
- підвищення науково-технічного та оборонного потенціалу держави;
- інтенсивне поглиблення міжнародної співпраці у сфері космічної діяльності з пріоритетом щодо таких партнерів, як країни Європейського Союзу (ЄС), Південної та Північної Америки, Південно-Східної Азії;
- удосконалення ракетно-космічної техніки (РКТ);
- забезпечення комерціалізації космічної діяльності.

Концепцію передбачено втілити в життя при виконанні космічної Програми України протягом 2018–2022 років.

Аналіз перспектив євроінтеграції України в космічній сфері

Багаторічна співпраця України з Росією призвела до залежності вітчизняних організацій і підприємств від російських партнерів як при реалізації спільних проектів зі створення сучасних зразків РКТ, так і при розробці національних проектів. Тепер, коли співпрацю з Росією припинено (за винятком багатосторонніх міжнародних проектів, в яких космічна галузь України має певні зобов'язання), розірвано давні коопераційні зв'язки й зупинено узгоджені свого часу українсько-російські проекти, галузь опинилась у ситуації, що спонукає до налагодження співпраці зі спорідненими компаніями провідних країн світу, зокрема до пошуку потужних партнерів у розв'язанні актуальної проблеми імпортозаміщення комплектуючих, які постачалися з Росії.

Отже, ідеться про необхідність невідкладної переорієнтації вітчизняної ракетно-космічної галузі. Із політичних міркувань та з огляду на здобутий вже досвід встановлення нових зв'язків таку переорієнтацію діяльності доцільно зосередити на поглибленні партнерства з країнами ЄС, Сполученими Штатами, Китаєм, країнами Латинської Америки, узявши до уваги, що започатковану вже євроінтеграцію слід розглядати як головний і незмінний зовнішньополітичний пріоритет України.

Угода про асоціацію між Україною і ЄС є цілком новаторський, унікальний документ, укладений на засадах політичної асоціації між ЄС і країною — учасницею Східного партнерства. Більш того, ця Угода безпрецедентна з погляду обсягу (низки сфер, які вона охоплює) і глибини (деталізації зобов'язань і часових рамок їх виконання).

Так, згідно з Угодою про асоціацію, один із пріоритетних напрямків співпраці між Україною і ЄС становить космічна сфера.

Тому слід якомога чіткіше визначитися з найбільш оптимальними й реальними пропозиціями щодо можливих напрямків спільної діяльності. Адже успіх такої співпраці залежатиме від інтересу іноземних компаній до вітчизняних проектів у космічній сфері та вмотивованості стосовно їх реалізації.

Вочевидь, насамперед має йтися про модернізацію існуючих і створення нових зразків РКТ завдяки міжнародній кооперації, що дозволить зменшити бюджетне навантаження, об'єднати нові технології сторін для створення РКТ з найвищими характеристиками та отримати фінансову підтримку за рахунок комерційних пускових послуг.

Зауважимо, що Україна співпрацює в мирних цілях з Європейським космічним агентством (ЄКА) відповідно до Угоди між ЄКА та урядом України (далі — Угода).

За час цієї співпраці вітчизняна космічна галузь здобула важливий досвід партнерства з ЄС у галузі науки, узявши участь у європейських проєктах, таких як FP7, Twinning, «Горизонт-2020», проєкт зі створення маршового двигуна РД-868Р для 4-го ступеня ракети-носія «Вега» (спільна розробка європейського та італійського космічних агентств).

Стосовно проєкту Twinning, реалізованого Національним інститутом аерокосмічних технологій Іспанії та Державним космічним агентством України (ДКА), слід наголосити, що при його втіленні вдалось наблизити законодавство України до норм і стандартів ЄС, сприяти залученню України до виконання космічних програм ЄС, зокрема у сферах супутникової навігації (EGNOS/Galileo) та дистанційного зондування Землі (GMES-Copernicus).

Супутникова навігаційна діяльність і діяльність у сфері ДЗЗ — це ті напрямки, що особливо динамічно розвиваються в ЄС. Україна, у свою чергу, має певні напрацювання з цієї проблематики, оскільки один із головних пріоритетів вітчизняної космічної галузі полягає в розгортанні на орбіті космічних систем спостереження Землі та створення ефективної наземної системи використання аерокосмічних даних.

При цьому не менш важливе завдання — забезпечити нашу участь у здійсненні заходів, спрямованих на розширення дії супутникових систем функціонального доповнення EGNOS, аби вони охоплювали територію України з використанням вітчизняних станцій моніторингу цілісності.

Проєкт Twinning став інструментом для досягнення зазначених цілей. Перелік здобутків цього проєкту чималий.

- Розроблено законодавчу базу в космічній галузі з урахуванням європейського досвіду, зокрема проекти законів України про державне регулювання у сфері супутникової навігації та ДЗЗ.

- Упроваджено європейські супутникові навігаційні системи EGNOS/Galileo на території України.

- Обговорено участь України в європейській системі спостереження Землі Copernicus та розроблено проект Плану заходів з моніторингу території України.

- Організовано вивчення основних засад і стандартів управління проектами, що застосовуються у країнах ЄС, і розроблено дорожню карту створення Офісу управління проектами в ДКА.

- Забезпечено підтримку українських установ космічної галузі в європейських космічних програмах, зокрема в програмі з досліджень та інновацій ЄС «Горизонт-2020».

- Отримано рекомендації експертів щодо подальших дій ДКА, які уможливають поступове набуття Україною членства в ЄКА.

Результати успішної співпраці Іспанії і України при реалізації проекту Twinning дають підстави для оптимізму стосовно поглиблення партнерства України з ЄС у космічній сфері, зокрема використання українського наземного сегмента, що забезпечує управління космічними апаратами, прийом і обробку спеціальної інформації від них, для здійснення прийому інформації за результатами ДЗЗ з іспанських супутників типу DEIMOS, а в перспективі — PAZ та Ingenio. Це значно розширить коло споживачів інформації високого просторового розрізнення у Східній Європі й уможливить практичне застосування українських засобів прийому інформації із залученням вітчизняного персоналу.

Важливим партнером України у співпраці з ЄКА виступає Польща. Велику користь дає, зокрема, вивчення її досвіду, пов'язане з набуттям членства й активною участю в ЄКА, тим більш, що існують реальні перспективи залучення українського виробничого і наукового потенціалу до виконання амбітних космічних проектів цієї країни.

У свою чергу, промисловість Польщі та її фінансові ресурси можуть бути задіяні з метою:

- реалізації проекту щодо створення космічної системи ДЗЗ подвійного призначення з просторовим розрізненням 2,0...2,5 м (українська космічна Програма передбачає створення в 2017-му такого супутника і його запуск не пізніше 2018 року);

- спільного використання українських засобів автоматизованого комплексу управління космічними апаратами;

- спільного доопрацювання та подальшого використання перспективного ракетного комплексу

«Циклон», що дасть змогу Польщі взяти участь у розробленні й виготовленні надійної ракети-носія;

- залучення потенціалу космічної галузі України для спільного створення ракети-носія надлегкого класу.

Основні напрями міжнародної співпраці

України з провідними космічними державами

До головних здобутків співпраці України зі США в космічній сфері слід віднести створення і успішну експлуатацію міжнародних ракетно-космічних комплексів (РКК) «Морський старт» і «Наземний старт», створення американсько-українських ракет-носіїв «Антарес» та «Таурус-П».

Ефективність подальшої співпраці залежатиме передусім від кількості проектів, в яких будуть зацікавлені американські компанії, та підтримки вищими органами влади України цієї діяльності.

Серед проектів, привабливих для наших американських партнерів, слід згадати відновлення експлуатації РКК «Морський старт», продовження співпраці з компанією Orbital Sciences Corporation щодо вдосконалення ракети-носія «Антарес», зокрема доопрацювання носія для забезпечення пілотованих польотів до міжнародних космічних станцій, розробка і постачання рідинних ракетних двигунів 1-го ступеня з тягою 200 та 250 т на базі двигуна РД-815 української розробки на заміну російського рідинного ракетного двигуна РД-180 на ракеті-носії «Атлас-5», участь у космічній програмі США з дослідження Місяця та Марсу.

За активністю досліджень космічного простору та перспективністю їх розвитку така країна, як Китай, поступається сьогодні лише Сполученим Штатам Америки.

Україна активно співпрацює з Китаєм у сфері дослідження й використання космічного простору у мирних цілях відповідно до українсько-китайської програми такої співпраці на період 2011–2015 років (далі — Програма). Проте вже парафоровано чергову (четверту за ліком) Програму співробітництва в космічній галузі на 2016–2020 роки з розширеною номенклатурою спільних проектів. Серед них створення космічних систем спостереження Землі та прогнозування землетрусів, упровадження космічного зварювання, участь у програмі Китаю з дослідження Місяця, поставлення китайським партнерам обладнання та приладів для РКТ і т. ін.

Вочевидь, успіх у створенні та реалізації міжнародних проектів залежатиме не тільки від упровадження новітніх технологій, притаманних космічній галузі, а й від рівня розвитку вітчизняної електронної та машинобудівної промисловості.

Перспективи плідної співпраці маємо також на південно-американському ринку, особливо з огляду

на прогнозовану зміну влади у Бразилії. Отже зусилля української дипломатії мають посприяти відновленню розробки українсько-бразильського космічного ракетного комплексу «Алкантара» на базі українського носія «Циклон-4».

Головні напрямки реалізації космічної Програми

Одне з найважливіших і пріоритетних завдань космічної галузі України полягає у здійсненні діяльності в *безпековій і оборонній сферах*.

Безпека і обороноздатність України, як і будь-якої іншої держави, значною мірою залежать від рівня впровадження космічних систем спеціального призначення та високоточних засобів ураження, зокрема ракетно-реактивної зброї. Із використанням космічних систем забезпечується високоточна видова розвідка, визначення навігаційних параметрів рухомих та стаціонарних військових об'єктів, супутниковий зв'язок. Сьогодні особливої актуальності набуває завдання з розроблення та виготовлення комплексної розвідувально-ударної системи у складі космічної системи розвідки. Ідеться про оперативно-тактичний ракетний комплекс (ОТРК) з використанням таких унікальних технологій, як лазерна гіроскопія, супутникова навігація, вуглецеві матеріали.

З огляду на відмову України від ядерної зброї та отримання нею без'ядерного статусу потреба в існуванні ОТРК у складі наших Збройних Сил стає особливо нагальною. Адже ОТРК — чинник стратегічного стримування воєнної агресії, ефективний інструмент деескалації будь-яких воєнних

конфліктів. Отже, роботи зі створення ОТРК для потреб Збройних Сил України необхідно активізувати.

Державна програма створення системи супутникового зв'язку (ССЗ) «Либідь»

Одним із пріоритетних напрямків є роботи щодо проектування, виготовлення і запуску на навколорізномірну орбіту першого українського телекомунікаційного космічного апарата «Либідь», призначеного для потреб майбутньої української системи супутникового зв'язку, телебачення та для виконання деяких інших завдань. Поки що роботи за цим проектом призупинено. Про подальші перспективи сьогодні говорити важко.

Проте потреба України у власній ССЗ насправді невідкладна, тому проект «Либідь» реалізується як комерційний — за рахунок інвестиційних коштів.

Висновок

Розробка та затвердження на державному рівні Космічної науково-технічної Програми України на 2018–2022 роки уможливають активний розвиток космічних технологій в Україні, із визначенням і закріпленням нових пріоритетів міжнародної співпраці в космічній сфері, посиленням обороноздатності держави.

Список використаної літератури

Діяльність України як космічної держави. Довідь виконуючого обов'язки Голови Державного космічного агентства України Ю. М. Радченка на засіданні Кабінету Міністрів України.

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

Е. И. Махонин, Г. Н. Власенко, В. К. Гиладшвили

КОНЦЕПЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ УКРАИНЫ НА 2018–2022 ГОДЫ

Дано обоснование актуальности разработки Концепции государственной научно-технической космической Программы Украины, а также проанализированы перспективы евроинтеграции нашего государства в космической сфере. Значительное внимание уделено основным направлениям международного сотрудничества в указанной сфере и реализации космической Программы.

Ключевые слова: Концепция космической Программы; евроинтеграция; международное сотрудничество.

E. Mahonin, G. Vlasenko, V. Gilashvili

THE CONCEPT OF THE STATE SCIENTIFIC AND TECHNICAL SPACE PROGRAM OF UKRAINE FOR 2018–2022

The article substantiates the relevance of the concept development, the analysis of the prospects of integration in the space industry, described the main directions of international cooperation and implementation of the space program.

Keywords: concept space Programme; European integration; international cooperation.

УДК 681.518.2

О. В. ШУЛЬГА, доктор техн. наук, доцент;

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

Д. М. НЕЛЮБА, канд. техн. наук;

М. М. ГОНТАР,

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПЛАЗМИ В РІЗНИХ РЕЖИМАХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ КОСМІЧНОГО АПАРАТА

Описано метод ідентифікації космічних апаратів (КА) за неконтрольованим випромінюванням (НКВ), який полягає в аналізі випромінювання бортової апаратури (БА) виявленого космічного об'єкта (КО) і порівнянні з математичними моделями процесів, які мають бути ідентифіковані. Це дозволить підвищити якість функціонування системи контролю космічного простору. Пропонований метод не лише забезпечує додаткові відомості про роботу БА спостережуваних КА, а й дає змогу класифікувати КО за особливостями роботи в пасивному режимі локації внутрішніх систем КА.

Ключові слова: космічний апарат; плазма; бортова система навігації та мобільного зв'язку; густина потужності; коливання гетеродина; динамічна модель; кусково-лінійна апроксимація; радіотехнічна станція.

Вступ

Розвиток сучасних засобів навігації та телекомунікацій, що працюють в імпульсному режимі на борту КА, вимагає розробки й упровадження джерел випромінювання плазми оптичного діапазону зі стабільними енергоощадними характеристиками та зручними експлуатаційними параметрами [1].

Аналіз попередніх досліджень

Усі відомі дослідження особливу увагу приділяють надійності роботи джерел випромінювання в пускових режимах за різних умов експлуатації. Такий підхід дозволяє використовувати зазначені джерела в багатьох приладах телекомунікацій і в системах навігації [2].

Важливим є спектр випромінювання джерела навігаційного пристрою чи засобу телекомунікації, оскільки довжина світлової хвилі являє собою істотну ознаку середовища (повітряний простір, вакуум тощо) її поширення. Наприклад, спектральні характеристики джерела випромінювання високої інтенсивності визначаються галоїдними домішками, що вводяться в розрядні пальники, а саме: TlJ дає зелений, NaJ — помаранчевий, а InJ_3 — синій колір випромінювання. Поєднуючи ці домішки в певній пропорції, отримуємо практично будь-який спектр видимого діапазону, а отже, уможливіємо утворення «вікна» в суцільному шарі плазми вздовж зовнішньої оболонки КА для передавання інформації в імпульсному режимі.

При дослідженні та конструюванні плазмових пристроїв актуалізується проблема пускового режиму в розрядному об'ємі [3; 4]. Пуск (запалювання) залежить від різних параметрів: діаметра і довжини розрядної області, роду газу, що її наповнює, температури навколишнього середовища.

Мета статті

Поставлено завдання визначити залежність пускової напруги (напруги запалювання) U_3 від напруги U_ϕ формування основного розряду в розрядному пальнику.

Основна частина

Взаємозв'язок між напругою U_ϕ формування розряду і напругою U_3 запалювання подається як функціональна залежність $U_3 = f(U_\phi)$, використовувана в розрахунках плазмового пристрою [5].

Напругу U_ϕ формування розряду для різних значень радіуса R пальника і тиску P газу (у даному випадку — аргону) в пальнику знаходимо зі співвідношення

$$U_\phi = f(R, P), \quad (1)$$

$$U_\phi = 1,33 \cdot K^{\frac{1}{4}} \cdot \varepsilon_0^{\frac{1}{4}} C^{\frac{3}{4}} P^{\frac{3}{4}} j_0^{\frac{1}{4}},$$

де K — коефіцієнт рухливості іонів, $K = 2 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$;

ε_0 — діелектрична стала аргону, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$;

C — коефіцієнт, що визначає рід газового середовища і залежить від радіуса пальника;

j_0 — густина електронного струму на межі плазми, $j_0 = 10 \text{ А/м}^2$;

P — тиск аргону в пальнику, $P = 1330; 2660; 3990; 6650 \text{ Па}$.

Для визначення напруги U_3 запалювання через напругу U_ϕ формування розряду попередньо обчислимо коефіцієнти k пропорційності $k = \frac{U_3}{U_\phi}$ для різних значень тиску P аргону і радіуса R пальника.

Значення U_ϕ обчислюємо згідно з (1).

Коефіцієнти k для різних значень U_ϕ і U_3 знаходимо математичною обробкою статистичних даних [1]:

$$k_1 = 5,5 \pm 0,3; k_2 = 3,1 \pm 0,1;$$

$$k_3 = 2,3 \pm 0,1; k_4 = 1,6 \pm 0,3.$$

Результати виконаних обчислень подаємо відповідно в табл. 1–4.

Зауважимо, що за нормального розподілу помилка X_0 спостереження також розподілена за нормальним законом

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-X_0)^2}{2\sigma^2}},$$

із математичним сподіванням, яке дорівнює істинному значенню X_0 спостережуваної величини (у нашому випадку коефіцієнта k), і дисперсією σ^2 . Це означає, що окреме спостереження являє собою елемент із нескінченної множини спостережень, які можуть бути виконані в однакових умовах із середньою помилкою σ . Ця нескінченна множина можливих спостережень утворює нормальну генеральну сукупність, середнє арифметичне якої дорівнює математичному сподіванню, тобто значенню X_0 .

Таблиця 1

Значення R, U_{ϕ}, U_3 та k_1 для пальників із тиском аргону $P_1 = 1330 \text{ Па} = \text{const}$ при температурі $t = 20 \text{ }^\circ\text{C} = \text{const}$

$R, \text{ мм}$	$U_{\phi}, \text{ В}$	$U_3, \text{ В}$	$k_1 = U_3/U_{\phi}$
5,5	31,6	192 ± 6	6,07
10	30,7	162 ± 8	5,3
13	29,8	167 ± 3	5,6
14,5	29,4	164 ± 4	5,5

Таблиця 2

Значення R, U_{ϕ}, U_3 та k_2 для пальників із тиском аргону $P_2 = 2660 \text{ Па} = \text{const}$ при температурі $t = 20 \text{ }^\circ\text{C} = \text{const}$

$R, \text{ мм}$	$U_{\phi}, \text{ В}$	$U_3, \text{ В}$	$k_2 = U_3/U_{\phi}$
5,5	53,1	170 ± 9	3,2
10	51,6	151 ± 3	2,92
13	50,1	164 ± 2	3,3
14,5	49,5	150 ± 2	3

Таблиця 3

Значення R, U_{ϕ}, U_3 та k_3 для пальників із тиском аргону $P_3 = 3990 \text{ Па} = \text{const}$ при температурі $t = 20 \text{ }^\circ\text{C} = \text{const}$

$R, \text{ мм}$	$U_{\phi}, \text{ В}$	$U_3, \text{ В}$	$k_3 = U_3/U_{\phi}$
5,5	72	164 ± 4	2,28
10	70	154 ± 9	2,2
13	68	168 ± 8	2,5
14,5	67	150 ± 2	2,2

Таблиця 4

Значення R, U_{ϕ}, U_3 та k_4 для пальників із тиском аргону $P_4 = 6650 \text{ Па} = \text{const}$ при температурі $t = 20 \text{ }^\circ\text{C} = \text{const}$

$R, \text{ мм}$	$U_{\phi}, \text{ В}$	$U_3, \text{ В}$	$k_4 = U_3/U_{\phi}$
5,5	105,5	167 ± 9	1,58
10	102,6	167 ± 2	1,63
13	99,7	168 ± 2	1,68
14,5	98,3	158 ± 4	1,6

Математичне сподівання обчислюємо за формулою

$$X_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (2)$$

де n — кількість спостережень.

Дисперсію S (вибірковий стандарт) визначаємо за формулою Бесселя:

$$S_{\text{cp}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{cp}})^2}.$$

Оцінку середньоквадратичного відхилення величини X_{cp} дістанемо за формулою

$$S_{\text{cp}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{cp}})^2}.$$

Здобутий результат запишемо скорочено:

$$X_0 = X_{\text{cp}} \pm S_{\text{cp}}.$$

Вираз для коефіцієнта k апроксимуємо кубічною параболою:

$$k_i = a_1 p_i + a_2 p_i^2 + a_3 p_i^3, \quad i = 1, 2, 3, \quad (3)$$

або докладніше:

$$k_1 = a_1 p_1 + a_2 p_1^2 + a_3 p_1^3,$$

$$k_2 = a_1 p_2 + a_2 p_2^2 + a_3 p_2^3,$$

$$k_3 = a_1 p_3 + a_2 p_3^2 + a_3 p_3^3.$$

Маючи значення K, P_1, P_2 і P_3 , розв'язуємо систему з трьома невідомими і знаходимо коефіцієнти a_1, a_2, a_3 :

$$a_1 = 0,972 \cdot 10^{-2}; \quad a_2 = 0,506 \cdot 10^5; \quad a_3 = 0,694 \cdot 10^{-9}.$$

Підставивши коефіцієнти a_1, a_2, a_3 у формулу (3), дістанемо вираз для розрахунку коефіцієнта пропорційності:

$$k = 0,972 \cdot 10^{-2} P - 0,506 \cdot 10^{-5} P^2 + 0,694 \cdot 10^{-9} P^3.$$

У результаті маємо залежність:

$$U_3 = k U_{\phi} = f(P) \cdot U_{\phi}.$$

Для перевірки правильності виконаних розрахунків обчислимо U_3 для значень тиску аргону в пальнику, які відповідають тиску в проведених нами експериментальних дослідженнях із подальшою побудовою графіків розрахункових та експериментальних залежностей виду

$$U_3 = f(R).$$

Результати обчислень подаємо у вигляді табл. 5–8.

Таблиця 5

Значення k, U_{ϕ} і розрахункове значення U_3 при $R = 5,5 \text{ мм}$

$P, \text{ Па}$	1330	1995	2660	3325	3390
k	$5,59 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,1$	$2,52 \pm 0,1$	$2,31 \pm 0,1$
$U_{\phi}, \text{ В}$	31,5	42,7	53,07	62,74	71,94
$U_3, \text{ В}$	176 ± 9	203 ± 8	166 ± 5	158 ± 6	166 ± 7

Таблиця 6

Значення k, U_{ϕ} і розрахункове значення U_3 при $R = 10 \text{ мм}$

$P, \text{ Па}$	1330	1995	2660	3325	3390
k	$5,6 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1$
$U_{\phi}, \text{ В}$	30,7	41,6	51,7	61,1	70,2
$U_3, \text{ В}$	171 ± 9	198 ± 8	162 ± 5	154 ± 6	162 ± 7

Таблиця 7

Значення k, U_{ϕ} і розрахункове значення U_3 при $R = 13 \text{ мм}$

$P, \text{ Па}$	1330	1995	2660	3325	3390
k	$5,6 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$	$2,3 \pm 0,1$
$U_{\phi}, \text{ В}$	29,8	40,4	50,2	59,3	68
$U_3, \text{ В}$	166 ± 9	192 ± 8	157 ± 5	149 ± 6	157 ± 7

Таблиця 8

Значення k, U_{ϕ} і розрахункове значення U_3 при $R = 14,5 \text{ мм}$

$P, \text{ Па}$	1330	1995	2660	3325	3390
k	$5,6 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$	$2,3 \pm 0,1$
$U_{\phi}, \text{ В}$	29,4	39,8	49,5	58,5	67,1
$U_3, \text{ В}$	164 ± 9	189 ± 8	155 ± 5	147 ± 6	150 ± 7

Висновки

◆ Графіки залежності $U_3 = f(U_\Phi)$, побудовані за розрахунковими даними показують, що розрахункові та експериментальні значення U_3 у досліджуваних точках збігаються, тобто залежність $U_3 = f(U_\Phi)$, запропоновану нами для розрахунку U_Φ за наявними даними, виведено правильно, тому надалі при будь-яких розрахунках відпадає потреба знаходити U_3 — достатньо мати U_Φ .

◆ Дослідження особливостей роботи плазмових пальників у різних режимах та оптимізація їх пускових характеристик виконується з метою забезпечення стабільності сигналів неконтрольованого випромінювання, що здійснюється з бортової системи зв'язку КА.

◆ При розробці нових типів плазмових пальників особлива увага приділяється енергоефективності, високим експлуатаційним характеристикам, простоті й надійності систем управління процесами пуску та роботи в різних режимах.

◆ Пропонується використовувати плазмові пальники для забезпечення надійного зв'язку КА при його пуску та проходженні щільних шарів атмосфери.

Список використаної літератури

1. **External Control of Plasmas for High-Speed Aerodynamics** / [S. Macheret, Y. Ionikh, Martinelli a. o.] // Paper AIAA 99-4853. 3rd WIG Workshop. Norfolk. VA. — Nov. 1999. — P. 16.

2. **Шульга, О. В.** Методологічні основи побудови псевдо-супутникової радіосистеми для підвищення безпеки управління компонентів мобільних мереж зв'язку: дис. ... доктора техн. наук / О. В. Шульга. — К., 2015. — 336 с.

3. **Райзер, Ю. П.** Фізика газового розряду / Ю. П. Райзер. — М.: Интеллект, 2009. — 736 с.

4. **Вдовин, В. Г.** Экспериментальное исследование физических условий в плазме разряда ВД в смеси паров ртути с добавками металлогалогенидов TlJ, InJ3, NaJ: дис. ... канд. техн. наук / В. Г. Вдовин. — М., 1981. — 172 с.

5. **Управление процессом зажигания металлогалогенных ламп высокого давления** / [А. В. Шульга, Д. М. Нелюба, О. И. Данник, Е. В. Котюк] // Системы обработки информации. — Х.: ХУПС, 2012. — Т. 1. — Вып. №2 (100). — С. 108–111.

6. **Экспериментальные исследования зажигания металлогалогенных источников света в зависимости от различных факторов с целью создания систем управления работой навигационными приборами видимого спектра излучения** / [А. В. Шульга, О. А. Зубрицкий, Д. М. Нелюба, О. И. Данник] // Системы управления, навигации та зв'язку: зб. наук. праць. — П.: Полт. нац. техн. ун-т імені Ю. Кондратюка. — 2013. — Вып. №2 (26). — С. 54 – 57.

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

А. В. Шульга, А. В. Шефер, Д. М. Нелюба, М. Н. Гонтарь

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Описан метод идентификации космических аппаратов (КА) по неконтролируемым излучениям (НКИ), который заключается в анализе излучения бортовой аппаратуры (БА) обнаруженного космического объекта (КО) и сопоставлении с математическими моделями идентифицируемых процессов, что позволит повысить качество функционирования системы контроля космического пространства. Данный метод не только обеспечит дополнительные сведения о работе бортовых аппаратов исследуемых КА, но и позволит классифицировать КО функционирующих КА по особенностям работы внутренних систем в пассивном режиме локации.

