

УДК 629.735.083

DOI: 10.18372/2310-5461.37.12363

В. В. Бараннік — д-р техн. наук, проф.
Харківський національний університет Повітряних Сил України
orcid.org/0000-0002-2848-4524
barannik_v_v@mail.ru

Д. Е. Окладний — начальник групи АПрНК
Харківський національний університет Повітряних Сил України
orcid.org/0000-0002-2031-4774
e-mail: dmytrijokladnoj@gmail.com

Д. В. Бараннік
Харківський національний університет радіоелектроніки
orcid.org/0000-0003-1337-2404
e-mail: d.v.barannik@gmail.com

МЕТОД КОДУВАННЯ РЕСУРСНИХ БЛОКІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ 5G

Вступ

Актуальність. Лавиноподібне зростання мобільних додатків і поширення мобільного зв'язку стимулюють розвиток технологій 4G — четвертого покоління, що приведе до появи технологій п'ятого покоління 5G. Американська транснаціональна компанія Cisco — одна з найбільших у світі яка спеціалізується в галузі високих технологій (розробляє і продає мережеве обладнання для великих організацій і телекомунікаційних підприємств), а також інші представники даної галузі вважають, що великомасштабне розгортання інфраструктури 5G можна очікувати до 2020 року. Нові швидкості (10 Гбіт/с), низька затримка (близько 1 мс) і функції динамічного конфігурування, які очікуються в мережах 5G, потрібні мобільним операторам не тільки для задоволення зрослих запитів користувачів, а й для того, щоб відповідати новим сервісним трендам в мобільному, житловому і бізнес-секторах. За прогнозами компанії Cisco, до 2021 року на сервіси 5G припадатиме всього 1,5 % сукупного мобільного трафіку даних, в середньому одне з'єднання 5G буде генерувати в 4,7 рази більше трафіку, ніж з'єднання 4G, і в 10,7 разів більше, ніж з'єднання 3G, але в той же час, виходячи з гіперболічного характеру розвитку графіка еволюції, слід очікувати значне зростання кількості сервісів, які будуть використовувати технологію п'ятого покоління для взаємодії із зовнішнім ін-

формаційним середовищем. Тим більше населення Землі має значною не охопленим потенціалом споживання технологій мобільного інтернету. Найбільша міжнародна SMM-платформа Hootsuite в партнерстві з SMM-агентством We Are Social провели моніторинг використання Інтернету на території всієї Земної кулі протягом 2016–2017 роках. Моніторинг на 2017 рік показав, що 54 % населення Землі використовують Інтернет, з них 66 % використовують мобільний Інтернет.

Кількість Інтернет-девайсів на одного користувача і здатність споживання Інтернет-трафіку даними девайсами щороку має позитивний приріст. Згідно з даними аналітичної компанії GSMA Intelligence, кількість активних SIM-карт на Землі перевищило 7,2 мільярда і продовжує зростати в п'ять разів активніше, ніж кількість людей, які починають користуватися Інтернет-послугами.

Компанія Cisco опублікувала доповідь «Наочний індекс розвитку мережевих технологій: глобальний прогноз по мобільному трафіку на період 2016–2021 рр.»: На 2021 рік швидкість підключення мобільних пристроїв необхідно буде збільшити до 20,4 Мбіт/с для забезпечення споживчих попитів. При цьому на 2016 рік швидкість обміну даними підключених мобільних пристроїв становить лише 6,8 Мбіт/с, що в три рази менше за необхідну швидкість.

Тому існує проблема підвищення швидкості обміну даними за рахунок забезпечення низької бітової інтенсивності без зменшення якості і інформативності даних, що передаються [1].

Великим успіхом і високими показниками гнучкості і швидкості обміну даними володіє технологія 4G-покоління LTE (Long Term Evolution). Тому одним із можливих варіантів побудови технології 5G-покоління буде розвиток технології четвертого покоління на базі LTE.

На даний момент характеристики технології LTE значно відстають від вимог для мережі 5G, які висунув консорціум, що розробляє специфікації для мобільної телефонії, 3GPP (3rd Generation Partnership Project) [1]:

- пропускна здатність каналу обміну даними дорівнює 1 Гбіт/с, а це в 10 разів менше від заявлених вимог для 5G-покоління (10 Гбіт/с);

- допуск затримок у 4G-поколінні дорівнює від 70 мс до 5 мс, що як мінімум у 5 разів більше вимог до затримки для п'ятого покоління 1 мс;

- організація працездатності інтерфейсу на високих частотах має частотну межу (для 4G-покоління межа до 5 ГГц, а 5G-покоління потребує чотирнадцяти кратному збільшенні межі для робочої частоти, до 70 ГГц);

- частотна ширина робочого каналу LTE-технології може бути не більше 100 МГц, а п'яте покоління потребує можливості організувати роботу інтерфейсу на каналі обміну даними з частотною шириною до 2 ГГц

Науково-прикладна задача. У зв'язку зі значним відставанням існуючих характеристик LTE-технології від розроблених консорціумом 3GPP вимог для 5G-покоління виникає необхідність:

- збільшити пропускну здатність каналу обміну даними до 10 Гбіт/с;

- зменшити величину затримки при обміні даними до 1 мс;

- розробити інтерфейс здатний продуктивніше функціонувати в діапазоні високих частот близько 70 ГГц;

- розробити метод здатний організувати роботу каналу обміну даними з частотною шириною до 2 ГГц.

Мета дослідження — проаналізувати технологію четвертого покоління LTE, щодо зниження бітової ефективності. Знайти оптимальний рівень і оптимальну структуру в LTE-радіокадрі для якісного розроблення та впровадження методу зниження бітової інтенсивності.

Обґрунтування напряму розвитку технологій мобільного зв'язку

Архітектура мережі LTE складається з таких основних вузлів (рис. 1):

- eNB (Evolved Node Base) — модифікований вузол базової станції;

- EPC (Evolved Packet Core) — базова пакетна (під)мережі — ядро мережі;

- UE (User Equipment) — призначене для користувача устаткування. Сукупність користувальницьких терміналів з різними рівнями функціональних можливостей, які використовуються мережевими абонентами для доступу до послуг мережі LTE.

Організація взаємодії між основними вузлами мережі LTE відбувається за засобом використання трьох основних протоколів:

- Uu — зв'язок між eNB і UE (термінал);

- S1 — зв'язок між EPC і eNB;

- X2 — зв'язок між eNB і eNB.

Ключовим і найбільш багатофункціональним є протокол Uu. Організація обміну даними в протоколі Uu відбувається методом передачі команд управління та даних по радіоканалу в вигляді радіокадра (F_t). Тому для впровадження інноваційних методів необхідно вивчити і проаналізувати склад даного радіокадра (F_t).

Довжина радіокадра в часовому інтервалі становить $T_f = 10$ мс., де f — (*frame*-кадр).

Кожен радіокадр складається із двох полів по $T_{hf} = 5$ мс., де hf — (*half-frame* — підлозі-кадр), напівкадри поділяються на 5 підкадрів по $T_{sf} = 1$ мс., де sf — (*sub-frame* — суб-кадр). У свою чергу, підкадри поділяються на 2 слоти $T_{slot} = 0,5$ мс., де $slot$ — (*slot*-слот). Слот може містити в собі: найчастіше 7, рідше 6 і дуже рідко 3 OFDM-символу. OFDM-символ включає в себе суму всіх гармонік з немінливою фазою і амплітудою.

Розглянемо структурну частину радіокадра (F_t) ресурсний блок ($B_{\xi s}$), де t — номер радіокадра, ξ — номер рядків ресурсних блоків; s — номер стовпців ресурсних блоків (рис. 2), який є перетином підкадра (U_s) і рядки ресурсних блоків (B_{ξ}). Перетин OFDM-символу (стовпець ресурсних елементів) і частотної складової (рядок ресурсних елементів) утворює ресурсний елемент $b(i, j)_{\xi s}$ (рис. 3).

Обсяг даних ($|b(i, j)_{\xi s}|_2$) вміщує один ресурсний елемент $b(i, j)_{\xi s}$ і становить 1 біт, 2 біт, 4 біт або 6 біт ($|b(i, j)_{\xi s}|_2 = \{1 \text{ bit } 2 \text{ bit } 4 \text{ bit } 6 \text{ bit}\}$), залежно від розміщення на частотно-часовій матриці і умов планування радіокадра F_t [6].