Ключевые слова: космический аппарат; плазма; бортовая система навигации и мобильной связи; плотность мощности; колебания гетеродина; динамическая модель; кусочно-линейная аппроксимация; радиотехническая станция.

O. Shulga, O. Shefer, D. Neliuba, M. Hontar

FEATURES RESEARCH OF PLASMA RADIATION SOURCES IN DIFFERENT MODES FOR INCREASING SPACECRAFT INTERFERENCE PROTECTION

In the article determined, that the power density distribution of the instability process is extremely difficult to estimate by direct measurements, because its components are small, in comparison with the power of the main frequency component. More accessible are measurements of time characteristics of frequency instability. Were described a method for identifying spacecraft (SC) by uncontrolled emissions (UE), which consists in analyzing the onboard equipment radiation of the detected space object (SO) and comparing it with mathematical models of the identified processes, what will improve the functioning quality of the space control system. This method will provide additional information about on-board apparatus (OBA) of spacecraft, and makes it possible to classify SO of functioning spacecraft according to the internal systems operation features in passive location mode.

Keywords: spacecraft; plasma; on-board navigation and mobile communication system; power density; fluctuation oscillator; dynamic model; piecewise linear approximation; radio engineering station.

УДК 004.75

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

КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ І ОСОБИСТІСНИХ ЯКОСТЕЙ ВИПУСКНИКА

Визначено з відповідним обґрунтуванням множину показників оцінювання випускника вищого навчального закладу, утворену в результаті поєднання множин компетенцій, передбачених освітньою програмою підготовки, із професійними та особистісними компетенціями, необхідними згідно з вимогами роботодавців. Побудовано модель оцінювання студента відповідно до належності компетенцій тій чи іншій узагальненій групі компетенцій. Запропоновано метод виведення остаточної оцінки на основі поєднання колективного та індивідуального методів оцінювання.

Ключові слова: когнітивна модель; інформаційна технологія; студент; оцінювання; компетенція; роботодавець; працевлаштування.

Вступ і постановка проблеми

Працевлаштування випускників вищих навчальних закладів, або вишів, України — завдання, актуальне як ніколи. Це пояснюється активними трансформаційними процесами в нашій країні, насамперед у сфері економіки, та недосконалістю системи взаємозв'язків між вищими й представниками ринку праці — роботодавцями. Усунення цих причин — справа часу. Проте вже сьогодні багато що можна поліпшити, вживши заходів, здійснюваних зусиллями вишів. Адже насправді особливо значні труднощі виникають унаслідок таких обставин:

- диплом і додаток до нього не є достатньо інформативними для того, аби роботодавець мав змогу ухвалити обґрунтоване рішення щодо працевлаштування даного випускника вишу;

- програма підготовки студента у виші далеко не достатньо враховує динаміку вимог ринку праці.

Вочевидь, необхідно створити дієвий механізм реагування на запити роботодавців у процесі навчання студентів і забезпечити максимальну інформативність документів, які видаються на підтвердження опанування відповідної програми підготовки. Це дозволить підвищити конкурентоспроможність випускників вишів, у тому числі й завдяки своєчасному коригуванню програм їх підготовки та створенню передумов для працевлаштування студентів ще на етапі їх навчання у виші.

Основна частина

Технологія побудови моделі виведення оцінки студента вишу включає в себе три етапи:

- 1) складання переліку компетенцій студента, які потребують оцінювання;
- 2) вибір методу обробки даних та виведення остаточної оцінки для кожної групи компетенцій;
- 3) здійснення побудови моделі оцінювання успішності навчання студента (випускника).

Етап 1-й — розробка повного переліку компетенцій, оцінюваних під час навчання студента у виші. Згідно з [1] компетенції об'єднуються в узагальнені групи:

- група f_1 — теоретична підготовка;
- група f_2 — практичні навички;
- група f_3 — загальноосвітня підготовка;
- група f_4 — особистісні якості випускника;
- група f_5 — стан його здоров'я.

Оскільки навчання студента відбувається за певною освітньо-професійною програмою (ОПП) підготовки, то до переліку компетенцій неодмінно мають входити компетенції з цієї програми, які утворюють базовий набір компетенцій і закріплюються за відповідними узагальненими групами $f_1 - f_5$. Кожна з компетенцій може формуватися на основі однієї чи кількох дисциплін або інших видів організації навчальної діяльності (практики, курсові тощо), які підлягають оцінюванню. Дисципліни з ОПП включають у себе три цикли підготовки:

- цикл 1-й — загальна підготовка;
- цикл 2-й — професійна та практична підготовка;
- цикл 3-й — дисципліни вільного вибору студента (які входять до перших двох циклів).

Разом із дисциплінами, розподіленими по циклах підготовки, до базового набору входять деякі інші види робіт, передбачених навчальним планом:

- курсові роботи та проекти;
- дипломні роботи та проекти, державний іспит;
- навчальні та виробничі практики тощо.

Наприклад, група f_1 містить перелік фахових навчальних дисциплін, що викладаються у виші та відповідають компетенціям — як суто професійним, так і професійним згідно зі спеціалізацією.

Наприклад, за спеціальністю «122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології» рівня підготовки «бакалавр» програма включає в себе вісім загальних компетенцій (ЗК), 16 професійних компетенцій (ПК), а також п'ять ПК згідно зі спеціалізацією. Зазначені компетенції опановує студент під час вивчення 62 навчальних дисциплін за навчальним планом.

До групи f_2 входять відомості про види діяльності студентів, що характеризують суто практичну складову навчання: відомості про виконані курсові та дипломні роботи й проекти, в яких розв'язуються конкретні практичні задачі; відомості щодо проходження практики, стажування, участі в реальних проектах та результатів наукової діяльності. Для формування остаточних даних стосовно компетенцій здійснюється виконання п'яти курсових робіт, проходження трьох практик, виконання та захист одного дипломного проекту та однієї державної атестації.

Групу f_3 утворюють дані про загальноосвітній рівень випускника, рівень володіння діловою українською мовою, рівень володіння англійською мовою тощо.

Якщо роботодавець висуває додаткові вимоги (компетенції) щодо теоретичної підготовки (знання певних технологій, мов програмування і т. ін.), то такі навчальні елементи включаються у відповідний перелік як дисципліни вільного вибору студентів або як інші типи організації навчальної діяльності (факультативи, практики, стажування і т. ін.). У разі, коли студент проходив підготовку за додатковими видами навчання, то він неодмінно повинен мати відповідну оцінку.

До груп f_4 і f_5 належать компетенції, формування яких у студента виходить за межі обов'язкової ОПП, узгодженої з Міністерством освіти і науки України. Ідеться про ту частину підготовки, завдяки якій студент якісно відрізняється від усіх інших, що навчаються за аналогічними програмами в інших вишах. Відповідні компетенції (разом із компетенціями, доданими до груп f_1-f_3 на вимогу роботодавців), забезпечують для випускників даного вишу належну конкурентоспроможність і успішність.

Зокрема, група f_4 містить компетенції, які відбивають особистісні якості студента, так звані ринкові та корпоративні компетенції. Адже, як наголошено в [2], сучасні роботодавці здебільшого (75%) надають перевагу наявності у випускників таких компетенцій, вважаючи навіть навчальні досягнення студентів менш важливими, що має місце в абсолютній більшості (65%) випадків. Отже, необхідність формування таких компетенцій беззаперечна.

Технологія визначення та включення компетенцій до групи f_4 поділяється так:

- формування базового переліку ринкових та корпоративних компетенцій (на погляд вишу);
- додавання необхідних роботодавцям компетенцій, що не ввійшли до базового переліку.

Базовий перелік, у свою чергу, формується з такої множини [1]:

- 1) активна життєва позиція;
- 2) серйозність мотивації до професії;
- 3) схильність до саморозвитку;
- 4) висока працездатність;
- 5) комунікабельність;
- 6) здатність досягати результату;
- 7) системність мислення;
- 8) професіна майстерність;
- 9) сприйнятливості щодо нового;
- 10) уміння працювати в команді;
- 11) стресостійкість;
- 12) відповідність корпоративним нормам;
- 13) наполегливість;
- 14) сумлінність у роботі.

Розвиток зазначених компетенцій відбувається завдяки наскрізному впровадженню в усі використовувані види організації навчальної діяльності (дисципліни, курсові роботи, практики) сучасних освітніх технологій, психолого-педагогічних технік, а також додаткових видів занять (факультативи, стажування тощо).

До групи f_5 належать якості, що характеризують стан здоров'я студента. Наявність цієї групи дозволить знаходити, зокрема, способи взаємодії між студентами з обмеженими можливостями та роботодавцями. Якості, включені до цієї групи, можуть також свідчити про особливі досягнення студентів у тій чи іншій сфері, наприклад у спорті.

На цьому етапі 1-ї технології побудови моделі оцінювання студента вишу закінчено. Приклад переліку компетенцій для спеціальності «122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології» рівня підготовки «бакалавр» разом із рекомендаціями роботодавців наведено в табл. 1, де використано такі позна-

чення: номер компетенції зі знаком «+» відповідає компетенції, упровадженій на вимогу роботодавців (графа 2); після аббревіатури, що являє собою назву компетенції чи групи компетенцій, через дефіс наведено кількість компетенції даної групи (графа 3); Д — дисципліна; К — курсова робота; П — практика; С — стажування; Ф — факультатив (графа 4); І — інші види.

Таблиця 1

Фрагмент переліку компетенцій для спеціальності «122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології» рівня підготовки «бакалавр» разом із рекомендаціями роботодавців

Код узагальної групи	Номер компетенції	Компетенція (група компетенцій)	Вид організації навчальної роботи та назва теми	Результат (оцінка ECTS)
1	2	3	4	5
f_1	1	ЗК-1	Д — <i>Історія української державності і культури</i>	A
	13	ПК-2	Д — <i>Теорія алгоритмів</i>	B
	25	ПК-11	Д — <i>Управління IT-проектами</i>	C
	62	ПК-3	Д — <i>Проектування, будівництво та експлуатація волоконно-оптичних систем передавання</i>	C
	+ 63	Уміння програмувати на Android	Ф — <i>Програмування на Android</i>	A
	+ 64	Уміння розробляти закінчені додатки на Android у команді	С — <i>Командна розробка Android-проекту</i>	C
f_2	1	ПК	П — <i>Ознайомлювальна практика (дата проведення)</i>	D
	2	ПК	П — <i>Виробнича практика (дата проведення)</i>	B
	3	ПК	П — <i>Переддипломна практика</i>	C
	+ 4		П — <i>Виробнича практика в компанії телекомунікаційного напрямку</i>	A
f_3	+ 1	Знання ділової української мови	Ф — <i>Використання ділової української мови на підприємстві</i>	Високий рівень
	+ 2	Знання IT-англійської мови	Ф — <i>Спілкування із членами команди англійською мовою</i>	Середній рівень
f_4	1	Активна життєва позиція	Реалізується на окремих заняттях протягом усього навчального процесу (оцінюється куратором)	Високий рівень
	5	Уміння спілкуватися на всіх рівнях	Реалізується на окремих заняттях протягом усього навчального процесу (оцінюється куратором)	Середній рівень
	14	Сумлінне ставлення до роботи	Реалізується на окремих заняттях протягом усього навчального процесу (оцінюється куратором)	Низький рівень
	+ 15	Уміння презентувати результати своєї роботи	І — <i>Виступи на конференціях/семінарах, доповіді (оцінюється куратором)</i>	Високий рівень
f_5	1	Стан здоров'я	Ф — <i>футбол</i>	Високий рівень

Етап 2-й зазначеної технології — вибір методів обробки даних та виведення оцінки для компонентів кожної групи компетенцій. Компонентами груп $f_1 - f_3$ є дисципліни з навчального плану, а також курсові роботи, практики тощо. Ці компоненти підлягають оцінюванню з боку навчально-педагогічних працівників (НПП) вишу, відповідальних за ті чи інші дисципліни. Оцінювання має характер індивідуальної експертизи [3], тобто НПП самостійно ухвалює рішення щодо оцінки, яка виставляється згідно з вимогами Міністерства освіти і науки України, за 100-бальною шкалою і може бути подана в інших шкалах для узгодження з міжнародною системою оцінювання (табл. 2).

Таблиця 2

Шкали оцінювання — національна та ECTS

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (для іспиту, курсового проекту/роботи, практики)
90–100	A	«Відмінно»
82–89	B	«Добре»
75–81	C	
69–74	D	«Задовільно»
60–68	E	
35–59	FX	«Незадовільно» з можливістю повторного складання
0–34	F	«Незадовільно» з повторним вивченням дисципліни

Для узгодження цих оцінок із лінгвістичними значеннями, що використовуються в моделі роботодавця [1], слід керуватись даними, наведеними в табл. 3.

Таблиця 3

Переведення оцінок із національної шкали до оцінки на інтервалі [1; 10]

Шкала моделі роботодавця	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	Шкала моделі студента
«Актуально» [8; 10]	A	«Відмінно»	«Високий рівень» [8; 10]
«Рекомендовано» [4; 7]	B, C	«Добре»	«Середній рівень» [4; 7]
«Не актуально» [1; 3]	D, E, FX, F	«Задовільно», «Незадовільно»	«Низький рівень» [1; 3]

Для формування оцінки компетенцій, уведених додатково на вимогу роботодавця, використовується також метод індивідуальної експертизи. Оцінки виставляються згідно з власною думкою педагога за національною шкалою, а далі переводяться в шкалу [1; 10] за допомогою табл. 3.

Для компетенцій, які належать групі f_4 , оцінювання здійснює куратор студентів або завідувач кафедри відповідної спеціальності, використовуючи метод індивідуальної експертизи. Для характеристики ступеня опанування компетенції використовуються такі лінгвістичні показники (див. табл. 3, графа 4): числове значення з інтервалу [8; 10] — «високий рівень»; числове значення з інтервалу [4; 7] — «середній рівень»; числове значення з інтервалу [1; 3] — «низький рівень». Аналогічно оцінюються компетенції з групи f_5 .

Отже, результат етапу 2-го — це перелік усіх компетенцій разом із відповідними їх елементами (дисципліни, інші види організації навчальної діяльності), оцінених за шкалою моделі студента (див. табл. 2). Ця інформація має зберігатись у базі даних (БД).

Етап 3-й зазначеної технології — побудова моделі виведення оцінки компетенцій конкретного студента (випускника) K_i певного вишу. Вихідні дані для моделі беруться з БД, побудованої на етапі 2-му. Модель подається формулою:

$$K_i = \{y_{kl}^q\}. \quad (1)$$

Тут i — порядковий номер студента в БД; y_{kl}^q — множина компетенцій і особистісних якостей студента, де k — порядковий номер групи якостей (у нашому випадку $k \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$); l — порядковий номер показника у відповідній групі якостей; q — лінгвістичне значення відповідного показника: «високий рівень» (числове значення 1), «середній рівень» (числове значення 2), «низький рівень» (числове значення 3).

Наприклад, для компетенцій, наведених у табл. 1, модель виведення оцінки студента набирає вигляду

$$K_i = \{y_{11}^1, y_{113}^2, y_{125}^2, y_{162}^2, y_{163}^1, y_{164}^2, y_{21}^3, y_{22}^2, y_{23}^2, y_{24}^1, y_{31}^1, y_{32}^2, y_{41}^1, y_{45}^2, y_{414}^3, y_{415}^1, y_{51}^1\}. \quad (2)$$

Модель випускника (студента) використовується разом із моделлю роботодавця [1] для того, аби з'ясувати, чи відповідає цей випускник (студент) вимогам конкретного роботодавця, чи ні. Такий пошук може бути здійснений автоматично, за рахунок виконання операції перетину множин вимог роботодавця з його моделі [1] та множини результатів освоєння компетенцій з моделі студента — формула (2).

Операція перетину множин має задовольняти наведені далі умови.

При порівнянні елементів множин f_{kl}^q і y_{kl}^q для одних і тих самих значень k та l діють у такий спосіб:

- 1) якщо в моделі роботодавця, як і в моделі студента $q = 1$, то множини перетинаються;
- 2) якщо в моделі роботодавця $q = 2$, а в моделі студента $q = 1$ або $q = 2$, то множини перетинаються;
- 3) у всіх інших випадках — множини не перетинаються.

За аналогією до автоматичного добору випускників під конкретного роботодавця можна виконувати пошук за різними критеріями, причому навіть тоді, коли студент ще не опанував програму навчання. Це дозволить виставляти попередню оцінку, що відбиває ступінь відповідності студента вимогам роботодавців, а також прогнозувати майбутню сферу зайнятості студента ще на етапі навчання, мотивувати його стосовно опанування тих чи інших компетенцій.

Висновок

Запропонована модель оцінювання компетенцій студента (випускника) вишу дозволяє враховувати не лише результати опанування стандартної освітньої програми підготовки за певним рівнем та спеціальністю, а й особливості вимог кожного конкретного роботодавця (підприємства чи галузі), керуючи розвитком затребуваних компетенцій — особистісних і ринкових, передусім через мотивацію під час навчання за допомогою такого важеля, як перспектива отримання роботи на престижному підприємстві або в привабливій галузі.

Список використаної літератури

1. Ільїн, О. О. Розробка моделі конкурентоспроможного випускника методом анкетування потенційного роботодавця / О. О. Ільїн // *Наук. записки УНДІЗ*.— 2017.— № 1(45).— С. 107–113.
2. Кириллов, Н. П. Конкурентоспособность выпускников вузов: проблемы и решения / Н. П. Кириллов, Е. Г. Леонтьев // *Вестн. ТГПУ*.— 2014.— № 6(147).— С. 9–13.
3. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок: 2-е изд. / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич.— М.: Статистика, 1980.— 263 с.

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

О. А. Ильин

КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ЛИЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ ВЫПУСКНИКА

Определено с соответствующим обоснованием множество показателей оценивания выпускника высшего учебного заведения, сформированное в результате сочетания множеств компетенций, предусмотренных образовательной программой подготовки, с профессиональными и личностными компетенциями, которые востребованы работодателями. Построена модель оценивания студента в соответствии с принадлежностью компетенций к той или иной обобщенной группе компетенций. Предложен метод выведения оценки на основе сочетания коллективной и индивидуальной методик оценивания.

Ключевые слова: когнитивная модель; информационная технология; студент; оценивание; компетенция; работодатель; трудоустройство.

O. O. Ilin

COGNITIVE MODEL FOR ASSESSING THE PROFESSIONAL AND PERSONAL QUALITIES OF A GRADUATE

The work defines and substantiates a number of indicators that are necessary for assessing a graduate of a higher education institution. This set is formed as a result of the recounting of two sets: the competencies of the educational training program and the professional and personal competencies that employers demand. A student's assessment model is constructed in accordance with the membership of competencies to the corresponding generalized groups. A method of estimation based on the combination of collective and individual estimation methods is proposed.

Keywords: cognitive model; information technology; student; evaluation; competence; employer; job placement.

УДК 621.391.6

Я. М. ГРОХОЛЬСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент;

Б. А. СУСЬ, доктор пед. наук, професор,

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ

КОНЦЕПЦІЯ ЄДНОСТІ КОРПУСКУЛЯРНОГО ТА ХВИЛЬОВОГО ПОДАНЬ ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ

Усі можливі діапазони радіохвиль розглядаються з позиції єдності їх фізичної природи у вигляді корпускулярно-хвильового коливального процесу, об'єднувальною базою якого є періодичний перехід енергії електромагнітної форми коливання в масу, названу корпускулою, і навпаки. З огляду на це введено поняття електромагнітного коливання, фотона в розширеному розумінні та базового фотона.

Ключові слова: електромагнітні коливання; радіохвилі; маса; енергія; корпускулярно-хвильова природа; фотон базовий.

Вступ

Традиційно в науковій, а також і в навчальній літературі радіохвилі розглядаються як електромагнітний хвильовий процес, якому притаманні динаміка у просторі та зміна в часі. Широко використовуване практичне поняття радіохвилі визначає лише частину загального діапазону електромагнітних коливань, включаючи світло, рентгенівське і гамма-випромінювання тощо. Тому слід вважати, що радіохвилі, як і світло, мають двоїсту природу — це хвилі і частинки (корпускули) водночас. Для цілком чіткого тлу-

мачення і коректності розуміння сутності такого поняття, як двоїстість, коли йдеться про хвильовий і корпускулярний процеси, розглядається природа однозначного взаємозв'язку цих процесів, із подальшою деталізацією на основі відповідних математичних моделей.

Основна частина

Питання двоїстості виникає з відомого положення [1], що світло проявляє себе, як частинки (корпускули) і як хвилі, що знаходить експериментальне підтвердження. Для світла виконують-

© Я. М. Грохольський, Б. А. Сусь, 2017

ся всі теоретико-практичні положення, які стосуються електромагнітних хвиль взагалі. Уявлення щодо двоїстості станів світла загальноприйняте і не викликає жодних заперечень. Аналогічний погляд має місце також стосовно електромагнітних хвиль інших діапазонів [2]. Але тлумачення електромагнітних процесів не пов'язується ні з умовами *виникнення* їхніх станів унаслідок певних внутрішніх чи зовнішніх дій (процесів), ні з характером подальших переходів із одного стану в інший. Слід зауважити, що в межах матеріальних об'єктів діють певні фізичні закони, які визначають властивості цих об'єктів і структур, якщо немає зовнішніх впливів. Наприклад, вода залишиться рідиною в межах певних температур, які визначають цей стан. Але зовнішня дія переведе воду в стан льоду в разі зниження температури або в стан пари в разі її підвищення.

Відповідно, зовнішня дія на електромагнітні хвилі у вигляді сили тяжіння скривлює шлях поширення коливань. Цим самим проявляється їх матеріальний характер у вигляді певної маси. Натомість дифракційні зони Френеля характеризують хвильову природу світла. Ряд інших спостережень та експериментів вказують на корпускулярність і хвильовитість світла й інших електромагнітних хвиль, що є внутрішньою їх властивістю (станом), після того як вони в якийсь спосіб виникли [1]. Взаємозв'язок цієї двоїстості подається в [2; 3] на основі відомого рівняння Ейнштейна, яке зв'язує енергію W , масу m та швидкість світла c :

$$W = c^2 \cdot m. \quad (1)$$

Формула (1) показує, що певній масі m відповідає енергія W . Згідно з рівняннями Максвелла [3], електромагнітні хвилі мають певну енергію, а отже, як випливає з формули (1), і масу. Цей висновок не викликає заперечень і підтверджує, що *матерія* існує в двох видах — речовини й поля. Взаємозв'язок маси та енергії приводить до розуміння, що закону збереження енергії логічно відповідає *закон збереження матерії* [2]. Звідси випливає однозначна *динамічна* змінюваність енергії та маси при поширенні радіохвиль згідно з формулою

$$\Delta W = c^2 \cdot \Delta m. \quad (2)$$

Величина Δ означає взаємно залежну й однозначну зміну відповідних величин у формулі (2). Електромагнітні хвилі, згідно з рівняннями Максвелла, мають дві взаємозв'язані складові — магнітну H та електричну E , які при поширенні у просторі перпендикулярні одна до одної, коливаються в однаковій фазі (набувають синхронно максимальних, мінімальних та всіх проміжних значень) і несуть певну енергію, яку можна обчислити (рис. 1, t_0 — точка початку спостереження)

[3]. У моменти часу t_0, t_1, t_2, \dots енергія хвильових складових E_x та H_y повністю переходить у масу Δm , яка набуває максимального значення, а в проміжках між цими моментами *одночасно існують обидві форми* подання електромагнітних хвиль — електромагнітна та у вигляді маси. Ці форми нерозривно зв'язані між собою і не можуть існувати одна поза одною.

Виникнення електромагнітних коливань зумовлюється або внутрішніми процесами, які відбуваються в речовині згідно з фізичними закономірностями, або певною прикладеною зовнішньою дією (так, при ввімкненні електроживлення ліхтарика випромінюється світло розжареною ниткою внаслідок процесів на атомному рівні, термоядерні реакції на Сонці виникають внаслідок тиску і високої температури — випромінюється весь спектральний діапазон, антена випромінює радіохвилі певної частоти чи діапазону частот, спричинені процесами в передавачі, тощо).

Частоту коливань і динаміку їх виникнення задають джерела коливань природного та техногенного походження, які перекривають весь діапазон існування таких коливань. Людська практика створила технічні системи, які генерують і випромінюють різні електромагнітні коливання, але в порівняно обмеженому діапазоні використання.

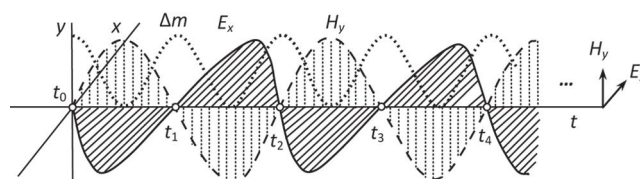


Рис. 1. Зміна електричного і магнітного полів, а також їх маси в електромагнітній хвилі

Виникнення будь-яких електромагнітних хвиль супроводжується їх переходом у масу. У реальному просторі при поширенні електромагнітних хвиль має місце втрата (розсіювання) енергії на речовинному наповненні простору, а також зменшення швидкості поширення.

Таким чином, наведені принципи можна пов'язати в таке визначення:

Електромагнітна хвиля — це неперервний об'ємно-просторовий процес зміни і руху взаємозв'язаних форм матерії — електромагнітної форми та її маси із періодичним повним переходом однієї форми в іншу згідно із залежністю $\Delta W = c^2 \cdot \Delta m$.

Швидкість поширення електромагнітних хвиль залежить від середовища і дорівнює швидкості світла у вакуумі, а в реальних середовищах становить 200...300 тис. км/с. Слід зазначити, що поширення електромагнітних хвиль має об'ємно-просторовий характер, а точки повного переходу сумарної енергії складових E_x і H_y у масу утво-

рюють просторові «електромагнітно-нульові» поверхні (які проходять через точки t_0, t_1, \dots) по фронту поширення хвилі. Хвиля у просторі поширюється в заданому тілесному куті (згадаймо промінь прожектора, діаграму спрямованості антени тощо). При цьому амплітуди магнітної та електричної складових *зменшуються* з віддаленням від джерела випромінювання і, відповідно, зменшується максимальна маса. Різні речовинні поверхні можуть пропускати, поглинати чи відбивати радіохвилі. Тілесний кут, в якому поширюються коливання, задає технічна система, що за рахунок своїх непроникних поверхонь спрямовує або фокусує світло чи електромагнітні хвилі у потрібному напрямі поширення (рис. 2); ΔW_{xy} — змінна сумарна енергія електричної та магнітної складових коливання у просторі в декартовій системі координат x та y ; Δm — змінна маса коливання у просторі.

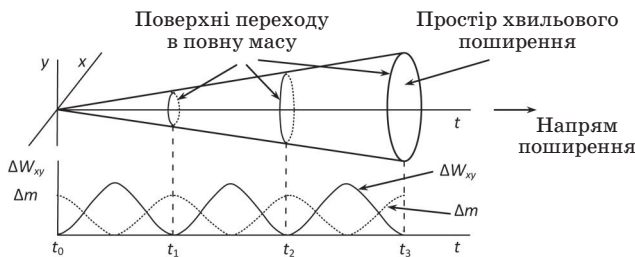


Рис. 2. Характер зміни енергії електромагнітних коливань

Відомо, що маса, як і енергія, є однією із найбільш загальних характеристик матеріального світу. Кожна речовина із різною структурою та властивостями має однозначне подання у вигляді певної маси. Масу електромагнітного поля задають взаємозв'язані складові H і E з їх сумарною енергією, яка визначається співвідношенням [3]:

$$W = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}, \quad (3)$$

де ϵ_0 — електрична стала, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; E — напруженість електричного поля, В/м; B — магнітна індукція, Вб/м²; μ_0 — магнітна стала, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Розглянемо приклад [3]. Нехай значення магнітної індукції $B = 1$ Тл (тесла), напруженість електричного поля $E = 10^8$ В/м. Тоді сумарна енергія електричного і магнітного полів на основі (3) матиме таке значення:

$$W = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{16}}{2} + \frac{1}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 4,42 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^3.$$

Маса електромагнітного поля, яка відповідає цій енергії, згідно з формулою (2), визначається так:

$$\Delta m = \frac{\Delta W}{c^2} = \frac{4,42 \cdot 10^5}{(3 \cdot 10^8)^2} = 4,91 \cdot 10^{-12} \text{ кг/м}^3.$$

Як бачимо, достатньо високим енергетичним показникам електромагнітного поля відповідає порівняно мале значення маси, тому на даному етапі розвитку телекомунікаційних систем для їх вдосконалення використовувати подання електромагнітних хвиль у вигляді маси є проблематичним, хоча його не можна відкинути, пригадавши несподіванки в розвитку техніки та помилки в прогнозах. Що ж до можливості (поки що гіпотетичної) перетворення маси в енергію, то вона спонукає до оптимістичних висновків. Адже реальність подібного процесу може бути мотивацією для пошуків механізмів його виявлення та використання з метою розв'язання в майбутньому будь-яких енергетичних проблем. Утім, наскільки відомо, перетворення речовини в енергію дається дуже непросто.

Характер поширення електромагнітних хвиль і відповідних їм мас показує, що їх спільний рух здійснюється зі швидкістю світла (у вакуумі) чи близькою до неї. Звідси випливає, що існують *форми матерії*, маса яких (релятивістська маса) здатна рухатись зі *швидкістю світла*.

Стововно світла використовується таке поняття, як *фотони*. Для інших діапазонів це поняття не застосовується з огляду на традиційне використання цього терміна тільки стосовно світлової області. Під фотонами розуміють найменші порції світла, що поводяться і як частинки, і як хвилі. Однозначних визначень фотона, повністю погоджених із практикою проявів його двоїстості, наскільки відомо, немає. Фотон без руху не існує, маси спокою не має, він визначає властивість матерії його створювати за певних умов. Згідно зі щойно викладеним матеріалом вважаємо за доцільне подати таке визначення фотона (електромагнітного фотона в розширеному розумінні).

Фотон — це такі взаємно зумовлені й взаємозалежні коливання двох форм матерії — електромагнітної та її маси, що існують тільки в процесі руху із періодом повного переходу однієї форми в іншу.

Інтервали $t_0 \dots t_1, t_1 \dots t_2$ і т. д., які відображають повторення процесів у *часовій* області (див. рис. 2), є періодами коливань (зміню станів) із тривалістю фотона.

Зауважимо, що періодичні нульові та максимальні енергетичні стани електромагнітної хвилі у просторі можуть бути визначені експериментально.

Певне джерело випромінює фотони (у вигляді складових E_x та H_y) із деякою енергією. Далі, у процесі поширення в просторі, енергія коливань зменшується, але зростає їх маса до свого максимального значення, від якого починається перехід в енергію електромагнітних складових до її мак-

симального значення — процес періодично повторюється. Утворена динамічна маса розподіляється в об'ємі простору поширення коливань. При поширенні в реальному просторі, де можливі втрати енергії, енергія фотона зменшується.

Кожне джерело випромінювання задає зазначені параметри власних фотонів залежно від частоти та початкової енергії коливань. Щодо видимого білого світла, то слід зауважити, що воно складається із сукупності коливань різних частот, які утворюють сумарний потік різних фотонів. Тому картина поширення ускладнюється наявністю для кожної частоти своїх максимумів і мінімумів, що формують загальну динамічну рельєфну картину переміщення світлового потоку, в якому кожній частотній складовій світла відповідає свій варіант фотона. Тому сталого фотона монохроматичний світловий потік *не має*.

Таке розмаїття фотонів потребує приведення їх до певної однозначної оцінки. Для цього, зокрема, може бути використано механізм «нормування» за допомогою заданих (*базових*) стабільних випромінювань. *Базовим сталим варіантом фотона*, на основі якого можна подавати в енергетичному плані всі інші електромагнітні фотони, може бути випромінювання, яке випускає електрон при *переході* в атомі з однієї орбіти на іншу. Енергію цього випромінювання можна взяти за основу визначення кількості фотонів будь-якого із електромагнітних випромінювань, використовуючи для цього енергетичні дані заданого випромінювання в межах конкретного (із зазначених раніше періодів) повторення. Тоді, зокрема, для видимого білого світла маємо, що кожна його хвиля містить у межах свого періоду двоїстого перетворення (енергія–маса–енергія) певну кількість базових фотонів, а світловий потік — сумарну кількість фотонів усіх частотних складових. Такий підхід дає змогу конкретизувати кількісну оцінку випромінювання електромагнітних хвиль заданим джерелом у вигляді базових фотонів.

Висновки

◆ Розкрито фізичну сутність двоїстості природи радіохвиль у вигляді взаємозв'язаних періодичних перетворень двох форм матерії одна в одну — електромагнітної та її маси — згідно з енергетичною динамічною залежністю $\Delta W = c^2 \cdot \Delta m$.

◆ На основі розглянутих перетворень автори вважають за доцільне скоригувати поняття електромагнітного просторового коливання та фотона, розширивши й уточнивши зміст останнього стосовно не тільки світла, а й радіохвиль усіх діа-

пазонів. Це дає змогу з єдиних позицій розглядати корпускулярно-хвильові ефекти поширення радіохвиль взагалі.

◆ Використання електромагнітних хвиль у вигляді їх *маси* в телекомунікаційних системах, можливо, знайде застосування на певному етапі розвитку цих систем і технологій. Стосовно електромагнітної складової, то наявність максимумів і мінімумів енергії у просторовому поширенні радіохвиль визначає можливість збільшення на прийомі відношення сигнал/шум шляхом раціонального розміщення у просторі окремих антен та елементів складних антенних систем (структур). Такий підхід міг би певною мірою оптимізувати антенно-просторову реалізацію як одночастотного прийому, так і прийому в більш складному варіанті — при використанні багаточастотного випромінювання та випромінювання з «перескакуванням» частот, що характерно, зокрема, для систем CDMA. При застосуванні сукупності частот різної довжини хвиль, накладаючись, формують просторовий енергетично-частотний рельєф, піки якого повинен виявити алгоритм приймання.

◆ Зазначена задача формування просторово-антенних структур не проста, але вона ускладнюється ще й тим, що в точку (чи точки) прийому надходять, як правило, відбиті від різних об'єктів передані електромагнітні коливання, з певними часовими затримками, породжуючи інтерференцію. До того ж на прийняті коливання діють різні завади. У сукупності ці випадково-динамічні фактори формують тривимірне просторове нерівномірне енергетично-частотне полотно, аналіз якого має здійснювати антенна структура із системою управління приймача. Різні методи підвищення вірогідності мають свої граничні можливості, а зазначений підхід може дати додаткові позитивні результати. Певні рішення містить система МІМО. З підвищенням частоти розміри антенних структур будуть, вочевидь, зменшуватись.

Список використаної літератури

1. *Эйнштейн, А. Эволюция физики / А. Эйнштейн, Л. Инфельд // Пер. с англ.— М.: Молодая гвардия, 1966.— 272 с.*
2. *Сусь, Б. А. Коливання і хвилі / Б. А Сусь, В. Ф. Заболотний, Н. А. Мислицька.— К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2009.— 130 с.*
3. *Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники: в 2 т. / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин.— 5-е изд.— СПб.: Питер, 2009.— 512 с.— 432 с.*

Рецензент: доктор техн. наук, професор Д. І. Могилевич, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ.

Я. М. Грохольський, Б. А. Сусь

КОНЦЕПЦИЯ ЕДИНСТВА КОРПУСКУЛЯРНОГО И ВОЛНОВОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

Все возможные диапазоны радиоволн рассматриваются с позиций единства их физической природы в виде корпускулярно-волнового колебательного процесса, объединяющим базисом которого является периодическое превращение энергии электромагнитной формы колебания в массу, названную корпускулой, и наоборот. С учетом этого введены понятия электромагнитного колебания, фотона в расширенном понимании и базисного фотона.

Ключевые слова: электромагнитные колебания; радиоволны; масса; энергия; корпускулярно-волновая природа; фотон базисный.

Y. Grokholskyj, B. Susy

CONCEPT OF UNITY OF CORPUSCULAR AND WAVE REPRESENTATIONS OF DISTRIBUTION OF RADIOWAVES

All possible ranges of radio waves are examined from the perspective of the unity of the physical nature in the form of wave oscillating process. The unifying basis is periodical transition form of electromagnetic oscillations into the mass, called corpuscles, and vice versa.

Keywords: electromagnetic waves; radio waves; mass; energy; wave-particle nature; basic photon.

УДК 629.039 : 351.749

С. В. ЛАЗАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент,

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Подходы к решению теоретической задачи идентификации радиолокационных целей для предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера

Определены подходы к решению теоретической задачи идентификации радиолокационных целей, осуществляемой для предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера на объектах критической инфраструктуры.

Дана краткая характеристика радиолокационных целей. Показано, что наличие априорных данных об опасной цели может позволить существенно сократить время идентификации обнаруженных радиолокационных целей на фоне ложных целей. Рассмотрено решение прямой задачи рассеивания электромагнитных волн одиночными объектами и установлено, что результат решения этой задачи в рамках приближения Рытова определяется функцией Ханкеля 1-го рода нулевого порядка и параметрами падающей электромагнитной волны.

Далее теоретически обосновывается решение обратной задачи рассеивания, позволяющей восстановить образ (конфигурацию) радиолокационной цели. Показано, что для высоких частот электромагнитного излучения в рамках приближения Рытова линейные интегралы функций коэффициента поглощения электромагнитных волн в различных точках поверхности облучаемой радиолокационной цели описывается рассеянным электромагнитным полем.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация; террористический акт; электромагнитные волны; облучаемый объект; приближение Рытова.

Введение

Предотвращение чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и, особенно, террористического характера, защита населения и территорий от аварий и катастроф — это актуальная, можно сказать, насущная техническая и организационная проблема государственной важности [1; 2]. В настоящее время, когда идет открытое военное противостояние на востоке Украины, предотвращение враждебных действий в отношении объектов критической инфраструктуры (атомные электростанции, предприятия гидро- и теплоэнергетики, химические и нефтехимические комбинаты) возложено на службы их физической защиты [3; 4]. Для обеспечения целостности периметра и наблюдения за прилегающими контролируемыми территориями силовые службы оснащены всевозможными средствами наблюдения: оптоэлектронными и инфракрасными, акустическими и радиолокационными. Безусловное преимущество радиолокационных средств состоит в их способности сравнительно быстро обнаруживать злоумышленников, функционируя круглосуточно в условиях ограниченной видимости. При этом обеспечивается обследование наземного, приземного и воздушного пространства вокруг охраняемого объекта, что для других средств наблюдения проблематично [5–9].

Недостатком радиолокационных средств наблюдения является относительная длительность процесса идентификации обнаруженных радиолокационных целей.

Постановка цели и задач научного исследования

Цель работы — определить подходы к решению теоретической задачи идентификации радиолокационных целей.

Для определения указанных подходов необходимо решить следующие научные задачи.

1. Дать краткую характеристику радиолокационных целей.

2. Рассмотреть решение прямой задачи рассеивания электромагнитных волн одиночными объектами.
3. Теоретически обосновать решение обратной задачи рассеивания, позволяющей восстановить образ (конфигурацию) радиолокационной цели.

Характеристика радиолокационных целей

Знание характеристик радиолокационных целей необходимо для оптимизации (сокращения времени) идентификации обнаруженных радиолокатором объектов. Главная задача идентификации (классификации) — выделить опасную цель на фоне ложных целей или определить характер ее движения и тип соответствующего объекта.

Сложность решения каждой из задач — обнаружения, измерения, разрешения и распознавания объекта для любого конечного объема пространства — заключается в том, что процесс выполнения соответствующих действий должен укладываться в определенное время. Поэтому априорное знание характеристик радиолокационных целей позволит упростить и формализовать обработку радиолокационной информации.

Основными характеристиками радиолокационных целей являются *отражающая способность* — способность цели переизлучать определенную часть падающей на нее электромагнитной энергии; *закон распределения и спектр флуктуаций амплитуды отраженного сигнала*; *закон распределения и спектр флуктуаций фазового фронта отраженного сигнала*; *особенности траектории движения*.

Отражающие свойства цели наряду с параметрами радиолокационной станции (РЛС) определяют дальность ее действия и зависят от размеров цели, материала, из которого она изготовлена, конфигурации, длины волны РЛС и направления облучения. Невозможность точного учета всех перечисленных факторов привела к необходимости введения специального расчетного параметра — *эффективной отражающей площади цели*, трактуемой как абстрактная поверхность, являющаяся изотропным и не поглощающим энергию переизлучателем, которая, будучи помещена в точку расположения цели, создает у антенны РЛС такую же плотность потока мощности отраженного сигнала, как и реальная цель.

По способам расчета эффективной отражающей площади радиолокационные цели можно разделить на *элементарные* и *сложные*. Эффективная поверхность элементарных целей, к которым относятся металлический шар, пластина, вибратор, уголкового отражатель, может быть найдена при помощи аналитических расчетов.

Для сложных целей, к числу которых относится большинство реальных объектов, эффективная отражающая площадь может быть определена только экспериментально. Сложные цели, в свою очередь, могут быть разделены на *точечные* и *распределенные*. К точечным целям относятся объекты, линейные размеры которых значительно меньше элементов разрешения РЛС по дальности и угловым координатам. Разность радиальных скоростей их крайних точек намного меньше элемента разрешения по скорости. Эффективная отражающая площадь точечных целей определяется экспериментально, при этом они практически не увеличивают длительность отраженного сигнала и не изменяют его спектр по сравнению с сигналом, отраженным от цели в виде геометрической точки.

Распределенными называют цели, для которых ракурс изменяет не только спектр отраженного сигнала, но и его энергетические соотношения. Распределенные цели могут быть *поверхностными*, как земная поверхность и водная гладь, склон горы и край каньона, и *объемными*, как облака пассивных помех в виде дипольных отражателей или облака пепла, выброшенного из кратера вулкана при его извержении. Для распределенных целей экспериментально определяется *средняя удельная эффективная отражающая площадь*, которая характеризует отражающие свойства единицы площади или объема.

Таким образом, наличие априорных данных об опасной цели может позволить существенно сократить время идентификации обнаруженных радиолокационных целей на фоне ложных целей.

Решение прямой задачи рассеивания

Известно, что отраженный от цели электромагнитный сигнал несет в себе всю информацию о цели [9]. Чтобы получить эту информацию, необходимо решить обратную задачу электромагнитного рассеивания, т. е. по отраженному сигналу найти эффективную отражающую площадь и восстановить силуэт цели. Решение этой задачи равносильно нахождению характеристической функции цели по ее плоскостным интегралам в трехмерном евклидовом пространстве \mathbf{R}^3 .

Рассмотрим рассеивающий объект в двумерном евклидовом пространстве \mathbf{R}^2 , который характеризуется показателем преломления (отражения)

$$n(x) = \sqrt{1 + f(x)}, \quad (1)$$

где переменная x задает положение произвольной точки на поверхности изучаемого объекта (цели), в которую попадает электромагнитная волна, а функция $f(x)$ описывает степень поглощения электромагнитных волн в точке x , лежащей на поверхности опасной радиолокационной цели, и обращается в нуль вне единичного круга.

Пусть на объект падает гармоническая электромагнитная волна с частотой k . Рассмотрим плоскую волну, т. е. множество I параллельных электромагнитных лучей, пронизывающих этот объект. Тогда

$$u_I(x) = e^{ik\theta \cdot x}, \quad (2)$$

где θ — единичный вектор, указывающий направление распространения электромагнитных волн и принадлежащий единичному кругу, $\theta \in \mathbf{S}^1$; при этом $\theta \cdot x = s$ — скалярное произведение, равное расстоянию от точки x до начала координат.

При прямом рассеивании для заданной функции f получаем рассеянную волну $e^{-ikt} u_s(x)$, для которой $u = u_s + u_I$ удовлетворяет следующему волновому уравнению:

$$\Delta u + k^2(1+f)u = 0, \quad (3)$$

где Δ — оператор Лапласа.

Решение уравнения (3) будем искать в рамках приближения Рытова, для чего предположим, что в (3)

$$u = u_I e^{k \cdot \omega}. \quad (4)$$

Тогда получим

$$k\Delta\omega + 2ik^2\theta \cdot \nabla\omega + k^2|\nabla\omega| = -k^2f, \quad (5)$$

где ∇ — знак градиента.

Пренебрегая слагаемыми, содержащими множитель $|\nabla\omega|$, получаем приближение Рытова u_R функции u в виде

$$u_R = u_I e^{k \cdot \omega_R}, \quad (6)$$

где ω_R удовлетворяет одному из следующих уравнений:

$$\Delta\omega_R + 2ik\theta\nabla\omega_R = -kf, \quad (7)$$

$$\Delta(u_I\omega_R) + k^2(u_I\omega_R) = -kf u_I. \quad (8)$$

Решение дифференциального уравнения (8) можно найти при помощи функции Грина $H_0(k|x|)$, где $4\pi i H_0$ — функция Ханкеля 1-го рода нулевого порядка,

$$H_0(k|x|) = \frac{-i}{4\pi} \int_{\mathbf{R}^1} e^{i(|x|a(\sigma) + x^2\sigma)} \frac{d\sigma}{a(\sigma)}, \quad (9)$$

где $a = \sqrt{k^2 - \sigma^2}$.

Теперь решение уравнения (8) примет вид

$$u_I\omega_R(x) = -k \int_{\mathbf{R}^2} H_0(k|x-y|) f(y) u_I(y) dy. \quad (10)$$

Таким образом, решение прямой задачи рассеивания в рамках приближения Рытова определяется функцией Ханкеля 1-го рода нулевого порядка и параметрами падающей электромагнитной волны.

Решение обратной задачи рассеивания

Для решения обратной задачи рассеивания достаточно разрешить уравнение (10) относительно f . Использование приближения Рытова требует наличия данных от лучей, пришедших в точку их излучения, т. е. должно иметь место равенство

$$g(\theta, y) = \omega_R(r\theta + s\theta^\perp), \quad (11)$$

где θ^\perp — вектор, ортогональный единичному вектору θ ; r — фиксированное число, большее единицы; ω_R — значение, измеряемое вне круга радиуса.

Подставив u_I из (2) и H_0 из (9) в выражение (10), получим:

$$g(\theta, s) = -k \int_{\mathbf{R}^1} \int_{\mathbf{R}^1} H_0 k \sqrt{(r-r')^2 + (s-s')^2} f(r'\theta + s'\theta^\perp) e^{ikr} dr' ds' = \frac{ik}{4\pi} e^{-ikr} \int_{\mathbf{R}^1} \int_{\mathbf{R}^1} \int_{\mathbf{R}^1} e^{i(|r-r'|a(\sigma) + (s-s')\sigma)} \frac{d\sigma}{a(\sigma)} f(r'\theta + s'\theta^\perp) e^{ikr} dr' ds'. \quad (11)$$

Поскольку $r > 1$ и $f(r'\theta + s'\theta^\perp) = 0$ для $|r'| > 1$, то знак модуля в выражении $|r-r'|$ можно опустить. Изменив порядок интегрирования, запишем:

$$g(\theta, s) = \frac{ik}{4\pi} e^{-ikr} \int_{\mathbf{R}^1} e^{is\sigma} \frac{e^{ira(\sigma)}}{a(\sigma)} \int_{\mathbf{R}^1} \int_{\mathbf{R}^1} e^{-i(r'(a(\sigma)-k) + s'\sigma)} f(r'\theta + s'\theta^\perp) dr' ds' d\sigma. \quad (12)$$

Интегрирование по $y = r'\theta + s'\theta^\perp$ представляет собой преобразование Фурье \hat{f} в \mathbf{R}^2 , следовательно,

$$g(\theta, s) = \frac{ik}{2\pi} e^{-ikr} \int_{\mathbf{R}^1} e^{is\sigma} \frac{e^{ira(\sigma)}}{a(\sigma)} \hat{f}((a(\sigma)-k)\theta + \sigma\theta^\perp) d\sigma. \quad (13)$$

Интегрирование по σ представляет собой обратное преобразование Фурье в \mathbf{R}^2 .

По теореме об обратном преобразовании Фурье получим следующее выражение:

$$\hat{f}((a(\sigma)-k)\theta + \sigma\theta^\perp) = -\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{ia(\sigma)}{k} e^{ir(k-a(\sigma))} \hat{g}(\theta, \sigma), \quad (14)$$

где \hat{g} — одномерное преобразование Фурье по второму аргументу.

Если σ пробегает отрезок $[-k; k]$, то величина

$$(a(\sigma)-k)\theta + \sigma\theta^\perp = \sqrt{k^2 - \sigma^2} \cdot \theta - \sigma\theta^\perp - k\theta$$

пробегает полуокружность с центром в точке $-k\theta$ и серединой в начале координат. Следовательно, если θ принимает значения из \mathbf{S}^{-1} единичного круга, то формула (14) задает \hat{f} (преобразование Фурье) в круге, радиус которого не меньше k .

Принебрегаючи частотами, перевищуючими k , маємо всі основания полагати, що співвідношення (14) в принципі вирішує обернену задачу розсіяння в наближенні Ритова, т. е. при k , прагнучим до нескінченності, співвідношення $\frac{a(\sigma)}{k} \rightarrow 1$, а відповідно, $a(\sigma) - k \rightarrow 0$.

Тоді співвідношення (14) прийме вигляд

$$\hat{f}(\sigma\theta^\perp) = -\sqrt{\frac{2}{\pi}} i \hat{g}(\theta, \sigma), \quad (15)$$

т. е. задає перетворення Фур'є \hat{f} уже не на колах, а на прямих.

Ураховуючи, що

$$\hat{f}(\sigma\theta) = \sqrt{2\pi} \mathbf{R}f(\theta, s), \quad (16)$$

де $\mathbf{R}f(\theta, s) = \int_{\theta \cdot x = s} f(x) dx$, отримуємо граничний випадок оберненої задачі розсіяння для хвильового рівняння:

$$\int_{\theta^\perp \cdot x = s} f(x) dx = -2i\omega_R (r\theta + s\theta^\perp). \quad (17)$$

Висновки

◆ Розв'язок прямої задачі розсіяння в межах наближення Ритова визначається функцією Ханкеля 1-го роду нульового порядку і параметрами падаючої електромагнітної хвилі.

◆ Для високих частот електромагнітного випромінювання в межах наближення Ритова лінійні інтеграли функцій коефіцієнта поглинання електромагнітних хвиль в різних точках поверхності радіолокаційної цілі, піддаваної облученню, описуються розсіяним електромагнітним полем.

Список використаної літератури

1. Кодекс Цивільного захисту України (КЦЗУ) [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://urist-ua.net>
2. Гончаренко, Ю. К. Структура контура управління інформаційною безпекою підприємства / Ю. К. Гончаренко // Економіка і управління.— 2012.— С. 97–101.
3. Гончаренко, Ю. Ю. Оцінка ефективності управління надзвичайною ситуацією / [Ю. Ю. Гончаренко, Е. В. Азаренко, Ю. В. Браславський і др.] // Сб. науч. тр. СНУ.— 2011.— Вип. 2(38).— С. 239–245.
4. Гончаренко, Ю. Ю. Захист інформації як один з ключових аспектів запобігання надзвичайним ситуаціям / Ю. Ю. Гончаренко, Е. Е. Сичков, В. В. Рыбко // Зб. науч. праць СНУ.— 2012.— Вип. 1(41).— С. 207–211.
5. Перов, А. И. Статистическая теория радиотехнических систем: учеб. пособие для вузов.— М.: Радиотехника, 2003.— 400 с.
6. Інформаційні технології в радіотехнічних системах: учеб. пособие — 2-е изд., перераб. и доп. / В. А. Васин, И. Б. Власов и др.; под ред. И. Б. Федорова.— М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.— 768 с.
7. Сосулин, Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: учеб. пособие для вузов.— М.: Радио и связь, 1992.— 304 с.
8. Широков, Ю. Ф. Основы теории радиолокационных систем / Ю. Ф. Широков.— Самара, 2012.— 128 с.

Рецензент: доктор техн. наук, ст. научн. сотрудник **В. С. Наконечный**, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

С. В. Лазаренко

ПІДХОДИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЗАДАЧІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЦІЛЕЙ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ ТЕРОРІСТИЧНОГО ХАРАКТЕРУ

Визначено підходи до розв'язання теоретичної задачі ідентифікації радіолокаційних цілей, здійснюваної для запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

Дано стислу характеристику радіолокаційних цілей. Показано, що наявність апріорних даних про небезпечну ціль може посприяти істотному скороченню часу ідентифікації виявлених радіолокаційних цілей на тлі помилкових цілей. Розглянуто розв'язання прямої задачі розсіяння електромагнітних хвиль поодинокими об'єктами та встановлено, що результат розв'язання цієї задачі в межах наближення Ритова визначається функцією Ханкеля 1-го роду нульового порядку і параметрами падаючої електромагнітної хвилі.

Ключові слова: надзвичайна ситуація; терористичний акт; електромагнітні хвилі; опромінюваний об'єкт; наближення Ритова.

S. Lazarenko

APPROACHES TO THE SOLUTION OF THE THEORETICAL OBJECTIVE OF IDENTIFICATION OF RADAR OBJECTS FOR INTEREST OF PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS OF TERRORIST CHARACTER

The approaches to solving the theoretical problem of identifying radar targets in the interests of preventing emergency situations of a terrorist nature at critical infrastructure facilities have been determined.