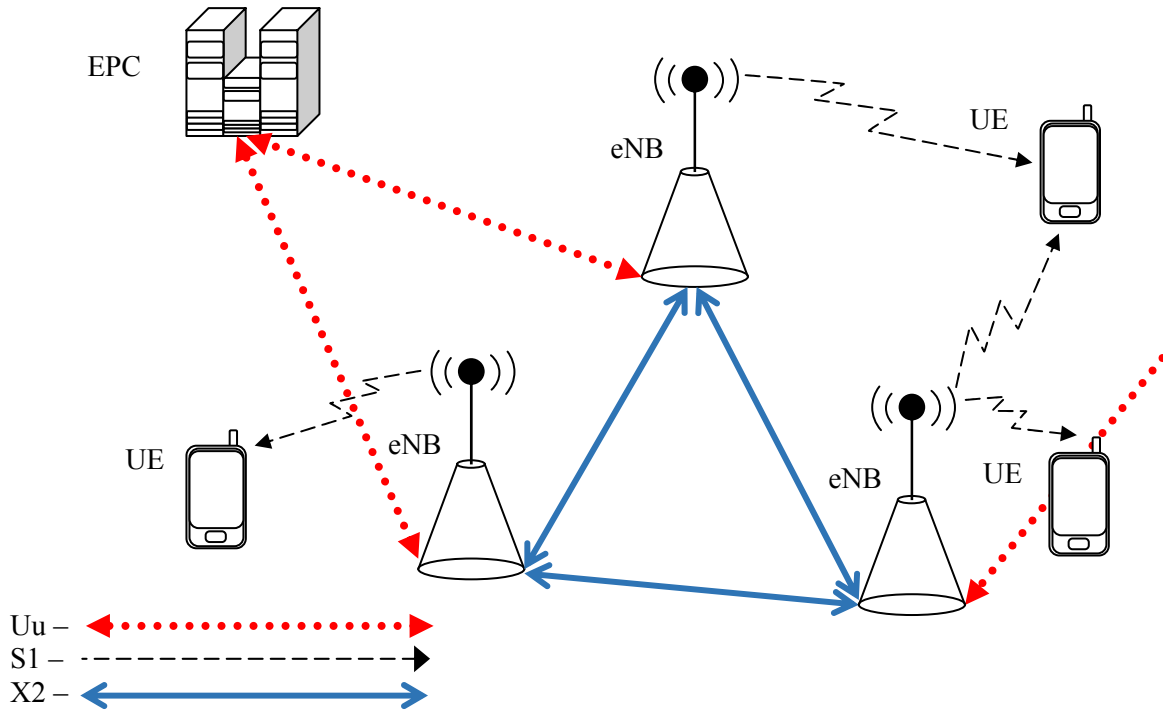


Рис. 1. Спрощена архітектура мережі LTE і основні протоколи взаємодії елементів

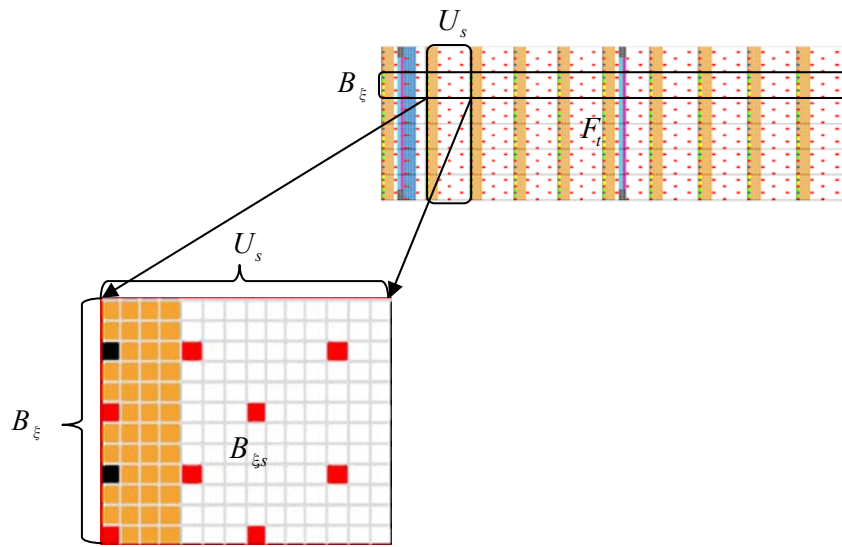


Рис. 2. Розміщення ресурсного блоку $B_{\xi s}$ в радіокадрі F_t

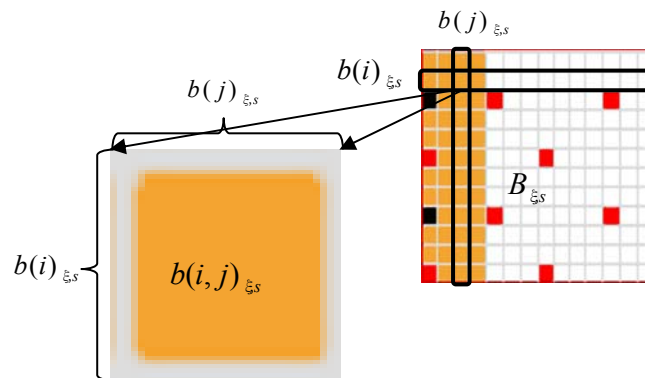


Рис. 3. Розміщення ресурсного елемента $b(i, j)_{\xi s}$ в ресурсном блоке $B_{\xi s}$

Окремий випадок складу ресурсного блока B_{ξ_s} становить 12 рядків і 14 стовпців ресурсних елементів $b(i, j)_{\xi_s}$. Також, як окремий випадок, бітовий розмір ресурсного елемента $b(i, j)_{\xi_s}$ визначимо рівним $|b(i, j)_{\xi_s}|_2$ біт. Як окремий випадок $|b(i, j)_{\xi_s}|_2$, беремо згідно з виразом:

$$|b(i, j)_{\xi_s}|_2 = 4bit. \quad (1)$$

Таким чином, маємо масив $[B_{\xi_s}]_2$ розміром 12×14 , що складається з чотирьох бітових елементів, показаний в табл. 1.

Уявімо комірки ресурсних елементів у десятковій системі числення (2)

$$\{b(1, 2)_{\xi_s}\}_2 = 1001 \Rightarrow \{b(1, 2)_{\xi_s}\}_{10} = 9. \quad (2)$$

Унаслідок цього отримаємо десятковий масив (табл. 2). Поділимо отриманий масив таким чином, щоб вийшов потік стовпці висотою в 4 елементи. Стовпці одного потоку виділені одним кольором (табл. 2).

Потік поділяється на стовпці по 4 елементи кожний $\{b(i, j)_{\xi_s}\}$, де $i = i \dots i + 4$.

Для даних чотирьох елементів знаходимо значення ваги за формулою (3):

$$\varphi(i, j)_{\xi_s} = |b(i, j)_{\xi_s}|_{10} + 1. \quad (3)$$

Таблиця 1

Бітовий масив $\{[B_{\xi_s}]_2\}$, що складається з чотирьох бітних елементів

	m	1	2	...	m	...	M
ω							