A brief description of the radar targets is given. It is shown that the presence of a priori data on a dangerous target can significantly reduce the time of identification of detected radar targets against a backdrop of false interference. The solution of the direct problem of scattering electromagnetic waves by single objects is considered. The solution of the direct scattering problem in the framework of the Rytov approximation is determined by the Hankel function of the first kind of zero order and the parameters of the incident electromagnetic wave.

Keywords: emergency situation; terrorist act; electromagnetic waves; irradiated object; Rytov approximation.

УДК 621.398.96

Р. Ю. ЛИСИЙ,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БАЗАМИ ДАНИХ

Розглянуто сучасні технології та принципи, використовувані для захисту баз даних (БД) і систем управління базами даних (СУБД).

Ключові слова: захист даних; управління доступом; модель безпеки; автентифікація; шифрування; протоколювання і аудит; оператори SQL.

Вступ

При зберіганні та обробці даних у будь-якій СУБД одне з головних завдань користувача — подбати про безпеку цих даних.

Дані в системах баз даних мають зберігатися з додержанням конфіденційності та безпеки. Інформація не повинна бути загублена або викрадена. Під забезпеченням безпеки даних у базі розуміють захист даних від випадкового чи спланованого доступу до них осіб, які не мають на це права, а також від несанкціонованого розкриття, зміни або вилучення.

З огляду на важливість безпекових питань спинимося на результатах аналізу основних сервісів безпеки, а також якісного оцінювання механізмів захисту та моделей безпеки, аби визначити ефективні технології забезпечення захисту баз даних у сучасних СУБД.

Головною формою організації інформаційних масивів в інформаційних системах є бази даних, а найбільш поширеною моделлю даних у БД є реляційна модель [1]. Системи управління базами даних, особливо реляційні, стали незамінним інструментом зберігання великих масивів інформації.

Варто наголосити, що головні вимоги із забезпечення безпеки бази даних і СУБД багато в чому такі самі, як вимоги стосовно безпеки даних у комп'ютерних системах: контроль доступу, криптозахист, перевірка цілісності, протоколювання і т. ін.

Основна частина

Для організації управління доступом використовуються, зокрема, такі моделі безпеки: *дискреційна*, *мандатна* і *рольова*. Способом формалізованого подання *дискреційного доступу* є матриця доступу або списки управління доступом, що встановлюють перелік не лише користувачів, а й дозволених операцій стосовно кожного об'єкта БД. Підходи до побудови дискреційного управління доступом реалізуються за допомогою таких моделей, як децентралізована, централізована та мішана, причому саме мішаний варіант реалізовано в більшості СУБД.

Мандатна модель, яка поєднує в собі захист і обмеження прав у сфері комп'ютерних процесів, даних і системних пристроїв, має на меті запобігати їх небажаному застосуванню. Для СУБД мандатна модель безпеки може розширювати чи замінювати дискреційний контроль доступу та навіть концепцію користувачів і їх груп. Права доступу кожного суб'єкта, як і відповідні характеристики конфіденційності, знаходять відображення у вигляді сукупності, яка включає в себе рівень конфіденційності та набір категорій. Для реалізації вимог безпеки на базі мандатної моделі рядкам і стовпцям матриці БД приписують мітки, які далі надають користувачам. Вочевидь, ефективно застосування мандатної моделі можливе тільки разом із дискреційною.

Що ж до *рольової моделі*, то вона працює в розвиток політики вибіркового управління доступом, коли права доступу суб'єктів системи до тих чи інших об'єктів групуються з урахуванням специфіки їх використання, визначаючи цим самим роль кожного суб'єкта системи. Управління правами доступу здійснюється або на основі матриці доступу, або за правилами, що регламентують поведінку (ролі) користувачів та їх активацію під час сеансів. Рольове розмежування доступу дозволяє реалізувати динамічні правила надання доступу. Гарантією безпеки в цій моделі виступає чітке визначення ролі як адміністратора БД, так і її користувача стосовно права доступу до об'єктів БД і прав на читання, модифікацію, запис і вилучення цих об'єктів. Технологія управління доступом на основі ролей настільки гнучка й потужна, що дає змогу змоделювати як вибіркоче, так і мандатне управління доступом [2].

Для будь-якої захищеної БД процедури *ідентифікації*, *автентифікації* та *авторизації* є обов'язковими. Процедура *ідентифікації* полягає в призначенні користувачеві, який виступатиме споживачем ресурсів сервера БД, певного імені. Ім'я користувача являє собою унікальну мітку, що відповідає прийнятим угодам і забезпечує однозначну ідентифікацію об'єкта реального світу в просторі відображуваних об'єктів. Сутність

© Р. Ю. Лисий, 2017

автентифікації полягає в підтвердженні автентичності користувача, що надав той чи інший ідентифікатор. **Авторизація** зводиться до визначення переліку конкретних інформаційних ресурсів, з якими автентифікованому користувачеві дозволено працювати. З погляду БД процедура автентифікації може бути як внутрішньою (засобами самої БД), так і зовнішньою, виконуваною засобами операційної системи (ОС) або мережі. У сучасних СУБД широко використовується зовнішня автентифікація на *біометричній основі*, автентифікація на базі володіння так званим *токеном*, а також *парольна* автентифікація, що ґрунтується на деякій специфічній словесній інформації.

Біометрична автентифікація — це процес доведення автентичності заявленого користувачем імені через надання ним свого біометричного образу. Біометричними характеристиками людини є відбитки пальців і долоні, звуки її голосу, вигляд обличчя, відбиток сітківки ока, особливості рухів і ходи, особливості роботи на клавіатурі, власний підпис. Результати системного аналізу з визначенням якісної оцінки сучасних біометричних датчиків відбитків пальця наведено в [3].

Серед заходів, що дають змогу значно підвищити надійність *парольного захисту*, слід назвати такі: накладення технічних обмежень; управління терміном дії паролів, їх періодичну зміну; обмеження доступу до файла паролів; обмеження кількості невдалих спроб входу в систему; навчання і виховання користувачів; використання програмних генераторів паролів [4].

Цих заходів доцільно вживати завжди, навіть якщо поряд із паролями використовуються інші методи автентифікації, наприклад ті, які ґрунтуються на володінні *токенами* — предметами чи пристроями, здатними підтверджувати автентичність користувача. Розрізняють токени з пам'яттю (пасивні, які тільки зберігають, але не обробляють інформацію) та інтелектуальні (активні) токени. Найпоширенішим різновидом токенів із пам'яттю є картки з магнітною смугою. Їх використання потребує зчитувального пристрою, забезпеченого клавіатурою і процесором. Інтелектуальні токени характеризуються наявністю власної обчислювальної потужності. До них належать інтелектуальні картки, стандартизовані ISO, тощо.

Сьогодні одна з основних загроз для БД — це несанкціоноване копіювання даних або фізична крадіжка носія інформації. Найефективнішим методом боротьби з такими загрозами є *шифрування даних*. За способом функціонування системи шифрування СУБД поділяють на два класи [5]: 1) системи прозорого шифрування, що підпорядковуються адміністраторові; 2) системи непрозорого шифрування (викликаються користувачем).

У системах *прозорого шифрування* криптографічні перетворення здійснюються непомітно для користувача, оскільки його програми не зазнають змін. Системи прозорого шифрування можуть бути як вбудованими в СУБД, так і зовнішніми щодо цієї системи. При прозорому шифруванні використовується ключ шифрування БД, який зберігається в завантажувальному запису БД для доступності при її відновленні. Функція прозорого шифрування даних захищає «неактивні» дані, тобто файли даних і журналів. Системи *непрозорого шифрування* викликаються користувачем і можуть використовувати як засоби шифрування самої СУБД, так і зовнішні щодо СУБД утиліти.

Існують два основні види шифрування: *симетричне* і *асиметричне*. У першому з них один і той самий ключ використовується і для шифрування, і для розшифрування повідомлень. У свою чергу, симетричне шифрування поділяється на потокове і блокове шифрування. Поточковий шифр можна перетворити на блоковий, розбиваючи вхідні дані на окремі блоки і шифруючи їх по одному. При цьому блокові шифри мають вищу криптостійкість, аніж потокові. Утім потокові шифри часто реалізуються в апаратному вигляді. Адже подання даних і їх обробка в потокових шифрах дуже близькі до відповідних процесів в апаратурі.

У разі асиметричного шифрування існують два ключі — несекретний і секретний. Перший використовується для шифрування і може публікуватися разом з адресою користувача, тоді як другий застосовується для розшифрування і відомий тільки одержувачу.

Асиметричні методи шифрування дозволяють реалізувати так званий електронний підпис, або електронне завірнення повідомлення, ідею якого розкрито в [4]. Послуги асиметричного шифрування можна реалізувати і за допомогою симетричних методів, якщо є надійна третя сторона, що знає секретні ключі своїх клієнтів. Для компенсації недоліків симетричного шифрування широко застосовується комбінована криптографічна схема, в якій за допомогою асиметричного шифрування передається сеансовий ключ, що використовується сторонами для обміну даними за допомогою симетричного шифрування.

Криптографічні методи дозволяють надійно контролювати цілісність інформації. Криптографічна контрольна сума практично виключає всі можливості непомітної зміни даних. Сучасні СУБД включають у себе резервне копіювання і аудит як невід'ємні складові системи безпеки. Суть *резервного копіювання* полягає в зберіганні копії БД. При необхідності (несанкціоноване вилучення або модифікація БД) ця копія дає змогу відновити правильну версію БД.

Аудит полягає у відстежуванні всіх значущих з погляду безпеки подій, які зберігаються в текстовому файлі (Log-файл). Цей файл шифрується в разі застосування прозорого шифрування для підвищення захищеності БД від атак зловмисників.

Зауважимо, що аудит у поєднанні з протоколюванням має на меті забезпечення підзвітності користувачів і адміністраторів; уможливлення реконструкції послідовності подій; надання інформації для виявлення і аналізу будь-яких проблем [4]. Утім протоколювання істотно знижує продуктивність сервісів, надмірно обтяжуючи процес аудиту. Це зрештою навіть знижує інформаційну безпеку. Особливо важко досягти злагодженого протоколювання та аудиту в розподіленій різно-рідній системі.

Насамкінець слід зазначити, що для захисту БД можна використовувати основні засоби мови SQL, такі як оператори надання і відміни прав доступу; збережені процедури і тригери; оператори для шифрування даних; резервне копіювання і відновлення даних. Тригер — це програмний блок, асоційований з таблицею БД, що автоматично виконує вказані в ньому дії, коли стосовно пов'язаної з ним таблиці відбулася певна подія. Збережена процедура — це модуль (іменованій набір команд) мови SQL, що зберігається на сервері і є самостійним об'єктом БД.

Висновки

♦ У сучасних СУБД використовуються гібридні моделі забезпечення безпеки, до складу яких входять дискреційна, мандатна і рольова моделі.

♦ З-поміж усіх схем автентифікації найчастіше застовується парольний захист, що приваблює дешевизною і простотою.

♦ Набуває поширення автентифікація за допомогою токенів, а також біометрична.

♦ У СУБД домінує прозоре шифрування. Його перевага полягає в тому, що дані завжди зашифровано, хоча це створює додаткове навантаження на центральний процесор. Окрім того прозоре шифрування звільняє користувача від потреби змінювати свої програми.

♦ Спільне використання симетричних і асиметричних методів шифрування підвищує ефективність і зменшує завантаженість СУБД.

♦ Неодмінною складовою системи безпеки СУБД є системи резервного копіювання (відновлення) і аудиту. Резервне копіювання (відновлення) може здійснюватися через графічний інтерфейс, а також за допомогою команд SQL.

♦ Мова SQL відіграє важливу роль у захисті СУБД. За допомогою її команд можна реалізувати практично всі аспекти захисту таких систем.

♦ Ефективний захист БД у СУБД можливий за умови комплексного, систематизованого підходу, із поєднанням різних сервісів і механізмів безпеки.

Список використаної літератури

1. **Нечипоренко, О. В.** Классификационная схема моделей баз данных для лазерных технологических комплексов / О. В. Нечипоренко, С. А. Миценко // Вісн. ЧДТУ.— 2013.— № 2.— С. 48–54.— (Серія: технічні науки).

2. **Анализ концептуальных подходов к обеспечению защиты баз данных [Электронный ресурс] // Мир компьютеров.— Режим доступу:**
<http://compsmir.ru/?p=112>

3. **Системний аналіз біометричних датчиків відбитків пальця для системи управління доступом лазерного технологічного комплексу / [В. М. Лукашенко, Т. Ю. Уткіна, О. С. Вербицький та ін.] // Вісн. ЧДТУ.— 2012.— № 4.— С. 29–34.— (Серія: технічні науки).**

4. **Галатенко, В.** Информационная безопасность [Электронный ресурс] / В. Галатенко // Открытые системы. СУБД.— 1996.— № 04.— Режим доступу:

<http://www.osp.ru/os/1996/04/178931/>

5. **Шифрование данных в СУБД [Электронный ресурс] // Мир компьютеров.— Режим доступу:**
<http://compsmir.ru/?p=118>

6. **Комаров, А.** Базу данных не стащить! Правильные способы защитить данные в таблицах БД [Электронный ресурс] / А. Комаров // Хакер.— № 04/09 (124).— Режим доступу:

<http://www.xakep.ru/magazine/xa/124/032/1.asp>

Рецензент: доктор техн. наук, професор В. Л. Бурячок, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Р. Ю. Лысий

ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ

Рассмотрены современные технологии и принципы, используемые для защиты баз данных (БД) систем управления базами данных (СУБД).

Ключевые слова: защита данных; управление доступом; модель безопасности; аутентификация; шифровка; протоколирование и аудит; операторы SQL.

R. Yu. Lysyi

DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS SECURITY TECHNOLOGIES

Modern technologies and principles using for database and database management protection are considered.

Keywords: date protection; access management; security model; authentication; ciphering; protocol puting and audit; SQL operators.

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

Проблеми підвищення продуктивності праці персоналу Укрпошти

Проаналізовано причини низької продуктивності праці персоналу Укрпошти. Обґрунтовано ефективні шляхи підвищення продуктивності праці персоналу Укрпошти.

Ключові слова: продуктивність праці; науково-дослідні роботи (НДР); упровадження результатів НДР.

ВСТУП

Низька продуктивність праці — найбільш актуальна, надзвичайно складна й болюча проблема Укрпошти.

Низька кваліфікація виробничого та адміністративно-управлінського персоналу, недостатня виробнича дисципліна, відсутність реальних стимулів щодо підвищення кваліфікації, неприйнятна заробітна плата, важкі умови праці, інші чинники — усе це виводить проблему підвищення продуктивності праці персоналу Укрпошти на перше місце серед її численних проблем.

Всесвітній поштовий союз оцінює продуктивність праці персоналу призначених операторів поштового зв'язку (ПОПЗ) різних країн як відношення сумарного обсягу поштових одиниць (ПО) (письмова кореспонденція (ПК), поштові посилки (ПП), періодичні видання тощо), який пересилається ПОПЗ за рік, до чисельності персоналу ПОПЗ. За цим показником Укрпошта посідає останнє місце серед усіх європейських країн, поступаючи при цьому більш ніж на два порядки поштовій службі такої країни, як США. Отже, існує практично невичерпний резерв підвищення продуктивності праці персоналу Укрпошти.

Вочевидь, якщо порівнювати обсяги ПО, рівень механізації та автоматизації виробничих процесів поштового зв'язку, технічну інфраструктуру, заробітну плату персоналу ПОПЗ США і України, то зазначене співвідношення вже не буде настільки кричущим. І все ж не можна не бачити й того, що величезні резерви підвищення продуктивності праці персоналу Укрпошти протягом багатьох років залишаються під спудом.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Аби дати уявлення про неосяжність проблеми підвищення продуктивності праці персоналу Укрпошти та можливі шляхи її вирішення, наведемо далеко не повний перелік виконаних, опублікованих і частково впроваджених у виробництво та навчальний процес НДР науково-дослідного центру (НДЦ) поштового зв'язку «Індекс» Одеської національної академії зв'язку (ОНАЗ) ім. О. С. Попова, безпосередньо пов'язаних із цією проблемою.

Скорочений перелік НДР, виконаних НДЦ «Індекс» ОНАЗ ім. О. С. Попова

1. Перехід від низхідного до висхідного сортування ПО.
2. Перехід від сортування ПО за поштовими індексами (ПІ) як за напрямками сортування до впорядкування ПО за ПІ як значеннями натуральних чисел.
3. Сортування ПК до адресатів за цифрами ПІ.
4. Зосередження відсортованих груп ПО в накопичувачах листосортувальних машин (ЛСМ).
5. Адаптація оброблення і перевезення ПО до змін обсягів поштових потоків.
6. Суміщення в часі проходження трас ЛСМ різними групами ПК.
7. Автоматизація розвантаження накопичувачів ЛСМ.
8. Автоматизація розміщення розділових карток між групами ПК у накопичувачах ЛСМ.
9. Автоматизація упакування відсортованих груп ПК.
10. Суміщення маршрутного сортування із сортуванням ПК.
11. Об'єднання функцій ЛСМ із функціями автоматизованого товарного складу.
12. Виділення місцевої ПК за її ознаками без сортування.
13. Реалізація баєсівської стратегії мінімального ризику в системах розпізнавання ПІ.
14. Оптимізація показників якості розпізнавання ПІ.
15. Мінімізація нормативних строків (НС) пересилання ПК.
16. Оптимізація ухвалення рішень у системах розпізнавання ПІ.
17. Оптимізація ручного сортування ПК.
18. Мінімізація кількості та ємності накопичувачів ЛСМ.
19. Аналіз передумов упровадження автоматизованого оброблення ПК.

© Л. О. Ящук, 2017

20. Компенсація афінних спотворень цифр ПП в розпізнавальних системах поштового зв'язку.
21. Мінімізація кількості поворотів ПО в системах автоматизованого оброблення ПО.
22. Метод і алгоритм визначення кількості робочих місць з оброблення ПО.
23. Наукове обґрунтування Нормативів розвитку та розміщення об'єктів поштового зв'язку (ОПЗ).
24. Наукове обґрунтування Нормативів і НС пересилання ПО.
25. Контроль показників якості послуг поштового зв'язку користувачами.
26. Оптимізація схеми магістральних перевезень пошти.
27. Оптимізація маршрутів і часу виймання ПК із поштових скриньок.
28. Оптимізація обласних маршрутів перевезень пошти.
29. Оптимізація вантажопідйомності транспортних засобів.
30. Визначення контрольних строків пересилання ПК між ОПЗ.
31. Алгоритм визначення оптимальної кількості та місць розташування регіональних сортувальних центрів (РСЦ).
32. Аналіз ефективності та алгоритм побудови мережі поштового зв'язку (МПЗ) без транзитного оброблення пошти.
33. Математична модель функціонування МПЗ із транзитним обробленням пошти.
34. Синхронізація оброблення та перевезення пошти в МПЗ.
35. Алгоритм побудови найкоротших кільцевих маршрутів перевезення пошти.
36. Синхронізація циклів пересилання пошти в ієрархічній МПЗ.
37. Визначення обсягів оброблення та перевезення пошти за умов циклічних змін поштових потоків.
38. Оптимізація контейнерних перевезень ПП.
39. Створення транзитного терміналу як шлях до радикального вирішення проблеми перевезень ПП.
40. Уніфікація поштових автомобілів.
41. Стратегія розвитку МПЗ у сільській місцевості.
42. Вимірювання контрольних строків пересилання ПК.
43. Визначення собівартості надання послуг поштового зв'язку.
44. Оптимізація номіналів і тиражів поштових марок.
45. Порівняльний аналіз технологій сортування ПО.
46. Питання ефективності пересувних відділень зв'язку.
47. Оптимізація розміщення контейнерів у кузові контейнеровоза.
48. Застосування кільцевих поштових маршрутів для перевезення ПП.
49. Проблеми створення національної науково-технічної термінології.
50. Складання чотиристовного словника термінів та визначень основних понять поштового зв'язку.

Наведемо узагальнені характеристики кількох НДР, упровадження результатів яких негайно забезпечить значне підвищення ефективності роботи Укрпошти за мінімальних або й без жодних витрат.

Оптимізація структури МПЗ ПАТ «Укрпошта»

Нині МПЗ ПАТ «Укрпошта» побудовано за надмірною шестирівневою (!) ієрархічною схемою, яка включає в себе:

- 1) Головний об'єкт поштового зв'язку (ОПЗ) у Києві;
- 2) Обласні ОПЗ;
- 3) Міжрайонні ОПЗ — так звані Центри поштового зв'язку (ЦПЗ);
- 4) Центральні відділення поштового зв'язку (ЦВПЗ), які, по суті, частково реанімують функції ліквідованих у 2003–2004 роках районних вузлів зв'язку;
- 5) Відділення поштового зв'язку (ВПЗ);
- 6) Точки присутності (ТП), які враховуються поряд із сільськими ВПЗ, приховуючи тим самим фактичне скорочення МПЗ.

Оскільки внаслідок перенесення сортування ПО із ЦПЗ до обласних центрів оброблення пошти (ЦОП) зазначені ЦПЗ втратили більшість своїх функцій і перетворилися на опорні пункти (ОП) обласних центрів перевезення пошти (ЦПП), то пропонується перейти до чотирирівневої МПЗ:

- 1) Головний ОПЗ;
- 2) Обласні ОПЗ;
- 3) ОП ЦПП;
- 4) ВПЗ,

яка передбачає ліквідацію ЦВПЗ і ТП із суттєвим скороченням функцій ЦПЗ та створенням на їх основі ОП як підрозділів існуючих обласних ЦПП.

Попередні розрахунки показують, що завдяки пропонованій оптимізації структури МПЗ може бути скорочено до 30% адміністративно-управлінського і виробничого персоналу ОПЗ, причому жодних додаткових витрат, зумовлених такою трансформацією, не знадобиться.

Оптимізація схеми магістральних перевезень пошти

Укрпошта впровадила регіональні магістральні поштові маршрути, що з'єднують обласні центри України з містами, в яких планувалось створити РСЦ, — Львовом, Миколаєвом, Дніпром, одночасно з'єднавши їх центральними магістральними маршрутами з Києвом. Нині зазначені регіональні маршрути не приносять нічого, крім додаткових витрат на перевезення пошти та додаткової затримки пересилання ПК.

Достатньо Наказу по ПАТ «Укрпошта» про відміну згаданих регіональних поштових маршрутів із перенесенням їх навантаження на відповідні центральні маршрути, щоб витрати на магістральні перевезення пошти скоротилися приблизно на 30%, а нормативні строки пересилання ПК між обласними центрами, віднесеними до різних регіонів, скоротилися на одну добу.

Перехід до сортування ПК до адресатів за цифрами ПІ

Сьогодні сортування ПК частково виконується за цифрами ПІ (назви областей, назви населених пунктів, номери відділень зв'язку), а частково — за текстами поштових адрес (ПА) (назви вулиць, номери будинків, номери квартир, прізвища та імена адресатів). При цьому сортування за цифрами ПІ виконується в ЦОП обласних центрів, а сортування за ПА — у ВЗ.

Такий порядок сортування змушує сортувальників одночасно використовувати і ПІ, і ПА, що, як свідчить хронометраж, призводить до суттєвого (у 2–3 рази) зниження продуктивності їх праці та додаткових затримок пересилання ПК.

Враховуючи, що переважна частина вхідної ПК закладається листоношами в абонентські або абонентні поштові скриньки (А/С) адресатів і лише незначна її частина вручається адресатам особисто, пропонується за аналогією з поштою США, яка 5-значні ПІ (ZIP-коди) розширила до 9 цифр, розширити ПІ з п'яти цифр до восьми, надавши цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 поштового індексу таких значень:

- в обласних центрах: 1, 2 — обласний центр;
3, 4 — номер відділення зв'язку;
5, 6, 7, 8 — номер А/С одержувача;
- в областях України: 1, 2 — область;
3 — населений пункт;
4, 5 — номер відділення зв'язку;
6, 7, 8 — номер А/С одержувача.

Зазначені номери А/С повинні бути нанесені на А/С одержувачів, причому для контролю на цих А/С можуть бути зазначені також номери квартир і прізвища адресатів.

Перехід від низхідного до висхідного сортування ПК

При сортуванні ПК і досі використовується неефективна технологія низхідного сортування (від ОПЗ найвищого рівня ієрархії до ОПЗ найнижчого рівня ієрархії), яка потребує збереження в окремих комірках груп ПК, відсортованих на попередніх етапах сортування, для їх використання на наступних етапах сортування. Кількість зазначених комірок за наявності n накопичувачів ЛСМ або сортувальних шаф (СШ) ручного сортування дорівнює n після першого етапу, n^2 після другого, n^3 після третього етапу сортування, усього $n + n^2 + n^3$ комірок. Наприклад, при середньому значенні $n = 100$ загальна кількість таких комірок становитиме $100 + 10\,000 + 1\,000\,000 = 1\,010\,100$, а отже, їх розміщення саме по собі вже являє собою проблему.

Проте головний недолік технології низхідного сортування ПК полягає в потребі розвантаження накопичувачів ЛСМ або СШ після кожного підетапу на всіх етапах сортування. Це призводить до зниження реальної продуктивності низхідного сортування в середньому на порядок на другому і на два порядки на третьому етапі сортування.

Нами запропонована високоефективна технологія висхідного сортування ПК (від ОПЗ найнижчого рівня ієрархії до ОПЗ найвищого рівня ієрархії), в якій цифри ПІ розглядаються не як напрями сортування, а як натуральні числа N_1, N_2, \dots, N_m , які в процесі сортування упорядковуються за відношенням порядку $N_i \leq N_{i+1}$. Завдяки цьому групи ПК, утворені на проміжних етапах висхідного сортування, не потребують зберігання в окремих комірках, безпосередньо використовуючись на наступних етапах сортування.

Додатковою перевагою переходу від низхідного до висхідного сортування є можливість отримання відсортованих груп ПК у порядку, що відповідає вимогам відправлення відсортованих груп ПК поштовими маршрутами. Тоді взагалі виключається потреба в маршрутному сортуванні зазначених груп ПК.

Актуалізація Нормативів розвитку і розміщення ОПЗ

Чинні Нормативи розвитку і розміщення ОПЗ містять помилкові, необґрунтовані та неадекватні положення, використання яких суттєво збільшує кількість ВЗ в Україні. Так, Нормативи розвитку і розміщення ОПЗ, уведені Наказом Міністерства інфраструктури України від 28.11.2013 № 959, передбачають у місті з мільйонним населенням створювати ВЗ, якщо воно обслуговуватиме 15 тис. жителів міста. Загальна кількість ВЗ у такому місті має при цьому становити 67, хоча насправді в містах-мільйонниках, як, скажімо, Одеса, Дніпро, Донецьк, кількість ВЗ наближається до 80. Про необґрунтованість зазначених Нормативів свідчить те, що в попередньому Наказі Мінтрансзв'язку № 688 від 28.10.2005 зі змінами, внесеними Наказом Мінтрансзв'язку № 388 від 04.04.2008, ці Нормативи передбачали створення ВЗ за умови обслуговування ним 20–30 тис. осіб, тобто 50–33 ВЗ у місті. Таким чином, для міста з населенням 1 млн жителів протягом лише 5 років (2008–2013) Нормативи розвитку і розміщення ВЗ змінювались від 33 до 67, тоді як їх фактична кількість була близька до 80. Зазначимо, що ці самі нормативи використовуються і для визначення кількості ВЗ у містах із населенням понад 500 тис. осіб.

Кількість ВЗ у сільській місцевості визначається за віртуальними критеріями площі чи радіуса зони обслуговування, тоді як ВЗ і населений пункт, що ним обслуговується, можуть розташовуватись на відстані 1 км один від одного за радіусом, тобто по прямій, але через річку, найближчий міст через яку віддалений на 10 км.

В Україні близько 28 000 населених пунктів і близько 10 000 сільських ВЗ, тобто в середньому по 2,8 населеного пункту на одне ВЗ, середня відстань між якими становить близько 4,37 км.

Про важливість обґрунтованого вибору кількості сільських ВЗ свідчить те, що коли б зазначена відстань була збільшена лише до 5,0 км, то середня кількість сільських ВЗ в Україні зменшилась би до 7643, а на одне ВЗ припадало би 3,66 населеного пункту.

Актуалізація Нормативів розвитку і розміщення ОПЗ передбачає:

- скасування положень, що суперечать одне одному і практиці;
- перехід від визначення кількості та місць розташування ВЗ за опосередкованими критеріями (кількість жителів, що обслуговуються одним ВЗ, радіус або площа обслуговування одного ВЗ) до їх визначення за безпосередніми критеріями доступності послуг поштового зв'язку;
- визначення значень складових доступності послуг поштового зв'язку (територіальна доступність, часова доступність, тарифна доступність).

Актуалізація нормативів і НС пересилання поштових відправлень

Нормативам і НС пересилання ПК, уведеним Наказом Міністерства інфраструктури України від 28.11.2013 № 958 зі змінами, внесеними Наказом Міністерства інфраструктури № 449 від 19.09.2014, притаманна низка недоліків, серед яких:

- відсутність обґрунтування Нормативів і НС пересилання ПК;
- відсутність методики визначення Нормативів і НС пересилання ПК;
- неможливість підтвердження або спростування скарг користувачів послуг поштового зв'язку з приводу перевищення НС пересилання ПК;
- неможливість визначення фактичних строків пересилання ПК за відбитками календарних штемпелів місць відправлення і надходження ПК унаслідок скасування штемпелювання вхідної ПК;
- вимірювання НС пересилання ПК у робочих, а не в календарних днях.

Наслідком зазначених недоліків є те, що сьогодні ніхто в Укрпошті не зможе пояснити, як здійснюється пересилання ПК між двома населеними пунктами різних областей України з установленим НС Д + 5, якщо в першому з них ВЗ працюють по понеділках, середах і п'ятницях, а в другому — по вівторках, четвергах і суботах. Залишається загадкою, якій кількості календарних днів відповідає 5 робочих днів і якій кількості робочих днів відповідає 10 календарних днів. За рахунок чого досягається скорочення НС пересилання пріоритетної ПК порівняно з простою ПК, якщо оброблення і перевезення цих видів ПК виконуються за єдиними технологіями.

Актуалізація Нормативів і НС пересилання ПК передбачає:

- перехід від визначення НС пересилання ПК у робочих днях до їх визначення в календарних днях;
- уведення в Нормативи і НС пересилання ПК методики їх визначення;
- обґрунтування значень НС пересилання ПК;
- упровадження об'єктивного контролю НС пересилання ПК із боку користувачів послуг поштового зв'язку, зокрема впровадження поштових скриньок і абонентських поштових шаф, оснащених покажчиками календарних дат виймання ПК із поштових скриньок і календарних дат закладання ПК в абонентські поштові скриньки.

ВИСНОВОК

Підвищення продуктивності праці персоналу — найголовніша проблема Укрпошти.

Важливе місце в підвищенні продуктивності праці персоналу Укрпошти посідає впровадження НДР, виконаних НДЦ «Індекс» ОНАЗ ім. О. С. Попова.

Для надання роботі з підвищення продуктивності праці персоналу Укрпошти системного характеру і можливості контролю її перебігу доцільно розробити відповідну цільову програму.

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

Л. Е. Ящук

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПЕРСОНАЛА УКРПОШТЫ

Проанализированы причины низкой производительности труда персонала Укрпочты. Обоснованы эффективные пути повышения производительности труда персонала Укрпочты.

Ключевые слова: производительность труда; научно-исследовательские работы (НИР); внедрение результатов НИР.

L. O. Yashchuk

PROBLEMS OF LABOR PRODUCTIVITY INCREASING OF UKRPOSHTA PERSONNEL

The causes for the low labor productivity of Ukrposhta personnel are analyzed. Effective ways of the labor productivity increasing of Ukrposhta personnel are substantiated.

Keywords: labor productivity; research work; implementation of research results.

УДК 004.932.721

О. А. МОКРІНЦЕВ;

В. В. ЖЕБКА,

Державний університет телекомунікацій, Київ

Сучасна методика та алгоритми автоматичного розпізнавання одновимірних штрих-кодів

Висвітлено новітні тенденції та підходи до розробки методики й алгоритмів автоматичного розпізнавання одновимірних штрих-кодів. Досліджено загальну проблематику розпізнавання штрих-кодів. Розглянуто питання їх сегментації та декодування з перевіркою коректності його виконання.

Ключові слова: одновимірний штрих-код; цифрова обробка зображень; сегментація зображень; декодування штрих-кодів.

ВСТУП

Розпізнавання одновимірних штрих-кодів постає як щоденна актуальна потреба в сучасному світі. Вони широко використовуються в поштових відправленнях, логістиці, ритейлі, складській справі та в багатьох інших галузях людської діяльності. Свого часу проблема розпізнавання одновимірних штрих-кодів розв'язувалась переважно за допомогою ручних чи стаціонарних лазерних сканерів, що оперували лише з одновимірним відбитком лінії. Але тепер, у період масового поширення кишенькових комп'ютерів і смартфонів, маємо проблему розпізнавання штрих-кодів, знятих за допомогою цифрових камер, якими зазвичай оснащуються згадані пристрої. При цьому замість розпізнавання ліній довелося визначати й розпізнавати коди у двовимірних зображеннях.

ОСНОВНА ЧАСТИНА**Проблематика розпізнавання штрих-кодів**

Додаткові ускладнення в розпізнаванні виникають через низку проблем з якістю зображення,

зумовлених, зокрема, низькою роздільною здатністю мобільних камер, шумовими явищами, нерівномірним чи незадовільним освітленням, нечітким фокусуванням, колірними спотвореннями та просторовими викривленнями при зйомці.

Загалом процес розпізнавання одновимірних штрих-кодів включає в себе такі кроки:

- 1) попередню обробку зображення;
- 2) локалізацію областей, що містять штрих-код, із визначенням його орієнтації;
- 3) сегментацію, або виділення (сканування), меж ліній штрих-кодів;
- 4) декодування і перевірку коду.

У різних реалізаціях деякі з цих кроків можуть бути скасовані. Проте здебільшого слід виконувати всі зазначені дії, хоча іноді їх послідовність може бути змінена або навіть і довільна.

Перші два кроки реалізують препроцесинг, тобто попередню підготовку зображення до розпізнавання одновимірних штрих-кодів, що має на меті максимізувати шанси на успішне розпізнавання.

Спинимось докладніше на алгоритмах і методах, що застосовуються при виконанні двох останніх кроків — власне процесингу, або розпізнавання штрих-кодів.

Сегментація штрих-кодів, або виділення меж їхніх ліній

На цьому етапі вважається, що ми маємо послідовність точок зображення у відтинках сірого (рівні яскравості), при цьому ці точки утворюють відрізок, який потенційно перетинає всі лінії штрих-коду. Потрібно виявити у вхідних даних послідовність чорних і білих штрихів різної товщини. Лінії, що утворюють штрих-код, залежно від типу кодування можуть або просто поділятися на тонкі і товсті, або бути одинарної, подвійної, потрійної (чи навіть ще більшої кратності) товщини [1]. Здебільшого задача сегментації зводиться до відшукування деякого порогового значення, яке, у свою чергу, може бути або статично глобальне, або адаптивно-локально змінне, але таке, що дозволяє визначити межі білих і чорних штрихів.

Варто зазначити, що не всі методи сегментації (бінаризації) прийнятні з погляду застосування в термінах поставленої задачі. Наприклад, метод Яновіца–Брукштейна [9], який дає цілком задовільні результати в розпізнаванні сканованих картографічних документів, не може бути використаний. Адже зображення в процесі їх обробки фільтруються для отримання контурних ліній завтовшки в піксель, а далі ще й додатково усереднюються.

До найбільш поширених і перспективних методів, що можуть бути використані на зазначеному етапі, належать сім розглянутих далі методів.

1. Сканування локальних мінімумів і максимумів. Цей метод найпростіший у реалізації, хоча й має серйозні недоліки. Так, якщо зображення забруднено дрібним шумом («пил»), то через це виникає багато фальшивих піків і проміжків. Щоб зменшити вплив цього явища, зазвичай застосовують попередню фільтрацію зображення (наприклад, методом розмиття).

2. Метод збалансованого відсікання гістограми. При обробці зображень алгоритм збалансованого порогового відсікання гістограми [2] використовується для бінаризації півтонових об'ємів. У цьому алгоритмі передбачається, що зображення містить пікселі двох класів: ті, що належать фону, і переднього плану. Як і метод Оцу та метод ітеративного вибору порога, він спирається на ітеративне відшукування порогового значення, яке поділяє пікселі на зазначені класи. У цьому методі зважуються дві рівні частини гістограми. Якщо одна частина переважає, то з неї вилучається крайній стовпчик. Ітеративна процедура закінчується, коли в гістограмі залишається лише один

стовпчик. При цьому відповідне йому значення інтенсивності вибирається як порогове значення.

3. Метод Ейквіла (рис. 1). Цей метод — один із найефективніших щодо обробки чітких і контрастних зображень.

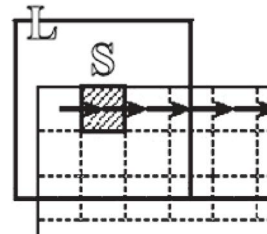


Рис. 1. Ілюстрація методу Ейквіла

Зображення обробляється за допомогою двох концентричних вікон: маленького S і великого L . Зазвичай форма вікон береться квадратна. Обидва вікна послідовно зліва направо та згори вниз накладаються на зображення з кроком, що дорівнює стороні вікна S . Для вікна L розраховується поріг B так, щоб поділити пікселі на два кластери. Якщо різниця значень математичного сподівання рівнів яскравості в двох кластерах перевищує деякий заданий користувачем рівень $(\mu_1 - \mu_2) \geq l$, то всі пікселі всередині вікна S визначаються як чорні або білі відповідно до порогового значення T . У разі невиконання цієї умови яскравість пікселів з вікна S замінюється деяким близьким проміжним (інтерпольованим) значенням.

4. Метод Бернсена. Цей метод [3] використовує заданий попередньо поріг E контрастності. Якщо локальний контраст $(\max - \min)$ перевищує або дорівнює заданому значенню, поріг встановлюється як локальне середнє у відтинках сірого (із мінімального і максимального значень сірого в локальному вікні навколо поточного пікселя). Далі, порівнюючи з установленим порогом поточний піксель, визначаємо його колір — чорний або білий.

У тому разі, коли локальний контраст нижчий від попередньо заданого E , уся локальна область вважається монотонною і вихідний колір пікселя встановлюється як значення, задане для «сумнівних» областей.

Метод має низку недоліків. Після обробки монотонних областей яскравості формуються сильні паразитні шуми, а в деяких випадках це призводить до появи небажаних чорних плям.

5. Бінаризація за методом Оцу. Цей метод [4] дозволяє ефективно обчислювати порогове значення для півтонових зображень. За допомогою цього алгоритму у його класичному вигляді можна розрізнити пікселі двох класів (чорні або білі) побудовою серії гістограм та мінімізацією внутрішньокласової дисперсії стосовно порога. Ідея полягає у відшуванні такого порога, що в межах класу мінімізує дисперсію, котра визначається як зважена сума дисперсій двох класів:

$$\sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t),$$

де $\omega_i(t)$ — імовірність одного з двох класів, відокремлених пороговим значенням t , а $\sigma_i(t)$ — дисперсія цього класу. Оцу довів, що мінімізація дисперсії всередині класу еквівалентна максимізації міжкласової дисперсії яка подається у вигляді

$$\sigma_b^2(t) = \sigma^2 - \sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t)\omega_2(t)[\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2$$

і визначається через імовірність ω_i і середнє арифметичне значення μ_i , яке можна ефективно оновлювати в ітераційний спосіб. Загалом, метод працює досить швидко й ефективно, але в разі випадку нерівномірно освітлених зображень глобальне порогове значення може дати хибні результати.

6. Бінаризація за методом Ніблека. Цей метод [5] базується на обчисленні локального середнього значення та локального середньоквадратичного відхилення. Порогове значення знаходимо за формулою

$$B(x, y) = \mu(x, y) + k \times s(x, y),$$

де $\mu(x, y)$ — середнє значення в деякій локальній області, а $s(x, y)$ — відповідне стандартне відхилення. Розмір такої області має бути достатньо малий, щоб коректно відбивати особливості локальних деталей, а водночас і достатньо великий, щоб уникнути шумових явищ. Параметр k визначає, яку частину меж об'єкта розглядаємо як сам об'єкт.

Жанг і Тан [6] запропонували дещо вдосконалений варіант цієї формули:

$$B(x, y) = \mu(x, y) \times \left[1 + k \times \left(1 - \frac{s(x, y)}{R} \right) \right],$$

де k і R — деякі емпіричні константи. У такому вигляді алгоритм менш чутливий до шумових явищ.

7. Ітеративний метод Рідлера-Калварда (isodata). Цей метод [7] рекомендовано до застосування у випадках зашумлених і слабо контрастних зображень. Спочатку ми в деякий спосіб, наприклад із мінімуму і максимуму гістограми, беремо деякий початковий поріг t_0 , який дорівнює просто середньому рівню освітленості зображення. Далі за площею фону та переднього плану ми обчислюємо два середні значення рівня сірого для кожної з цих двох областей. А нове порогове значення t_{k+1} беремо як середнє арифметичне обчислених середніх відтінків сірого:

$$t_{k+1} = \frac{\mu_1(t_k) + \mu_2(t_k)}{2},$$

де μ_1 — усереднений відтінок сірого фону, а μ_2 — усереднений відтінок сірого фігури (переднього плану). Згідно з новим порогом проводимо нову бінаризацію зображення. Продовжуємо цей процес ітеративно доти, доки дельта між t_k і t_{k+1} не зменшиться до фактичної тотожності цих значень. Автори методу відзначають, що зазвичай вистачає виконання трьох-чотирьох ітерацій.

Декодування і перевірка коду

На цьому етапі ми декодуємо знайдену послідовність штрихів і проміжків у цифровий код. Перевірка коректності декодування включає в себе:

- розпізнавання «тихих» зон, стартової та фінішної контрольних комбінацій штрихів і проміжків;
- успішне розпізнавання всіх сканованих комбінацій цифр (чи символів);
- перевірку контрольної суми.

Здебільшого як контрольну суму використовують одну чи дві цифри. Скажімо, для наведеного на рис. 2 штрихового коду EAN 13 [8] контрольна цифра обчислюється за алгоритмом, який являє собою один із різновидів алгоритму Луна, що включає в себе такі кроки.



Рис. 2. Приклад штрих-коду EAN-13

1. Цифрам у штрих-кодi ставлять у відповідність номери 1–12 згідно з їх позицією, виключаючи останню контрольну цифру.

2. Використовують додавання цифр, розташованих на парних місцях, і знайдену суму множать на 3. Наприклад: $9 + 1 + 3 + 1 + 3 + 5 = 22$; $22 \cdot 3 = 66$.

3. Додають цифри, розташовані на непарних місцях.

Наприклад: $5 + 0 + 2 + 4 + 2 + 4 = 17$.

4. Додають результати, здобуті в пунктах 2 і 3, дістаючи дво- чи трицифрове число.

Наприклад: $66 + 17 = 83$.

5. В остаточній сумі залишають лише те число, яке розташовується на останньому місці.

Наприклад: 3.

6. Віднімають від числа 10 число, знайдене в попередньому пункті. Здобута різниця і є контрольною цифрою. Вона має збігатися з цифрою, зазначеною в штрих-кодi.

Наприклад: $10 - 3 = 7$.

Можна застосовувати й інші методи розрахунку контрольних сум (цифр), наприклад за допомогою циклічного надлишкового коду.

Теоретично для надкритичних ситуацій можуть бути використані методи корекції помилок, такі як коди Ріда-Соломона. Але на практиці штрих-коди й так містять настільки обмежену кількість інформації, що немає сенсу переважувати її надлишковими даними, ускладнюючи відновлення. Тому зазвичай обмежуються контрольною сумою чи навіть однією цифрою.

ВИСНОВКИ

Для розпізнавання одновимірних штрих-кодів у попередньо оброблених зображеннях, які щонайменше перетворені з кольорових у відтінки сірого, зазвичай виконують:

◆ сегментацію — виділення (сканування) меж ліній штрих-кодів;

◆ декодування і перевірку коду.

Мета сегментації — визначити межі білих і чорних штрихів для подальшого декодування. Найчастіше для цього застосовують сканування локальних максимумів і мінімумів; метод збалансованого відсікання гістограми; методи бінарizzaції Ейквіла, Бернсена, Оцу, Ніблека, а також ітеративний метод Рідлера–Калварда (isodata).

Процес декодування має бути верифікований перевіркою контрольного коду (цифри), котрий здебільшого обчислюється за допомогою деякої модифікації алгоритму Луна.

Список використаної літератури

1. **Pavlidis, T.** *Fundamentals of bar code information theory* / T. Pavlidis, J. Swartz, and Y. P. Wang // *Computer*.— Apr. 1990.— Vol. 23, no. 4.— P. 74–86.

2. **Anjos, A.** *Bi-Level Image Thresholding — A Fast Method* / A. Anjos, H. Shahbazkia // *BioSignals*.— 2008.— Vol. 2.— P. 70–76.

3. **Bernsen, J.** *Dynamic thresholding of grey-level images* / J. Bernsen // *Proc. 8th Int. Conf. on Pattern Recognition, Paris, 1986*.— P. 1251–1255.

4. **Otsu, N.** *A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms* / N. Otsu // *Automatica*.— 1975.— Vol. 11.— P. 285–296.

5. **Niblack.** *An Introduction to Digital Image Processing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1986.— P. 115–116.

6. **Zhang, Z.** *Restoration of images scanned from thick bound documents* / Z. Zhang and C. L. Tan // *Proc. Int. conf. Image Processing*.— 2001.— Vol. 1.— P. 1074–1077.

7. **Ridler, T. W.** *Picture Thresholding Using an Iterative Selection Method* / T. W. Ridler and S. Calvard // *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*.— 1978.— Vol. SMC-8, no. 8.— P. 630–632.

8. <https://www.wikipedia.org/>

9. **Leedham et al.** *Comparison of some thresholding algorithms for text/background segmentation in difficult document images* // *IEEE*.— 2003.

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

А. А. Мокринцев, В. В. Жебка

СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ШТРИХ-КОДОВ

Освещены новейшие тенденции и подходы к разработке методики и алгоритмов автоматического распознавания одномерных штрих-кодов. Исследована общая проблематика распознавания штрих-кодов. Рассмотрены вопросы их сегментации и декодирования с проверкой корректности его выполнения.

Ключевые слова: одномерный штрих-код; цифровая обработка изображений; сегментация изображений; декодирование штрих-кодов.

O. A. Mokrintsev, V. V. Zhebka

MODERN METHODS AND ALGORITHMS OF COMPUTER LINEAR BARCODE RECOGNITION

The work covers latest tendencies and approaches in linear barcodes reading methods development. Studied problems barcode recognition. Considered segmentation or isolation boundaries lines barcodes. Investigated decoding and verification code.

Keywords: one-dimensional barcode; digital image processing; image segmentation; barcode decoding.

УДК 621.391

А. О. МАКАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

Г. О. ГРИНКЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент;

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

В. М. КУКЛОВ, аспірант;

А. І. ПІДРУЧНИЙ, аспірант;

Г. В. ТКАЧ, студентка,

Державний університет телекомунікацій, Київ

Аналіз програмного забезпечення, необхідного для контролю пакетів даних у програмно-конфігурованих мережах

Розглянуто питання щодо вимірювання та моніторингу Software-Defined-Networking, покладені в основу алгоритмів виявлення несправностей, і подано огляд сучасних програмних засобів, які мають на меті забезпечити безпеку й контроль трафіку в програмно-конфігурованих мережах.

Ключові слова: інформаційні мережі; програмно-конфігуровані мережі; інформаційна безпека; SDN; Linux; Ethernet; OpenFlow.

ВСТУП

Постановка задачі. Техніка захисту може відновити OpenFlow мережі в межах 50 мс. Для цього жодних дій від мережного контролера не знадобиться, бо перемикач має змогу безпосередньо реагувати на несправності. У техніці реставрації контролер має взаємодіяти з мережними пристроями, що потребує більше часу і робить метод менш зручним для великомасштабних мереж із багатьма підвузлами.

© А. О. Макаренко, Г. О. Гринкевич, Н. В. Коршун, В. М. Куклов, А. І. Підручний, Г. В. Ткач, 2017

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний стан формування методів аналізу і синтезу програмно-конфігурованих мереж нерозривно пов'язаний із працями таких учених, як O. Sheyner, P. Ammann, X. Ou, L. Wang, A. Pой, H. Poolsappasit.

Мета статті — подати огляд сучасних програмних засобів, здатних забезпечити безпеку та контроль трафіку в програмно-конфігурованих мережах.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Загальні положення

Для того щоб виявити неробоче посилання своєчасно, протоколи управління можуть бути використані з метою моніторингу підключення. Наприклад, неактивний порт комутатора може бути виявлений за втратою сигналу відмови. Відшукати ламаний шлях між двома вузлами можна за допомогою двонапрявленого Forwarding Detection (BFD) на базі простого протоколу Hello, визначеного в RFC 5880. Як альтернативу можна використовувати Link Layer Discovery Protocol (LLDP), але це викликає високе навантаження на мережному контролері і обмежує масштабованість, оскільки такі повідомлення моніторингу мають бути оброблені на високій частоті.

У літературі [1] пропонується розширення OpenFlow специфікації для розгортання децентралізованого моніторингу мережі, зокрема генерування пакетів і обробки на мережних пристроях. При цьому демонструється підхід до несправності на основі технології MPLS і концентрується увага на відновленнях при збоях у межах 50 мс.

Для того щоб мінімізувати кількість відповідних повідомлень, автори [1] пропонують тільки інформування вимикачів про збій зв'язку. Необхідний алгоритм діє на мережних пристроях, що дозволяє забезпечити менший час відновлення, ніж той, що вимагається на основі схеми повідомлених катіонів. Як і в попередній концепції, знадобляться додаткові функції, які будуть додані до комутатора OpenFlow.

Вимірювання та моніторинг

Моніторинг мережі інформує оператора про поточний стан мережі, а також є основою для алгоритмів виявлення несправностей. Це вимагає наявності відповідних датчиків у мережі, наприклад комутаторів, які забезпечують статистичні дані про потік записів.

NetFuse призначено для виявлення та пом'якшення перевантаження, яке може виникнути з різних причин, скажімо через розподілену відмову в обслуговуванні (DDoS) атаки або в результаті запланованого резервного копіювання. Для того щоб виявити таку раптову несправність, NetFuse встановлюється як додатковий шар між мережними пристроями і мережним контролером для обробки OpenFlow керуючих повідомлень (Packet-in, FlowMod, FlowRemoved тощо). Для того аби діагностувати перевантаження, багатовимірний алгоритм агрегації використовується з метою виявлення підозрілих потоків. Надалі вони скеровуються адаптивним механізмом управління, який модифікує правила контролю на комутаторах, щоб краще справлятися з мережним перевантаженням.

На основі OpenFlow керуючих повідомлень (Packet-in і FlowRemoved, FlowSense) для обчислення лінії зв'язку використовують програми, виконувані у верхній частині мережі контролера. Спрощується розгортання порівняно з підходами, які вимагають додаткового шару (наприклад, NetFuse). Оскільки вимірювання поновлюється тільки після отримання повідомлення FlowRemoved, то потік, який задовольняє правило байдужих полів у поєднанні з тривалим терміном дії, призводить до сповільненого результату. За активної політики встановлення потоку повідомлення Packet може надійти будь-коли, а це означає, що активне опитування знадобиться для виявлення поточного стану.

Робота OpenSketch розглядається програмно і включає в себе просту конструкцію для площини даних, які можуть бути реалізовані на апаратному забезпеченні, тоді як функції аналізу даних розташовано в площині управління. Згідно з ідеєю ескізів, які є компактними структурами даних, найбільш гнучкі зіштовхування потоку можна порівняти з OpenFlow специфікацією. У поєднанні з контролером OpenSketch для ескізу бібліотеки можуть бути розроблені нові алгоритми вимірювання, що уможливають автоматизовану конфігурацію комутаторів відповідно до вимог додатка вимірювань.

Установлення додаткових потоків записів для цілей моніторингу розглядається у складі деякої схеми, можливої тому, що OpenFlow специфікації підтримують кілька етапів потоку записів. Мережний контролер може зчитувати відповідні лічильники періодично і виявити зрештою важливий Hitters через ієрархічний алгоритм. Переваги цього підходу полягають у використанні апаратного забезпечення і невисоких витратах на комутатор.

Виявлення атак DDoS спирається на аналіз потоку статистики за допомогою нейронних мереж і підходів, реалізованих на платформі контролера NOX. При цьому виконуються такі кроки:

```
-> [FlowCollector] -> [FeatureExtractor] -> [Класифікатор] -> Alarm
| ----- <----- |
LoopDetection
```

Насамперед потік статистики з одного чи кількох комутаторів витягується через певні проміжки часу за допомогою потоку колектора. Далі ідентифікуються відповідні функції C, які вказують на атаку DDoS. Наприклад, темпи зростання окремих притоків в одному напрямі є індикатором початку такої атаки. Кількість перемикачів, що беруть участь у моніторингу, може бути адаптована до нових топологій, але збільшення кількості комутаторів створює додаткові накладні витрати внаслідок збільшення кількості керуючих повідомлень.

Пряме вимірювання лічильників, пов'язаних із входом, необхідне для того, аби побудувати матриці, які характеризують обсяг потоків між пунктами відправлення та призначення пар у мережі. Але запити збільшують навантаження на комутатор, що небажа-

но в мережі, яка складається з кількох перемикачів і великої кількості притоків. OpenTM описує стратегії визначення того, якому комутатору для запиту вздовж шляху потоку слід зменшити накладні витрати. Автори пропонують рівномірний розподіл для запитів потоку лічильників між усіма комутаторами в мережі, включаючи інформацію про маршрутизацію від мережного контролера, здійснювану з цією метою.

Можна описати зазначені запити як P2P трафік, котрий може класифікуватися на основі особливостей мережного рівня. Це означає, що питання конфіденційності пов'язані з глибокою інспекцією невідомих пакетів (DPI) і відпадає потреба у використанні спеціалізованого апаратного забезпечення, оскільки аналіз можливий на мережному контролері. Після визначення відповідних функцій мережного рівня, здатних відрізнити P2P трафік від не-P2P трафіку, вони можуть бути реалізовані як додаток для контролера NOX і оцінені в плані загальнодоступного набору даних.

Налаштування, перевірка й тестування

Виявлення мережних несправностей є серйозною проблемою для кожного оператора, зумовленою людським фактором. Для того щоб зменшити час виявлення несправності, необхідно застосовувати нові методи для SDN архітектур. З метою налагодження мереж і використовується підхід, котрий включає в себе застосування як мережного контролера (програмне забезпечення), так і мережних пристроїв (апаратне забезпечення), що потребують відшукування основної причини несправності. Формальна перевірка програмного забезпечення контролера може визначити, чи гарантуються певні властивості коректності (наприклад, припинення циклів) і чи забезпечується SOFT [2].

Тестування комп'ютерних мереж потрібне для того, аби гарантувати, що всі мережні компоненти працюють як і очікувалося. Має бути розроблено тестовий сценарій, якомога ближчий до операціональних ситуацій. Ця проблема розв'язується за допомогою ATPG [3], який генерує тестові пакети, тоді як OFRewind [4] уможлиблює повторне відтворення захоплених сценаріїв.

OpenFlow дозволяє використовувати стандартне обладнання, яке потребує правильного виконання агентів на всіх мережних пристроях. ONF має визначити випробування із серією тестів, що передусім корисно для виробників задля уникнення помилок у програмному забезпеченні на етапі розробки нової моделі комутатора. Аналогічний підхід реалізує OFTest [3], який є частиною проекту Project Floodlight і дозволяє розробляти платформи SPECI тестових сценаріїв.

SOFT [5] використовує тести на сумісність, щоб забезпечити правильну реалізацію на всіх комутаторах у мережі. З огляду на символічне виконання всі можливі шляхи в програмі (firmware) відтворюють і визначають поведінку кожного мережного пристрою. Далі здійснюється перехресна перевірка між мережними пристроями з використанням головного пристрою, що виявляє невідповідності між вхідними наборами. Це дозволяє мережним операторам знаходити помилки реалізації перед розгортанням і гарантує безпомилкову роботу мережних пристроїв.

Рівні стану можуть бути коректно відображені на будь-який інший рівень (еквівалентності). У протилежному випадку помилку можна локалізувати між рівнями, які відрізняються один від одного і можуть бути виявлені в проміжному рівні коду.

Системний підхід до пошуку та усунення несправностей SDN висвітлено в [2], де пропонується потік, який відокремлює стек SDN на рівні стану і на кодових рівнях, що ілюструє рис. 1. Рівні стану являють собою мережу конфігурації, тоді як рівні стека описують відображення між двома рівнями стану. Методика дозволяє автоматичне визначення кодового рівня, де міститься несправність. Нормальна поведінка мережі приводить до еквівалентності між усіма рівнями стану таким чином, що кожний рівень може бути відображений на будь-який інший. У разі несправності мережі помилку можна локалізувати в код рівня, розташованого між рівнями стану, які не є еквівалентними. Після цього причину помилки може бути визначено за допомогою методів, описаних раніше.

Мережний налагоджувач ndb [5] допомагає оператору визначити причину збоїв програмного забезпечення (або помилки) у мережі. Кожний комутатор надсилає повідомлення, які спрацьовують, коли пакет з інформацією про збіг потоку вводу надходить на комутатор. Такі повідомлення збираються з усіх перемикачів у централізований колектор, який може бути використаний для визначення пакетів, що стосуються пакета точки зупинки. Наприклад, для того аби досліджувати помилку досяжності для пакета, надісланого від хоста *A* до хоста *B*, може бути використаний такий запит:

OFRewind [3] забезпечує запис і відтворення налагоджених засобів для SDN. Він вставляється як проксі-сервер між мережним контролером і мережними пристроями, а також дозволяє перехоплення і видозміну повідомлень управління з метою запису або відтворення фабричного калібрування. Для зберігання трафіку користувачів сховища даних, керовані компонентом OFRewind, підмикаються до комутаторів, як це зображено на рис. 2. Існують режими, наприклад Replay, які дозволяють упрощувати різні тестові сценарії, аби отримати тільки керуючі повідомлення.

VeriFlow [3] забезпечує достатньо сфокусований вигляд на площині даних VERI. Це додає додатковий шар між мережним контролером і мережними пристроями, щоб можна було перевірити нові правила в режимі реального часу, перш ніж вони

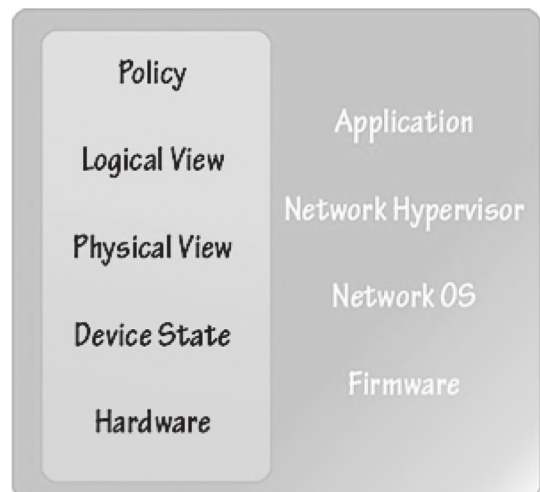


Рис. 1. Рівні стану та кодові рівні стека SDN у разі безпомилкової роботи в мережі

будуть розгорнуті в мережі. Правила мережі поділено на множини класів еквівалентності (ЕКМ), де аналогічні дії з переадресації зосереджуються в певному ЕКМ. Вони зберігаються в деревоподібних структурах даних, котрі описують пересилання пакетів у мережі. Нові правила аналізують VeriFlow шляхом виконання запитів на основі інваріантів для того, щоб виявити їх порушення. Такі інваріанти можуть бути встановлені через API і охоплювати широкий спектр умов, наприклад досяжності, петлі вільності та консистентності.

Anteater [6] також фокусується на площині даних аналізу, що являє собою збірну топологію мережі та пересилання інформаційних баз (FIBs) із мережних пристроїв як виконання логічних функцій. Використовуючи цей метод, автори змогли виявити 23 помилки в мережі. Перевага такого механізму полягає в тому, що реальна поведінка системи може бути проаналізована без залучення протоколів маршрутизації, завдяки чому вся процедура значно спрощується. Окрім того, цей підхід дозволяє виявляти помилки програмного забезпечення маршрутизатора.

Просторовий аналіз (HSA) [4] зосереджується на виявленні негараздів, таких як збої досяжності, цикли пересилання, трафік з ізоляцією, проблеми витоку. Кожний заголовок пакета подається як точка в просторі, в якому моделюються мережні пристрої та порти. Коли пакет перетинає мережу, вона трансформується з однієї ділянки до іншої. Мережні пристрої, такі як комутатори і маршрутизатори, додатково можуть бути змодельовані за допомогою відповідних функцій передавання даних. У поєднанні із заголовком простору це дозволяє виявляти причини відповідних відмов. І хоча така структура здатна локалізувати джерело помилки (наприклад, непослідовні таблиці маршрутизації), вона не може визначити причину, з якої сталася помилка.

Випробування нових застосувань контролера потрібне OpenFlow для належної конфігурації контролера і перемикачів. Оскільки лише невелика кількість користувачів має доступ до таких ресурсів, системи зі складовими у вигляді віртуальних машин (VM) набувають популярності. Через величезну витрату пам'яті, необхідної для створення великої мережі, масштабованість поширюється лише на кілька перемикачів. Легший тип віртуалізації можливий із Mininet [5] мережним емулятором, що дозволяє використовувати мережу як альтернативу для тестування на стандартному ноутбучі (рис. 2). У разі створення нової мережі наведена далі команда дає приклад тесту на віртуальній мережі з топологією дерева глибини 2 та розгалуження 8, що використовує мережний контролер на основі NOX:

```
mn --switchovsk --controllernox --topotree, depth=2,\\ fanout=8 --testpingAll
```

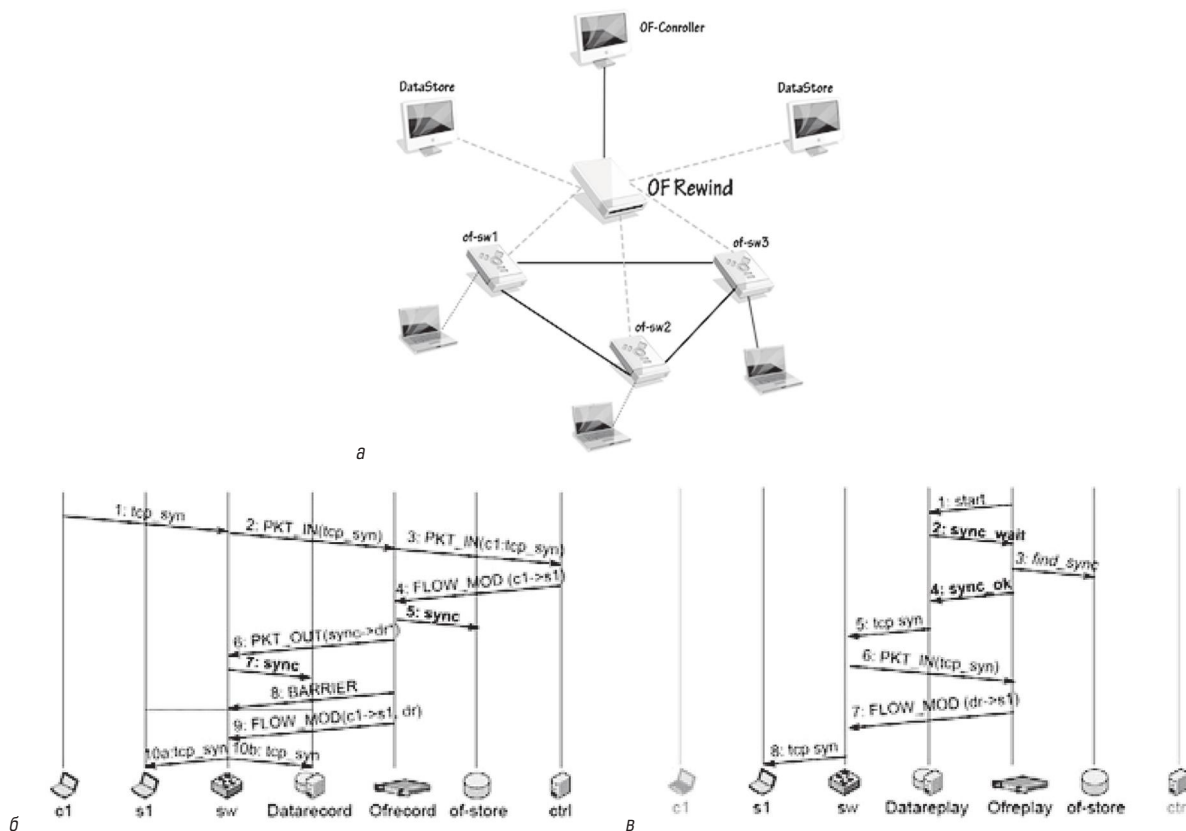


Рис. 2. Системні компоненти OFRewind: а — взаємозв'язок компонентів системи; б — Ofrecord; в — Ofreplay (запит TCP SYN відправляється від хоста c1 до s1 і може бути записаний за допомогою Ofrecord (б) механізму Ofreplay (в); при цьому запит надходить із системи зберігання Datareplay від c1)

Усі номери, хости, комутатори й контролери емулюються, причому команди оболонки дозволяють використовувати основні засоби мережі (наприклад, пінг). Mininet дає змогу розробникам виконувати й тестувати нові програми контролера в різних мережних топологіях. Обмеження цього підходу виникає через те, що продуктивність віртуалізації машини зазнає впливу високих навантажень, швидкості передавання пакетів, складності $O(n)$ порівняно з $O(1)$ для таблиці пошуку в апаратному перемикачі на основі асоціативної пам'яті (TCAM). Завдяки своїй зручності Mininet є найбільш поширеним емулятором для SDN і OpenFlow.

Мережа відлагодження необхідна й для того, щоб виявляти помилки, коли збої програмного забезпечення не є очевидними. Відомий метод [6] може бути використаний для тестування програм контролера з метою виявлення порушень коректності, викликаних помилками в програмному забезпеченні контролера. Перевірка моделі використовується для опису топології мережі та дослідження простору станів, який включає в себе контролер, перемикачі та хости. Для того щоб зменшити розмір вхідного простору, обробку подій на контролері виконують автоматично символічним двигуном, який генерує тестові входи і впускає пакети в мережу. Метод-прототип був оцінений на трьох реальних OpenFlow додатках, написаних у Python для контролера NOX. Типовим прикладом є помилка в застосуванні комутатора MAC-навчання, який має надсилати пакети конкретного пристрою, навіть якщо цей пристрій змінює розташування в мережі. Якщо жорсткий тайм-аут нотифікації пропущений, то всі пакети передусім доставляються на колишнє місце, а відповідні записи потоку не оновлюються з новими параметрами визначення місцезнаходження. Інструмент дозволяє виявити такі конструкції помилок реалізації, що є загальнодоступними.

Безпека

Архітектура SDN дозволяє реалізувати нові концепції безпеки, які неможливо було впровадити раніше. Наприклад, кожний мережний пристрій може бути налаштований так, щоб блокувати пакети аналогічним чином до мережі Брандмауер, хоча для виявлення вторгнень традиційно потрібні дорогі апаратні вирішення. У [7] показано, як алгоритми виявлення аномалій можуть бути адаптовані до мереж OpenFlow на основі реалізації в мережному контролері. Проте архітектура SDN забезпечує новий простір для діяльності зловмисників і вимагає адекватних механізмів захисту. Наприклад, FortNOX [8] забезпечує механізм безпеки, який захищає потік від супротивників.

У [9] розглядається виявлення аномалій OpenFlow і стверджується, що потік повинен бути переміщений від ядра до домашньої мережі (близько до користувача), щоб отримати якнайкращі результати виявлення. Автори адаптували чотири відомі алгоритми для використання з OpenFlow, у тому числі для виявлення сканувальних інфекцій на хостах, що лімітують швидкість за умов інфікування, та аномалій з використанням максимальної ентропії і детектора аномального значення. Оскільки навантаження з обробки поширюється на домашніх користувачів, такий підхід послаблює вимоги до обробки, що стосуються постачальника послуг інтернету (ISP) і знижує витрати. При цьому розгортання алгоритмів виявлення на мережному контролері не впливає на продуктивність пересилання пакетів на площині даних.

FRESCO [10] структура дозволяє розгортати служби безпеки для розімкненого Flow. Вона включає в себе мову сценаріїв, що сприяє розвитку служб безпеки на базі API та бібліотек, що складаються з 16 багаторазових модулів. Саму структуру FRESCO реалізовано як додаток, побудований на контролері NOX.

Захист від атак IP-сканування описується в OpenFlow у випадковому вузлі комутації [2]. Ідеться про реалізацію ідеї, що статичні IP-адреси є легкою мішенню для зловмисників, але таких загроз можна уникнути за допомогою проактивних методів, які часом змінюють IP-адреси господарів — рухома мішень оборони (MTD). У разі розімкненого потоку реальна IP-адреса зберігається господарем, але замінюється віртуальною IP-адресою, яка часто зазнає перепризначення до мережних пристроїв за допомогою мережного контролера. Для цього потрібен механізм трансляції адрес, а також гарантії обмежень, таких як мутації непередбачуваності. Підхід оцінювали з використанням Mininet проти зовнішнього мережного сканера (NMAP15) та атаки хробака.

FortNOX [4] — нове виконання ядра політики безпеки, що підвищує захист потоку під час процедури налаштування в OpenFlow. Це може бути використано суперником для того, щоб взяти під своє керування мережу. FortNOX вимагає цифрового підпису для авторизації. Залежно від застосування, він визначає рівень пріоритету потоку з правилом у потік таблиці. Окрім того, FortNOX виявляє, коли потік може обійти політику безпеки. Це можливо не тільки в разі перекриття діапазонів IP, а й тоді, коли правило встановлює новий заголовок пакета і пакет може досягти пункту призначення. В іншому випадку відбувається блокування.

ВИСНОВКИ

◆ Розглянуто питання вимірювання та моніторингу Software-Defined-Networking. Моніторинг мережі інформує оператора про її поточний стан, а також є основою для алгоритмів виявлення несправностей. Це вимагає наявності відповідних датчиків у мережі.

◆ Здійснено аналіз сучасних програмних засобів, здатних забезпечити безпеку та контроль трафіку в програмно-конфігурованих мережах.

◆ Показано, що для налагодження програмного забезпечення необхідно здійснювати контроль за пакетами в мережі, хоча формально перевірка може бути використана для визначення правильності потоку. Це необхідно для того, аби генерувати докладні мережні знімки, а також інспектувати параметри функціонування за певних умов у мережі.

◆ Потенціал OpenFlow, реалізований на нових схемах безпеки, ще потребує вивчення.

◆ Аналіз пакетів у повідомленні Packet на контролері мережі показує, що вони можуть бути використані для ідентифікації та визначення проникнення зв'язку, перш ніж потік буде налаштовано.

◆ Для забезпечення безпеки мережі було досліджено нові вектори атак, але централізований контролер мережі та канал управління залишаються частково незахищеними.

Список використаної літератури

1. **Metaswitch Networks.** *PCE — an evolutionary approach to SDN* [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://www.metaswitch.com/sites/default/files/metaswitch-white-paper-pce-an-evolutionary-approach-to-sdn.pdf> (2012.)
2. **Смелянский, Р. Л.** Программно-конфигурируемые сети / Р. Л. Смелянский // *Открытые системы. СУБД 9.*— 2012.— С. 23–26.

3. **Захаров, А. А.** Аспекты информационной безопасности архитектуры SDN [Електронний ресурс] / А. А. Захаров, Е. Ф. Попов, М. М. Фучко.— Режим доступу:

http://vestnik.sibsubtis.ru/uploads/1459328716_7845.pdf

4. **Розробка** методу балансування навантаження в SDN мережах на основі модифікованого протоколу STP [Електронний ресурс] / [М. М. Климаш, М. І. Бешлей, Ю. Л. Дециньський, О. М. Панченко] // Комп'ютерні технології друкарства.— 2015.— С. 146–155.— Режим доступу:

http://ctp.uad.lviv.ua/images/ktd/34_klymach.pdf

5. **Шалимов, А. В.** Технологии SDN/OpenFlow [Електронний ресурс] / А. В. Шалимов.— Режим доступу:

http://lvk.cs.msu.su/~sveta/SDN_OpenFlow_basics_lecture1.pdf

6. **Fabric: a retrospective on evolving SDN** / [M. Casado, T. Koponen, S. Shenker, and A. Tootoonchian] // Proceedings of the First Workshop on Hot Topics in Software Defined Networks (HotSDN'12).— New York, NY, USA: ACM.— 2012.— P. 85–90.

7. **Hoelzle, U.** OpenFlow @ Google [Електронний ресурс] / U. Hoelzle.— Режим доступу:

<http://opennetsummit.org/archives/apr12/hoelzle-tue-openflow.pdf> (2012.)

8. **HP Networking.** Software defined networks (SDN) [Електронний ресурс].— Режим доступу:

<http://h17007.www1.hp.com/us/en/mobile/solutions/tech/sdn.html>

9. **Juniper Networks** OpenFlow Switch Application (OF-APP) for Juniper MXSeries Routers [Електронний ресурс].— Режим доступу:

https://developer.juniper.net/shared/jdn/docs/ProgrammableNetworks/OpenFlow_APP_JDN_Overview.pdf

10. **NOX: towards an operating system for networks** [Електронний ресурс] / [N. Gude, T. Koponen, J. Pettit, B. Pfaff, M. Casado, N. McKeown and S. Shenker].— Режим доступу:

<http://www.cs.yale.edu/homes/jf/nox.pdf>

Рецензент: доктор техн. наук **В. Ф. Заїка**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

А. А. Макаренко, А. А. Гринкевич, Н. В. Коршун, В. М. Куклов, А. І. Пидручний, А. В. Ткач
**АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАКЕТОВ ДАННЫХ
 В ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЯХ**

Представлена концепция Software-Defined-Networking. Приведены сведения из истории программируемых сетей и дан обзор связанных с ними новых стандартов, один из которых — протокол OpenFlow, сыграл важную роль в продвижении концепции SDN и значительно повлиял на научные исследования в теоретическом и практическом аспектах.

Ключевые слова: информационные сети; программно-конфигурируемые сети; информационная безопасность; SDN; Linux; Ethernet; OpenFlow.

A. O. Makarenko, G. A. Grynkevych, N. V. Korshun, V. M. Kuklov, A. I. Pidruchnyi, G. V. Tkach

ANALYSIS SOFTWARE NEEDED TO ENSURE CONTROL OVER DATA PACKETS IN THE SOFTWARE-CONFIGURED NETWORKS

This paper presents the problems in reference to Software-Defined-Networking monitoring.

Keywords: information network; software-configured network; information security; SDN; Linux; Ethernet; OpenFlow.

Шановні колеги!

*Передплата на загальногалузевий науково-виробничий журнал
завжди триває!*

Ії ви можете 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



Підтримуйте фахове галузеве видання — завжди надійне джерело достовірної інформації!

УДК 681.7.068.4

О. М. ВЛАСОВ, доктор техн. наук, професор,
Державний університет телекомунікацій, Київ**СТВОРЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ СОЛІТОННИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ**

Розглянуто особливості створення солітонних ліній зв'язку та досліджено вплив на їхні параметри таких явищ, як втрати у світловоді, присутність частотної модуляції в початковому імпульсі та взаємодія сусідніх імпульсів. Висвітлено деякі питання конструювання реальних солітонних ліній зв'язку.

Ключові слова: солітонні лінії зв'язку; світловід; частотна модуляція; дисперсійні ефекти; рівняння Шредінгера; дисперсія групової швидкості; показник заломлення.

Вступ

Робота високошвидкісних ліній зв'язку завжди зазнає обмежень під впливом дисперсії групових швидкостей, через яку імпульс розширюється, втрачаючи енергію в бітовому проміжку. З огляду на те, що солітони завдяки балансу між нелінійними та дисперсійними ефектами здатні зберігати свою форму, їх використання могло б поліпшити роботу оптичних систем зв'язку. Хоча застосовувати солітони для оптичного зв'язку було запропоновано ще 1973 року [1], тільки після експериментального спостереження оптичних солітонів, здійсненого в 1980-му [2], ця ідея привернула широку увагу. Утім перш ніж створювати солітонні лінії зв'язку, необхідно розглянути ефекти, здатні накласти обмеження на конструкцію таких систем. До найважливіших із них належать *втрати у світловоді; наявність частотної модуляції в початковому імпульсі; взаємодія сусідніх імпульсів*. Розглянемо кожний із цих ефектів докладно.

Втрати у світловоді

Оскільки солітон існує завдяки балансу нелінійних і дисперсійних ефектів, то для збереження солітонних властивостей імпульсу необхідно підтримувати його пікову потужність. Вочевидь, втрати у світловоді шкідливі, бо через них пікова потужність експоненціально спадає по довжині світловоду. У результаті тривалість фундаментального (в якого порядок $N = 1$) солітону при поширенні зростає. Для аналізу солітонного режиму поширення використовують нелінійне рівняння Шредінгера [3]:

$$i \frac{\partial A}{\partial z} = \frac{1}{2} \beta_2 \frac{\partial^2 A}{\partial T^2} - \gamma |A|^2 \cdot A, \quad (1)$$

де $A(z, t)$ — амплітуда обвідної хвильового пакета; β_2 — параметр, що характеризує дисперсію групової швидкості; γ — нелінійний коефіцієнт, пов'язаний із нелінійним показником заломлення n_2 і ефективною площиною моди A_{ef} , $\gamma = n_2 \omega_0 / c A_{ef}$.

Рівняння (1) не враховує втрат у світловоді. Математично втрати у світловоді можна врахувати, включивши додатковий член, який описуватиме загасання в рівнянні (1) у такий спосіб, аби воно набрало форми рівняння поширення оптичних імпульсів. Окрім того, використавши безрозмірну

амплітуду $u(\xi, \tau)$ [4], запишемо рівняння (1) у вигляді

$$i \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial^2 u}{2 \partial \tau^2} + |u|^2 u = -i \Gamma u, \quad (2)$$

де $\xi = Z/L_D$ і $\tau = T/T_0$ нормовані значення відповідно довжини і часу; L_D — дисперсійна довжина, $L_D = T_0^2 / |\beta_2|$; T_0 — тривалість початкового імпульсу.

Параметр Γ можна визначити як

$$\Gamma = \frac{\alpha}{2} L_D = \frac{\alpha}{2} \frac{T_0^2}{|\beta_2|}, \quad (3)$$

де α — оптичні втрати у світловоді.

Рівняння (2) можна розв'язати, скориставшись методом *оберненої задачі розсіювання* (ОЗР), якщо розглядати Γ як мале збурення [5]. Для початкового імпульсу, поданого у вигляді $u(0, \tau) = \text{sech}(\tau)$, наближений у першому порядку за Γ розв'язок має вигляд [6]

$$u(\xi, \tau) = u_1 \text{sech}(u_1 \tau) \exp(i\sigma), \quad (4)$$

де

$$u_1 = \exp(-2\Gamma\xi), \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{1}{8\Gamma} [1 - \exp(-4\Gamma\xi)]. \quad (6)$$

Як і слід було очікувати, збурений розв'язок (4) зводиться до незбуреного [4] при $\Gamma = 0$. Якщо записати $u_1 \tau$ як T/T_1 і взяти до уваги умову $\tau = T/T_0$, то можна дістати вираз для залежності тривалості імпульсу T_1 від довжини світловоду:

$$T_1 = T_0 \exp(2\Gamma\xi) = T_0 \exp(\alpha z). \quad (7)$$

Але слід наголосити, що експоненціальне збільшення тривалості фундаментального солітону за z не має місця для всіх як завгодно великих відстаней. Це можна побачити, дослідивши відоме рівняння [7], згідно з яким лінійне збільшення тривалості солітону за змінною z відбуватиметься в тому разі, коли нелінійними ефектами можна знехтувати. Чисельне розв'язання рівняння (2) показує, що збурений розв'язок (4) досить точний тільки для тих значень z , для яких виконується умова $\alpha z \ll 1$.

Графіки, що характеризують залежність коефіцієнта розширення T/T_0 від ξ в тому разі, коли маємо фундаментальний солітон, збуджений у світловоді з втратами $\Gamma = 0,035$, наведено на рис. 1.

© О. М. Власов, 2017

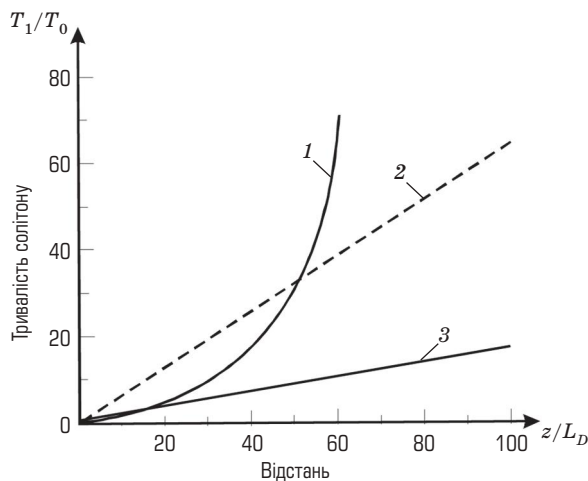


Рис. 1. Залежність тривалості фундаментального солітону від відстані: 1 — згідно з теорією збурень; 2 — за відсутності нелінійності; 3 — результат розрахунків чисельним методом

Результат за теорією збурень справджується аж до $\Gamma\xi \approx 0,7$. В асимптотиці ($\xi \gg 1$) тривалість імпульсу збільшується (у відповідній пропорції) повільніше, ніж це відбувається за лінійним законом.

Схоже поведіння спостерігається й у солітонів вищих порядків. Але їхня тривалість зазнає кількох коливань, перш ніж починає монотонно зростати. Цей факт можна пояснити, пригадавши періодичність еволюції солітонів вищих порядків.

Частотна модуляція

У разі ідеальної солітонної лінії зв'язку початковий імпульс у світловоді не зазнає частотної модуляції і має форму гіперболічного секанса. При цьому його пікова потужність має бути така, щоб порядок N солітону (кількість його полюсів) задовольняв умову $N = 1$. На практиці імпульси відмінні від описаних в ідеальному випадку, необхідному для формування фундаментального солітону. Вочевидь, потрібно визначити припустимий рівень такої відмінності.

Зауважимо, що питання стосовно відмінності від точної форми та точного значення енергії розглянуто в [4], де показано, що ці ефекти мають мінімальний вплив на формування солітону доти, доки N задовольняє такі нерівності: $0,5 \leq N \leq 1,5$.

Частотна модуляція початкового імпульсу може бути шкідлива хоча б тому, що в поєднанні з частотною модуляцією, зумовленою явищем *фазової самомодуляції* (ФСМ), вона може порушити точний баланс між дисперсійними та нелінійними ефектами, необхідний для існування солітонів.

Можна досліджувати, як діє початкова частотна модуляція, чисельно розв'язуючи нелінійне рівняння Шредінгера при початковій амплітуді

$$u(0, \tau) = N \operatorname{sech}(\tau) \exp(-iC\tau^2/2). \quad (8)$$

де C — параметр частотної модуляції.

Квадратична зміна фази відповідає лінійній частотній модуляції, такої що оптична частота з часом зростає (додатна частотна модуляція) для додатних значень C . Розрахункову динаміку фундаментального солітону ($N = 1$) у разі невеликої частотної модуляції ($C = 0,5$) ілюструє рис. 2. Спочатку імпульс стискується (головним чином, через додатну частотну модуляцію), причому таке стиснення відбувається навіть за відсутності нелінійних ефектів. Далі імпульс розширюється, але зрештою він знову стискується. Як бачимо, за головним піком утворюється інший, менш інтенсивний, поступово віддаляючись від головного.

Головний пік перетвориться в солітон на відстані $\xi > 15$. Схоже поведіння має місце й для від'ємних значень C . Передбачається, що солітони формуються при малих значеннях $|C|$, оскільки вони, як правило, стійкі до слабких збурень. Проте солітон може зруйнуватися, якщо $|C|$ перевищить деяке критичне значення $C_{кр}$. Наприклад, при $N = 1$ солітон, зображений на рис. 2, не утвориться, якщо збільшити C від 0,5 до 2.

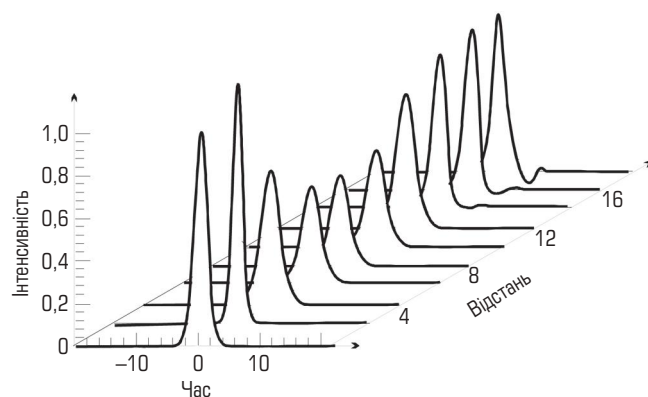


Рис. 2. Формування солітону за наявності початкової лінійної частотної модуляції

Критичне значення параметра C частотної модуляції можна знайти, скориставшись методом ОЗР. У методі ОЗР пряма задача розсіювання, пов'язана з рівнянням Шредінгера, зводиться до розв'язання системи із двох рівнянь і відшукування власного значення ζ , що так само як і N , характеризує порядок солітону. Солітони існують доти, доки уявна частина ζ додатна. Критичне значення $C_{кр}$ залежить від N , причому з'ясувалося, що при $N = 1$ значення $C_{кр} \approx 1,64$. Воно також залежить від виду фазового коефіцієнта в умові (8).

Що ж до систем зв'язку, то тут початкову частотну модуляцію необхідно зменшити настільки, наскільки це можливо. Річ у тім, що хоча частотна модуляція й не завдає шкоди при $|C| < C_{кр}$, усе ж частина енергії втрачається в дисперсійному «хвості» під час формування солітону. Наприклад, тільки 83% початкової енергії перетворюється в солітон при $C = 0,5$ (див. рис. 2), і ця частка зменшується до 62% при $C = 0,8$.

Взаємодія солітонів

Інтервал часу T_B між сусідніми інформаційними бітами або імпульсами визначає швидкість B передавання інформації в системі зв'язку ($B = 1/T_B$). Тому необхідно визначити, наскільки близько два солітони можуть перебувати один біля одного, щоб між ними не сталася взаємодія. Та сама нелінійність, яка необхідна для існування солітону, призводить до взаємодії між сусідніми солітонами. Амплітуда пари солітонів на вході у світловод може бути записана в безрозмірному вигляді:

$$u(0, \tau) = \operatorname{sech}(\tau - q_0) + r \operatorname{sech}[r(\tau + q_0)] e^{i\theta}, \quad (9)$$

де r — відносна амплітуда; θ — відносна фаза; q_0 — початкова відстань між солітонами, пов'язана зі швидкістю передавання інформації співвідношенням

$$B = \frac{1}{2q_0 T_0}. \quad (10)$$

Можна досліджувати взаємодію солітонів, чисельно розв'язуючи нелінійне рівняння Шредінгера стандартної форми

$$i \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial \tau^2} + |u|^2 u = 0 \quad (11)$$

при початкових умовах, заданих (9).

Проте для розкриття фізичного змісту є сенс скористатися методом ОЗР, згідно з яким пряму задачу розсіювання, пов'язану з рівнянням (11), можна звести до системи [3]

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1}{\partial \tau} + i \zeta v_1 = u v_2, \\ \frac{\partial v_2}{\partial \tau} - i \zeta v_2 = -u^* v_1, \end{cases} \quad (12)$$

де v_1 і v_2 — амплітуди хвиль, розсіяних на потенціалі $u(\xi, \tau)$; ζ — власне значення.

Рівняння (12) використовують для того, щоб за даної початкової умови $u(0, \tau)$ у вигляді (9) дістати початкові дані розсіювання. Пряма задача розсіювання характеризується коефіцієнтом відбиття $r(\zeta)$, який відіграє роль, аналогічну ролі коефіцієнта Фур'є у фур'є-аналізі. Він також означає існування зв'язаних станів, які відповідають полюсам $r(\zeta)$ на комплексній ζ -площині. Таким чином, початкові дані розсіювання складаються з коефіцієнта відбиття $r(\zeta)$, комплексних полюсів ζ_j та їхніх різниць c_j , де $j = 1, \dots, N$, якщо існує N таких полюсів. Параметр N не обов'язково є ціле число, але таке позначення використовується для кількості полюсів, аби підкреслити, що цілі значення визначають їх кількість.

Динаміку даних розсіювання по довжині світловоду дістанемо з (12), використовуючи добре відомі методи. Такі дослідження показують, що взаємодія залежить не тільки від відстані q_0 між солітонами, а й від відносної фази θ і відносної амплітуди r .

Для частинного випадку $\theta = 0$, $r = 1$, $q_0 \gg 1$ відстань q між солітонами на трасі поширення ξ визначається так:

$$\exp[2(q - q_0)] = \frac{1}{2} [1 + \cos(4\xi e^{-q_0})]. \quad (13)$$

Із цього співвідношення випливає, що значення $q(\xi)$ періодично змінюються по довжині світловоду з періодом

$$\xi_p = \frac{\pi}{2} \exp(q_0). \quad (14)$$

Теорія збурень приводить до такого самого результату. Більш точний вираз справджується для довільних значень q_0 :

$$\xi_p = \frac{\pi \sinh(2q_0) \cosh(q_0)}{2q_0 + \sinh(2q_0)}. \quad (15)$$

Співвідношення (14) достатньо точно при $q_0 \geq 3$, що також вдалося встановити чисельно. Розрахункову динаміку взаємодії, що демонструє періодичний колапс пари солітонів при $q_0 = 3, 5$, $\theta = 0$ і $r = 1$, унаочнює рис. 3.

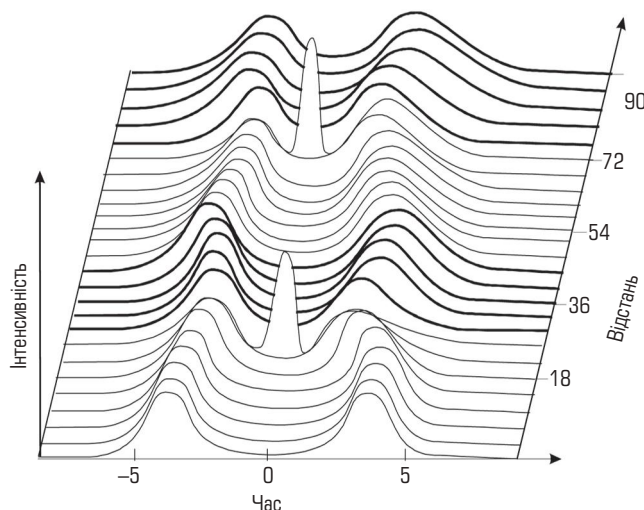


Рис. 3. Періодичний колапс пари солітонів

Періодичний колапс сусідніх солітонів небажаний із погляду системи зв'язку. Можна розв'язати цю проблему, збільшивши відстань між солітонами так, що $z_p \gg L_T$ (L_T — відстань, на яку передається інформація; z_p — відстань, на якій відбувається колапс, $z_p = z_0 \exp(q_0)$; z_0 — період солітону), а далі, скориставшись визначеннями $\xi = z/L_D$ і $L_D = T_0^2/|\beta_2|$, можна записати:

$$z_0 = \frac{\pi}{2} L_D = \frac{\pi}{2} \frac{T_0^2}{|\beta_2|}. \quad (16)$$

Оскільки $z_p/z_0 \approx 22000$ при $q_0 = 10$, то така відстань більш ніж достатня для майже всіх систем зв'язку. Швидкість передавання інформації в цьому разі обмежена рівнянням (10), але може досягати 45 Гбіт/с, якщо використовувати для передавання інформації 2-пікосекундні солітони.

Висновки

◆ Розглянуто поширення солітонів з урахуванням втрат у світловоді завдяки включенню в нелінійне рівняння Шредінгера додаткового члена, який буде описувати загасання. Зрештою зазначене рівняння набирає форми рівняння поширення оптичних імпульсів.

Числові розрахунки зазначеного рівняння показують, що розв'язок за теорією збурень достатньо точний тільки для тих значень z , для яких виконується умова $\alpha z \ll 1$. В асимптотиці ($\xi \gg 1$) тривалість імпульсу збільшується пропорційно повільніше, ніж у лінійному середовищі. У солітонів вищих порядків з їхньою тривалістю відбувається кілька коливань, перш ніж вона починає монотонно зростати. Цим самим підтверджується періодичність еволюції солітонів вищих порядків.

◆ Як було встановлено, частотна модуляція початкового імпульсу може виявитися шкідливою хоча б тому що, накладаючись на частотну модуляцію ФСМ, вона може порушити точний баланс між дисперсійними та нелінійними ефектами, необхідний для існування солітонів. Що ж до систем зв'язку, то тут початкову частотну модуляцію необхідно зменшити настільки, наскільки це можливо. Річ у тім, що хоча частотна модуляція й не завдає шкоди при $|C| < C_{кр}$, усе ж частина енергії втрачається в дисперсійному «хвості» під час формування солітону.

◆ Дослідження показали, що інтервал часу між сусідніми імпульсами залежить не тільки від відстані між ними, а й від відносної фази та відносної амплітуди. За певного вибору цих параметрів може статися періодичний колапс пари солітонів, небажаний із погляду системи зв'язку. Можна розв'язати цю проблему за рахунок не тільки

збільшення відстані між солітонами (що призводить до зниження швидкості передавання інформації), а й зменшення її. Для цього слід забезпечити, аби відносна фаза не дорівнювала нулю. Тоді фактично сила притягання стає силою відштовхування, і вже солітони віддаляються один від одного навіть при відносно малому значенні θ .

Список використаної літератури

1. Hasegawa, A. Transmission of stationary nonlinear optical pulses in dispersive dielectric fibers I: anomalous dispersion / A. Hasegawa, F. Tappert // *Appl. Phys. Lett.*— 1973.— Т. 23, № 3.— Р. 142–144.
2. Mollenauer, L. F. Experimental observation of picosecond pulse narrowing and solitons in optical fibers / L. F. Mollenauer, R. H. Stolen, J. P. Gordon // *Phys. Rev. Lett.*—1980.— Т. 45, № 13.— Р. 1095–1098.
3. Захаров, В. Е. Метод обратной задачи для солитонов / В. Е. Захаров, А. Б. Шабат // *ЖЭТФ.*— 1971.— С. 118–132.
4. Власов, О. М. Поширення солітонів вищих порядків по волоконних світловодах / О. М. Власов // *Зв'язок.*— 2006.— №6.— С. 45–48.
5. Satsuma, J. Initial value problems of one-dimension self-modulation of nonlinear wave in dispersive media / J. Satsuma, N. Yajima // *Progr. Theor. Phys.*— 1974.— № 55.— Р. 284–306.
6. Hasegawa, A. Amplification and reshaping of optical solitons in a glass fiber / A. Hasegawa, Y. Kodama // *Opt. Lett.*— 1982.— Т. 7, № 6.— Р. 285–287.
7. Власов, О. М. Дослідження дисперсійних ефектів вищого порядку, що супроводжують поширення ультракоротких оптичних імпульсів / О. М. Власов // *Зв'язок.*— 2005.— № 3.— С. 39–44.

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

О. М. Власов

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СОЛИТОННЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Рассмотрены особенности создания солитонных линий связи и исследовано влияние на их параметры таких явлений, как потери в световоде, присутствие частотной модуляции в первичном импульсе, а также взаимодействие соседних импульсов. Освещены некоторые вопросы конструирования реальных солитонных линий связи.

Ключевые слова: солитонные линии связи; световод; частотная модуляция; дисперсионные эффекты; уравнение Шредингера; дисперсия групповой скорости; показатель преломления.

O. M. Vlasov

HIGH-SPEED SOLITARY WAVE TELECOMMUNICATION LINES DEVELOPMENT

The paper presents peculiarities of soliton telecommunication lines creating and describes influence to their parameters such factors as optical waveguide losses, frequency modulation in first impulse and neighbouring impulses integration. Certain problems with practicable soliton lines constructing are elucidated.

Keywords: soliton telecommunication lines; optical waveguide; frequency modulation; dispersion effects; Shredinger equation; group speed dispersion; refraction index.

УДК 621.398

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

О. В. НЕВДАЧИНА, канд. техн. наук;

О. М. ТКАЛЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

В. Р. КОСЕНКО, канд. техн. наук;

А. П. ПОЛОНЕВИЧ, канд. техн. наук,

Державний університет телекомунікацій, Київ

Аналіз зони радіопокриття при плануванні мережі UMTS

Описано принципові моменти процесу планування мережі мобільного зв'язку на базі технології UMTS. Висвітлено головні аспекти загального алгоритму розрахунку зони радіопокриття при плануванні мережі UMTS відповідно до особливостей радіоінтерфейсу з кодовим поділом каналів.

Ключові слова: процес планування; UMTS; радіодоступ; оптимізація; алгоритм планування.

Вступ

Планування радіомережі UMTS — складний процес, що вимагає розробки належної методологічної бази, яка дозволила б узяти до уваги низку істотних чинників і дати попередню оцінку очікуваних показників мереж UMTS при їх спорудженні. Складність зазначеного процесу зумовлюється тим, що доводиться враховувати багато характеристик, які не розглядалися в мережах GSM. Ідеться, зокрема, про змішаний тип трафіку з різною швидкістю передавання даних; несиметричне завантаження прямого і зворотного каналів; різні вимоги стосовно якості для різних послуг.

При плануванні та оптимізації мереж мобільного зв'язку постає важливе завдання з оцінювання радіопокриття, що, у свою чергу, становить значні труднощі як практичного, так і теоретичного плану.

Основна частина

Концептуальні засади розвитку системи зв'язку визначаються передусім вимогами ринку, попитом на послуги високошвидкісного передавання даних і обсягом пропонованого трафіку. Основна мета такого розвитку — удосконалення радіоінтерфейсів системи, спрямоване передусім на суттєве підвищення ефективності систем 3-го і наступних поколінь, а також ефективності використання обмеженого частотного ресурсу, продуктивності систем і якості надаваних послуг.

Варто наголосити, що за наявності достатнього радіочастотного ресурсу в мережі UMTS можуть застосовуватися різні схеми повторного використання радіочастот, що дозволяють обмежити втручання сусідніх осередків на краю зони обслуговування. Три такі схеми (*Frequency-Reuse Schemes*) [1] подано на рис. 1, де цифрами 1, 2 і 3 позначено використовувані частоти.

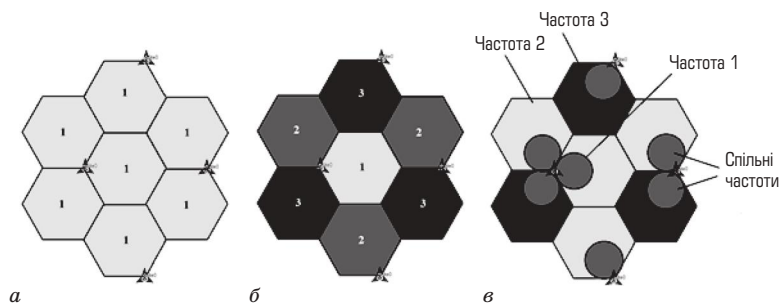


Рис. 1. Схеми повторного (частково повторного) використання в UMTS однієї і тієї самої частоти (а) і трьох різних частот (б, в)

Із наведених схем оптимальною є схема частково повторного використання радіочастот FFR (*Fractional Frequency Reuse*), зображена на рис. 1, в. Такий підхід дозволяє більш гнучко використовувати частоти, знаходячи компроміс між їх повторенням у близькій зоні і на краю осередку. Завдяки цій схемі на межі зон обслуговування знижується вплив сусідніх осередків за рахунок використання в них різних частот. Водночас у близькій зоні зростає продуктивність мережі за рахунок використання спільних частот. Розподіл трафіку в осередках при FFR забезпечує планувальник Node B. Докладніше цей метод планування описано в [2].

На початковому етапі планування необхідно сформулювати вхідні вимоги до радіомережі, визначити основні завдання щодо її створення, а також конкретні мережні параметри. Зміст вхідних вимог, основних завдань і показників мережі [3] розкриває рис 2.

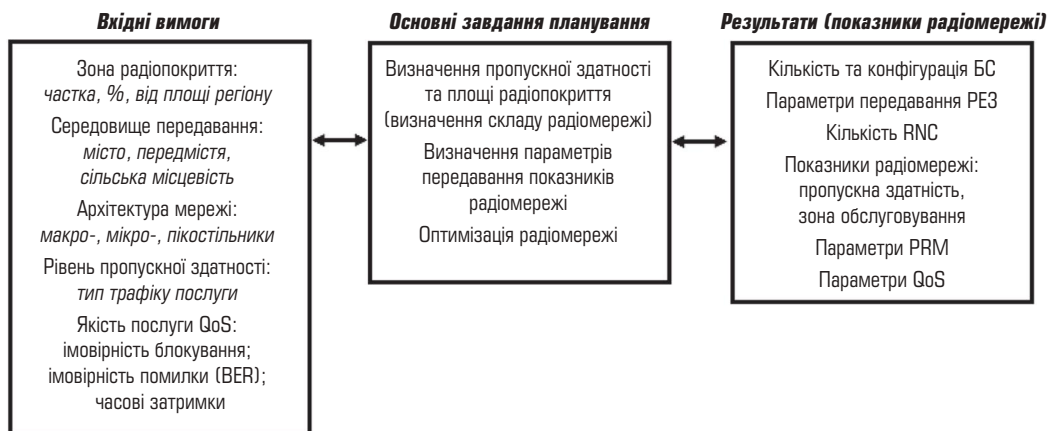


Рис. 2. Зміст етапу планування радіомережі UMTS

При проектуванні мережі мобільного зв'язку мають бути виконані такі основні операції: оцінювання вартості проектованої мережі; оцінювання ємності мережі; оцінювання радіопокриття і розташування елементів мережі; оцінювання максимально припустимої щільності (ступеня) послуг; оцінювання кількості викликів; оцінювання майбутнього розвитку мережі тощо.

Загальну структуру алгоритму планування та оптимізації радіомережі UMTS унаочнює рис. 3 [5].

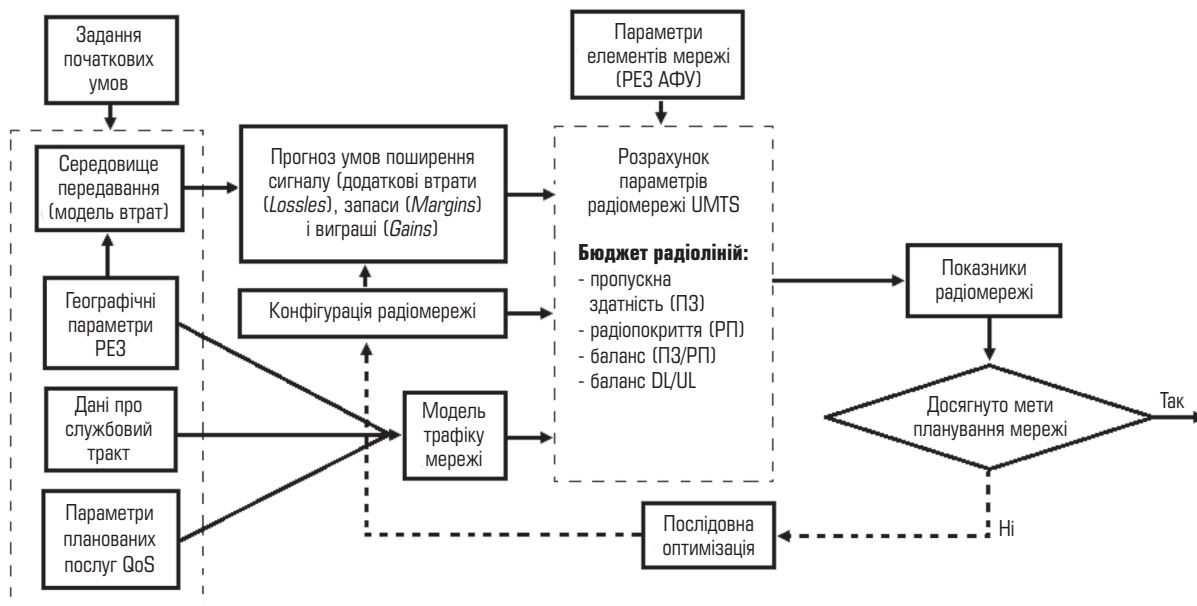


Рис. 3. Загальний алгоритм планування та оптимізації радіомережі UMTS

Розглянувши цей алгоритм, слід звернути увагу на такі його особливості. По-перше, при плануванні радіомережі потрібно застосовувати різні моделі трафіку. Це зумовлено тим, що мережі UMTS можуть надавати цілу низку послуг із різними швидкостями передавання даних і такими вимогами щодо їх якості, як часові мережні затримки, допустимі ймовірності помилок BER і т. ін. Згадані моделі можуть по-різному впливати на показники мережі UMTS. Наприклад, для користувача швидкість передавання даних найбільше впливатиме на розмір зони радіопокриття, що унаочнює рис. 4. Ідеться про явище «дихання стільника»: чим більше абонентів у цей момент використовують ресурс даного стільника, тим менший радіус його дії. При цьому максимальна швидкість «загасає» при віддаленні абонента від БС. Тому на етапі планування мереж 3-го покоління у великих містах БС потрібно розміщувати на відстані не більш як 1 км одна від одної.

По-друге, при оцінюванні планованого обсягу трафіку часто використовують наявну статистику, типову для різних видів населених пунктів. Тобто при плануванні мережі доводиться враховувати пропорцію між площею території та відповідною чисельністю населення як базу для визначення кількості абонентів у передбачуваній зоні обслуговування та планування сайтів.

При плануванні та оптимізації мереж мобільного зв'язку важливо оцінити зону радіопокриття. Вона визначається потужністю сигналу БС і його загасанням при поширенні. Загальна зона покриття формується за рахунок сукупності областей покриття кожного стільника.

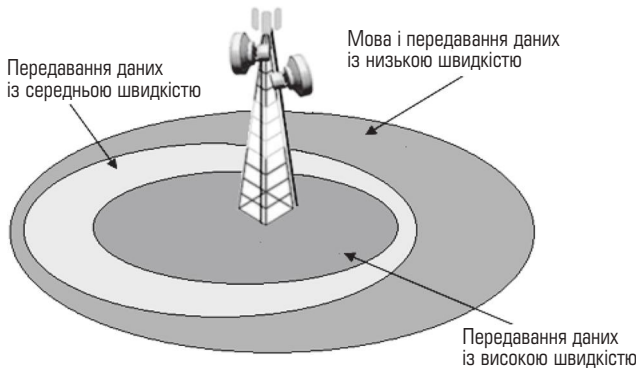


Рис. 4. Швидкість передавання та зона покриття

Загальна зона покриття формується за рахунок сукупності областей покриття кожного стільника. Площа S покриття традиційного трисекторного стільника гексагональної форми обчислюється за такою формулою [1]:

$$S = \frac{9 \cdot \sqrt{3}}{8} \cdot d^2. \quad (1)$$

Для односекторної мережі

$$S = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2. \quad (2)$$

Тут d — радіус стільника, розрахований згідно з бюджетом радіолінії.

Розмір стільника, тобто радіус d для конкретної послуги залежить переважно від необхідної швидкості передавання даних, ступеня завантаженості та необхідного відношення сигнал/шум E_b/N_0 на вході приймача.

Алгоритми розрахунку зон покриття по висхідних (UL) і низхідних (DL) каналах наведено в [5]. Фізичний зміст розрахунку зони покриття по висхідному каналу полягає в тому, що ефективна ізотропно-випромінювана потужність передавача абонентського пристрою має забезпечити на вході приймача БС відповідний рівень корисного сигналу, що дорівнює необхідній чутливості приймача. При цьому враховується, що на сигнал при його поширенні в середовищі впливає ціла низка чинників. Зокрема, на боці БС — втрати в антенно-фідерних пристроях, втрати при проникненні сигналу в будівлі, загасання сигналу, посилення сигналу в приймальній антені та збільшення рівня сигналу за рахунок рознесеного прийому.

На боці абонентського пристрою це такі чинники, як коефіцієнт підсилення передавальної антени та втрати потужності через близькість тіла людини.

Необхідна чутливість приймача залежить від багатьох чинників і може змінюватися за тих чи інших умов. Сам термін «необхідна чутливість» означає мінімальний рівень корисного сигналу на вході приймача, необхідний для конкретної послуги. Він залежить від необхідного рівня відношення сигнал/шум, який має своє значення для кожної послуги, а також від виграшу щодо енергетики та від сумарних шумів у вигляді адитивної суміші внутрішнього шуму приймача та внутрішньосистемних завад від власного і сусіднього стільників.

Особливість алгоритму розрахунку зони покриття по низхідному каналу при передаванні даних полягає в необхідності брати до уваги розподіл повної потужності БС між фізичними каналами передавання даних у форматах R'99 і HSDPA, пілотним каналом CPICH і службовими каналами. Необхідна потужність випромінювання БС для каналів передавання даних може бути оцінена зі співвідношення:

Сумарна швидкість передавання даних (навантаження) по висхідних (лінії «вгору») та низхідних (лінії «вниз») каналах по-різному впливає на зону обслуговування БС, яка характеризується максимально припустимим коефіцієнтом загасання радіосигналів (рис. 5).

При побудові наведених на рис. 5 графіків передбачалося, що сайт складається з трьох секторів, а швидкість передавання даних відповідає одному сектору в смузі 5 МГц [6]. Окрім того, у висхідній лінії швидкість передавання даних досягала 144 кбіт/с, відношення i потужностей завад від інших стільників до завад у даному стільнику дорівнює 0,65. У низхідній лінії коефіцієнт ортогональності радіосигналів становить 0,6, а $E_b/N_0 = 5,5$ дБ, що відповідає сумарній швидкості передавання даних у стільнику 820 кбіт/с. Метод рознесення при передаванні даних не враховувався. Потужність радіосигналів в БС взято 10 Вт, додатково враховувалися втрати в кабелі.

Як бачимо, зона обслуговування низхідної лінії залежить від навантаження більшою мірою, ніж у висхідній лінії. Причина полягає в тому, що потужність передавання БС автоматично регулюється згідно з умовами поширення радіосигналів для підвищення пропускної здатності низхідної лінії. Із досягненням максималь-

$$L(d) \geq \frac{P_{\Sigma(1-DL)}}{P_N} \left[\sum_{j=1}^N \frac{1}{\frac{G_{pj}}{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{j+v_j}} + (1-a_j)} \right]^{-1}. \quad (3)$$

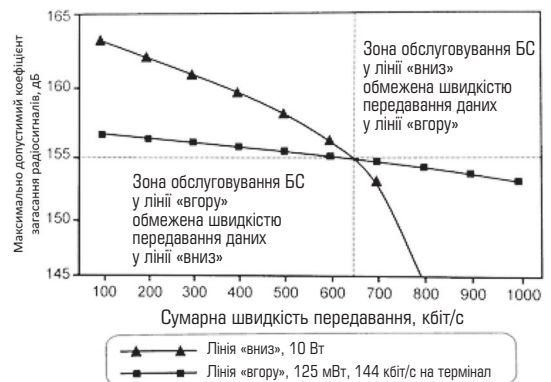


Рис. 5. Залежність зони обслуговування БС у висхідних і низхідних лініях від сумарної швидкості передавання даних у макростільнику

ної вихідної потужності передавання пропускна здатність може надалі зростати тільки або за рахунок погіршення якості зв'язку (зменшення відношення сигнал/шум на вході приймача абонентського терміналу), або за рахунок зменшення зони обслуговування. Отже, максимальна потужність передавання в низхідній лінії обмежена. У висхідній лінії кожний додатковий абонент має свій підсилювач потужності. Тому сумарна потужність радіосигналів, що їх приймає БС на висхідній лінії, залежить від кількості абонентів. Через це навіть за невеликого навантаження висхідної лінії зона обслуговування зменшується зі зростанням кількості абонентів.

Слід зазначити, що при плануванні та оптимізації мереж мобільного зв'язку UMTS у розрахунках навантаження висхідних і низхідних ліній доводиться брати до уваги асиметричність трафіку в різних напрямках.

Залежність зони обслуговування БС від швидкості передавання даних при різній потужності передавання БС ілюструє рис. 6.

Підвищення потужності передавання у висхідній лінії на 10 Вт дозволяє допустити на 3,0 дБ більші загасання в процесі поширення радіосигналів. При цьому бачимо, що зростання швидкості передавання даних менш істотне, ніж збільшення зони обслуговування. Так, загасання 153 дБ у низхідній лінії є максимальним у висхідній лінії, а в разі збільшення загасання на 3 дБ швидкість передавання даних у низхідній лінії підвищується на 10 %.

Висновки

◆ При плануванні мереж мобільного зв'язку важливим етапом є оцінювання радіопокриття, що, у свою чергу, є складним процесом. Описані в цій статті алгоритми дають уявлення про головні принципи розрахунку зони радіопокриття при плануванні мережі UMTS.

◆ Проаналізовано залежність зони обслуговування БС у висхідних і низхідних лініях від сумарної швидкості передавання даних у макростільнику та досліджено, як збільшення потужності передавання БС впливає на швидкість передавання даних і зону обслуговування низхідної лінії.

Список використаної літератури

1. Recommendation ITU-R P.1546-4. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz. P Series: Radiowave propagation, 2009.
2. 3GPP TS 36.141 v9/9/0 (2011-09). Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) conformance testing.— Technical Specification (Release 9), 2011.
3. Recommendation ITU-R P.1407-4. Multipath propagation and parametrization of its characteristic. P Series: Radiowave propagation, 2009.
4. Wiley, J. HCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications / John Wiley.— Edited by Harri Holma and Antti Toskala (Third Edition). John Wiley & Sons Ltd., 2005.
5. Скрынников, В. Г. Радиоподсистемы UMTS/LTE. Теория и практика / В. Г. Скрынников.— М.: Изд-во «Спорт и Культура-2000», 2012.— 864 с.
6. Тихвинский, В. О. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев.— М.: Эко-Трендз, 2007.— 512 с.

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

К. П. Сторчак, О. В. Невдачина, О. М. Ткаленко, В. Р. Косенко, А. П. Полоневич

АНАЛИЗ ЗОНЫ РАДИОПОКРЫТИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СЕТИ UMTS

Описаны принципиальные моменты процесса планирования сети мобильной связи на базе технологии UMTS. Освещены основные аспекты алгоритма расчета зоны радиопокрытия при планировании сети UMTS согласно особенностям радиоинтерфейса с кодовым разделением каналов.

Ключевые слова: процесс планирования; UMTS; радиодоступ; оптимизация; алгоритм планирования.

K. P. Storchak, O. V. Nevdachina, O. M. Tkachenko, V. R. Kosenko, A. P. Polonevich

ANALYSIS OF THE RADIO-COVERING ZONE AT PLANNING THE UMTS NETWORK

The features of the UMTS technology mobile network planning process are described.

The main aspects of the algorithm for calculating the radio coverage area at planning the UMTS network taking into account the features of the radio interface with code division of channels are shown.

Keywords: planning process; UMTS; radio access; optimization; algorithm of planning.

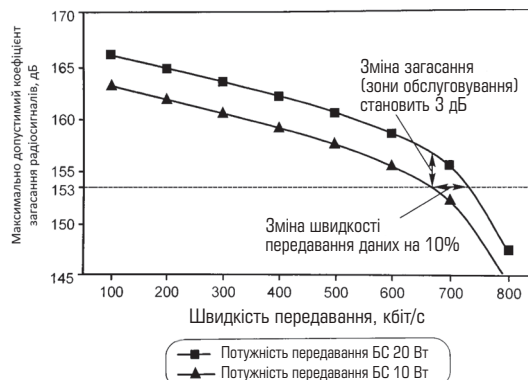


Рис. 6. Вплив збільшення потужності передавання БС на швидкість передавання даних і зону обслуговування низхідної лінії

УДК 511

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

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

Л. М. ГРИЩЕНКО, здобувач;

В. І. КРАВЧЕНКО, аспірант;

Ю. О. МІЛОВА, аспірантка,

Державний університет телекомунікацій, Київ

АЛГОРИТМИ СТИСНЕННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ ЦІЛИХ ЧИСЕЛ

Доведено, що залежно від виду цілого додатного числа, що підлягає стисненню, перший етап процедури стиснення може бути здійснено за одним із двох різних алгоритмів — зовнішнім або внутрішнім. Згідно з цим і відновлення стисненого числа, і вибір критеріїв стиснення має відбуватись по-різному. Обґрунтовано умови, необхідні для правильного відновлення початкового числа за його стисненим еквівалентом. Особливості алгоритмів стиснення і відновлення чисел у разі різних критеріїв стиснення розкрито за допомогою низки характерних прикладів.

Ключові слова: натуральний ряд; алгоритм стиснення; ціле число; еквівалент числа; відновлення числа.

ВСТУП

Кожне ціле додатне число можна подати відповідним йому відрізком натурального ряду чисел — скінченною зростаючою послідовністю натуральних чисел, перший елемент якої дорівнює 1, а останній — даному числу. До складу будь-якого відрізка натурального ряду у відповідному порядку входять непарні, парні числа, а також числа, що діляться на 3, 5, 7 і т. д. Якщо вилучити (виколоти) з такого відрізка всі парні або всі непарні числа, то він буде стиснений удвічі і складатиметься тільки з непарних або тільки з парних чисел. У результаті описаних дій буде виконано *перший етап стиснення* даного відрізка, а отже, початкового числа.

Відрізок натурального ряду, утворений на першому етапі стиснення, запишемо у вигляді нового аналогічного відрізка і знову вилучимо з нього всі парні або всі непарні числа, виконавши цим самим *другий етап стиснення*. Тоді початкове число зазнає майже чотириразового стиснення.

Таке поетапне стиснення відрізка натурального ряду з одночасним підрахунком здійснених етапів і залишку — кількості невиколотих елементів — можна виконувати доти, доки залишок не скоротиться до одного чи двох чисел.

Легко довести, що в разі парності (непарності) початкового числа залишок на кожному етапі стиснення буде парний (непарний) [1]. Це неодмінно слід враховувати при відновленні числа за його стисненим еквівалентом — остаточним залишком.

При виконанні стиснення формується *двійкова сигнальна послідовність* (далі — ПС), яка після чергового етапу стиснення поповнюється одиницею, якщо залишок є непарне число, або нулем у протилежному випадку. Перший символ у сигнальній послідовності характеризує кратність початкового числа. Наприкінці стиснення сигнальна послідовність міститиме стільки двійкових символів, скільки відбулося етапів стиснення.

Для підвищення загальної ефективності стиснення будемо на кожному етапі вилучати не тільки парні або непарні елементи відрізка, а й такі, що діляться, наприклад, на 3 і 5. Тоді при стисненні числа 57 достатньо трьох етапів, залишок на кожному з яких становить відповідно 19, 7 і 3. Натомість у першому випадку при виколуванні на кожному етапі тільки парних елементів маємо: 57, 29, 15, 8, 4 і 2. Відповідно ПС1 = 111000, а ПС2 = 1111. Переваги другого варіанта вибору критеріїв стиснення очевидні.

Зауважимо, проте, що не менш важливе завдання — знайти спосіб раціонального відновлення початкового числа. Розв'язанню цієї проблеми й присвячено пропонувану статтю.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Глосарій

• **Початкове ціле число** — натуральне число N , яке зазнає стиснення за допомогою вилучення (виколування) із супровідного відрізка натурального ряду елементів заданої кратності, наприклад таких, що діляться на 2, 3, 5 і т. д.

• **Залишок** — кількість елементів, що залишилися в результаті виконання чергового етапу стиснення.

• **Критерій стиснення** — кратність виколуваних елементів даного відрізка в процесі стиснення початкового числа.

• **Супровідний щодо даного числа N відрізок натурального ряду** — зростаюча скінченна послідовність натуральних чисел виду $1, 2, \dots, N$.

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

• **Граничний невиколотий елемент** — найбільший, тобто найближчий до N , елемент даного відрізка z -поміж усіх, що залишилися після виколування відповідно до заданих критеріїв стиснення.

• **Зовнішній алгоритм стиснення** — правило, згідно з яким із супровідного відрізка вилучаються ті елементи, що відповідають заданим критеріям стиснення. Тоді залишок складається тільки з таких чисел, які не відповідають жодному критерію стиснення. Надалі називатимемо їх «простими». Початкове число також є «просте».

• **Внутрішній алгоритм стиснення** — правило подання супровідного відрізка в такий спосіб: лівий кінець — це граничний елемент, а правий — початкове число, яке не є простим.

• **Етап стиснення** — реалізація алгоритму виколування елементів заданої кратності — спочатку із супровідного відрізка початкового числа, а далі із супровідних відрізків, що відповідають залишкам, утворюваним унаслідок чергових кроків стиснення.

• **Дуальність першого виду** — алгоритмічна особливість, що дозволяє усунути невизначеність кінцевого результату стиснення.

• **Дуальність другого виду** — алгоритмічна особливість, що унеможливує усунення невизначеності кінцевого результату стиснення.

• **Стиснений еквівалент числа, що зазнало стиснення** — число, що виступає як початкове найменше з чисел, здобутих у результаті стиснення, при відновленні.

Ефективність стиснення (за зовнішнім і внутрішнім алгоритмами) — показник, який характеризує економію пам'яті, досягнуту завдяки усуненню процесу формування сигнальної послідовності. Для повного відновлення початкового числа достатньо знати його стиснений еквівалент і кількість етапів стиснення. Нехай, наприклад, стиснений еквівалент не перевищує числа 16. Для його зберігання достатньо чотирьох бітів. Припустимо, що кількість етапів стиснення також дорівнює 16. Сигнальна послідовність у цьому випадку вимагає 16 бітів, а запис у двійковому коді шістнадцяти етапів стиснення займає всього 4 біти. Отже, досягається чотириразова економія пам'яті.

Економія буде ще більш істотна в разі великої кількості етапів. Справді, коли етапів 32, достатньо всього 5 бітів, а коли етапів 64, знадобиться 6 бітів пам'яті.

Теорема

Ціле додатне число, здобуте в результаті стиснення супровідного відрізка натурального ряду за допомогою як зовнішнього, так і внутрішнього алгоритму, можна відновити в початковому вигляді за відомим стисненим його еквівалентом, кількістю етапів стиснення та використаним зовнішнім або внутрішнім алгоритмом з урахуванням особливостей стисненого числа.

Д о в е д е н н я. Усі цілі додатні числа можна поділити на ті, що задовольняють вибрані критерії стиснення, і ті, що не задовольняють їх. Для різних чисел обидва алгоритми на першому етапі можуть давати однаковий результат із появою дуальності першого виду. Проте, скориставшись відповідною ознакою початкового числа, що зазнає стиснення, цю дуальність легко усунути.

Зовнішній алгоритм стиснення

Припустимо, що стиснення початкового числа 16 полягає у вилученні (виколуванні) із супровідного відрізка елементів, кратних 2, 3 і 5. На кожному етапі стиснення залишаються «прості» числа.

Отже, маємо:

$16 = > (1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9\ 10\ 11\ 12\ 13\ 14\ 15\ 16)$.

Унаслідок виконання процедури стиснення залишається набір «простих» чисел (1 7 11 13), якого бракує для відновлення початкового числа, бо тут немає чисел 14, 15 і 16. Невідомо, яке з чисел — 13, 14, 15 чи 16 — було початковим.

Вочевидь, якщо початкове число «просте», то на першому етапі стиснення залишок складається з самих лише «простих» чисел, більших від одиниці і менших від N , що не діляться на 2, 3 і 5.

Іншими словами, *зовнішній алгоритм стиснення застосовується для чисел, що не відповідають вибраним критеріям стиснення, тобто не діляться на 2, 3 і 5.*

Внутрішній алгоритм стиснення

Для початкового числа, що ділиться на 2, 3 або 5, потрібно після останнього «простого» числа (у нашому прикладі числа 13) у разі початкового числа 14 поповнити набір числом 14; у разі початкового числа 15 поповнити набір числами 14, 15, а в разі початкового числа 16 після «простого» числа 13 включити в набір числа 14, 15 і 16.

Далі йде «просте» число 17, що перевищує початкове число 16, яке підлягає стисненню. За цих умов «просте» число 13 є граничним. Після нього йдуть елементи, що додаються до невиколотих «простих» елементів від останнього з них до початкового числа, що зазнає стиснення, включно.

Іншими словами, внутрішній алгоритм використовується для стиснення початкових чисел, які відповідають одному з вибраних критеріїв. При цьому стиснена множина «простих» елементів супроводного відрізка поповнюється числовою послідовністю від граничного «простого» елемента до числа, що зазнає стиснення на цьому етапі.

Проілюструємо на конкретних прикладах особливості зовнішнього і внутрішнього алгоритмів стиснення. Порядок відновлення початкового числа в цих випадках очевидний.

Нехай, скажімо, критерієм стиснення є виключення елементів даного відрізка, кратних 2, 3 і 5 (табл. 1–5). Зокрема, порядок стиснення «простих» чисел 41 і 53 наведено в табл. 1 і 2. В обох випадках перший етап стиснення включає в себе тільки набори «простих» чисел.

Порядок стиснення за внутрішнім алгоритмом не «простих» чисел 42, 50 і 51 подано відповідно в табл. 3, 4, і 5. Результати стиснення «простого» числа 53 і не «простого» числа 50 абсолютно однакові. Щоб розрізнити такі випадки, доводиться використовувати додаткову характеристичну ознаку.

Таблиця 1

Стиснення числа 41

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	11	1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	3	1 7 11

Таблиця 2

Стиснення числа 53

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	15	1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 49 53
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	6	1 7 11 13 14 15

Таблиця 3

Стиснення числа 42

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	12	1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 42
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	4	1 7 11 12

Таблиця 4

Стиснення числа 50

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	15	1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 49 50
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	6	1 7 11 13 14 15

Таблиця 5

Стиснення числа 51

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	16	1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47 49 50 51
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	7	1 7 11 13 14 15 16
1 2 3 4 5 6 7	2	1 7

Приклади стиснення і відновлення «простих» і не «простих» чисел за критерієм виключення чисел, кратних 2 і 3, з урахуванням дуальності першого виду, що виникає при цьому, наведено в табл. 6 і 7. При стисненні не «простого» числа 39 і «простого» числа 43 отримуємо абсолютно однакові алгоритми стиснення. Це дає підстави стверджувати, що існує певна закономірність, притаманна стисненню і відновленню «простих» і не «простих» чисел у разі використання зовнішнього і внутрішнього алгоритмів.

Тут немає потреби формувати сигнальну послідовність, а достатньо знати тільки тип застосованого алгоритму, вид початкового числа («просте» чи не «просте»), стиснений його еквівалент і кількість етапів стиснення.

Стиснення числа 39

Таблиця 6

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	15	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 38 39
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	6	1 5 7 11 13 15
1 2 3 4 5 6	3	1 5 6 дуальність

Стиснення числа 43

Таблиця 7

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	15	1 5 7 11 13 17 19 23 25 29 31 35 37 41 43
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	6	1 5 7 11 13 15
1 2 3 4 5 6	3	1 5 6 дуальність

Вибір альтернативних граничних елементів, що задовольняють вибраний критерій.

Дуальність другого виду

Роль граничного елемента очевидна: він є ознакою відокремлення стисненої частини даного відрізка від нестисненої його частини. Наступний елемент цього відрізка більший від початкового числа на даному етапі.

Природно припустити, що й будь-які інші елементи з відповідними властивостями формально можуть бути граничними елементами. Важливо тільки не сплутати їх з іншими елементами, що не мають потрібних властивостей. Для перевірки такого припущення виберемо граничні елементи, кратні 5, для алгоритму стиснення за критеріями виколювання елементів, кратних числам 2, 3 і 5. Подвійна кратність граничного елемента цілком припустима. Так, число 50, одночасно кратне числам 2 і 5, згідно з цим принципом може бути граничним числом.

На конкретних прикладах перевіримо правильність цього твердження. Справді, розгляд процедур стиснення і відновлення одинадцяти послідовних чисел від 43 до 53 показав: за згаданим принципом і критеріями вилучення елементів із «простого» і не «простого» чисел, як і раніше, отримано однакові алгоритми (табл. 8 і 9). Але зовсім однакові алгоритми отримано і для чисел, наведених у табл. 10 і 11, коли маємо дуальність другого виду, яка не підлягає усуненню. Порядок відновлення зазначених стиснених чисел ілюструють табл. 12–15.

Зауважимо, що для уникнення дуальності другого виду еквівалент початкового числа, що підлягає відновленню, слід подавати в природному, а не в стисненому вигляді (або в стисненому вигляді, що включає в себе не менш ніж два «прості» числа. Отримувач інформації про це повинен знати. Через наявність дуальності другого виду не «простий» елемент відрізка натурального ряду не може бути граничним.

Стиснення числа 44

Таблиця 8

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	13	1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 44
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	4	1 7 11 13

Стиснення числа 47

Таблиця 9

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	13	1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	4	1 7 11 13

Таблиця 10

Стиснення числа 33

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	11	1 7 11 13 17 19 23 29 31 32 33
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	4	1 7 10 11

Таблиця 11

Стиснення числа 38

Відрізок натурального ряду	Залишок	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	11	1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 38
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	4	1 7 10 11

Таблиця 12

Відновлення числа 44

Результат стиснення	Залишок	Відрізок натурального ряду
1 7 11 13	4	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 44	13	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 39 40 41 42 43 44

Таблиця 13

Відновлення числа 47

Результат стиснення	Залишок	Відрізок натурального ряду
1 7 11 13	4	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43 47	13	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 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47

Таблиця 14

Відновлення числа 33

Результат стиснення	Залишок	Відрізок натурального ряду
1 7 10 11	4	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
1 7 11 13 17 19 23 29 31 32 33	11	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

Таблиця 15

Відновлення числа 38

Результат стиснення	Залишок	Відрізок натурального ряду
1 7 10 11	4	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
1 7 11 13 17 19 23 29 31 37 38	11	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 37 38

ВИСНОВКИ

1. При стисненні і відновленні натуральних чисел одночасно працюють два неперетинні алгоритми, які постійно взаємодіють, по черзі змінюючи один одного.

2. Вибір зовнішнього або внутрішнього алгоритму стиснення початкового числа залежить від того, чи відповідає воно вибраним критеріям кратності.

3. Послідовність елементів стисненого еквівалента, необхідного для відновлення початкового числа, має містити принаймні два «прості» числа.

4. Для розрізнення зазначених алгоритмів на першому етапі стиснення використовується ознака виду числа — «просте» воно чи не «просте».

5. Для застосування зовнішнього алгоритму на першому етапі стиснення початкове число має бути «просте».

6. Починаючи з другого етапу стиснення, вибір алгоритму залежить від залишку попереднього етапу стиснення.

7. Не «простий» елемент відрізка натурального ряду не може бути граничним.

Список використаної літератури

1. Галочкин, А. И. Введение в теорию чисел / А. И. Галочкин, Ю. В. Нестеренко, А. Б. Шидловский.— М.: Изд-во МГУ, 1995 г.

2. Нестеренко, Ю. В. Теория чисел / Ю. В. Нестеренко.— М.: Издат. центр «Академия», 2008.

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

V. G. Sayko, A. V. Dikarev, L. N. Grishchenko, V. I. Kravchenko, Y. O. Milova

АЛГОРИТМЫ СЖАТИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ

Доказано, что в зависимости от вида целого положительного числа, подлежащего сжатию, первый этап процедуры сжатия может быть осуществлен по одному из двух различных алгоритмов — внешнему или внутреннему. В связи с этим и восстановление сжатого числа должно происходить по-разному. Обоснованы условия, необходимые для правильного восстановления начального числа по его сжатому эквиваленту. Особенности алгоритмов сжатия и восстановления чисел при различных критериях сжатия раскрыты при помощи ряда характерных примеров.

Ключевые слова: натуральный ряд; алгоритм сжатия; целое число; эквивалент числа; восстановление числа.

V. G. Sayko, O. V. Dikarev, L. M. Grishchenko, V. I. Kravchenko, Y. O. Milova

ALGORITHMS OF COMPRESSION AND RECOVERY OF INTEGERS NUMBERS

It is proved that depending on the kind of number to be compressed, the initial stage of its compression can be carried out by two different algorithms — external or internal. In accordance with this, the recovery of the compressed number is also carried out in different ways. The necessary conditions for the correct establishment of an integer by its compressed equivalent are justified. The examples describe algorithms for compressing and restoring digits according to different compression criteria.

Keywords: natural series; compression algorithm; integer number; number equivalent; recovery of number.

ЗВ'ЯЗОК

Наукове видання

Редакційна обробка та коректура

О. П. Бондаренко, Т. В. Ількевич

Комп'ютерна верстка та дизайн

Г. С. Тимченко

Відповідальний за випуск

І. І. Тищенко

Підписано до друку 22.05.2017 р.
Формат 60×84/8. Папір друкарський.
Гарнітура SchoolBookC, EuropeCond. Зам. 328
Наклад 300 прим.

Державний університет телекомунікацій

03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7

Тел. (044) 249-25-75

E-mail: zviaz-ok@ukr.net