1		0001	$\{b(1, 2)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(1, j)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(1, M)_{\xi_s}\}$
2		0101	$\{b(2, 2)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(2, j)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(2, M)_{\xi_s}\}$
...	
ω		1001	$\{b(i, 2)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(i, j)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(i, M)_{\xi_s}\}$
...	
$\Omega - 2$		1111	$\{b(\Omega - 2, 2)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(\Omega - 2, j)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(\Omega - 2, M)_{\xi_s}\}$
$\Omega - 1$		0100	$\{b(\Omega - 1, 2)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(\Omega - 1, j)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(\Omega - 1, M)_{\xi_s}\}$
Ω		1011	$\{b(\Omega, 2)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(\Omega, j)_{\xi_s}\}$	...	$\{b(\Omega, M)_{\xi_s}\}$

i — номер рядка бітової комірки; $\Omega = 12$ — кількість рядків бітових комірок;

j — номер стовпця бітової комірки; $\dot{I} = 14$ — кількість стовпців бітових комірок.

Таблиця 2

Представлення ресурсного блока у вигляді десяткового масиву

Ширина ресурсного блока	Довжина ресурсного блока													
	10	10	9	10	8	10	10	9	9	8	10	10	8	10
8	9	8	10	9	8	8	10	9	8	8	10	8	8	
8	9	9	8	10	9	9	8	8	10	8	10	10	8	
9	10	10	10	9	9	9	8	10	8	10	8	8	8	
9	10	9	8	9	8	8	9	9	8	9	9	10	8	
10	10	9	10	9	9	8	9	10	9	10	10	9	9	
9	9	10	8	10	9	9	9	9	10	9	8	8	9	
9	10	9	10	8	9	10	10	9	10	10	9	10	9	
10	8	10	8	8	8	9	10	10	10	10	8	9	9	
10	9	8	8	10	8	9	9	10	9	10	10	9	10	
8	10	9	9	10	10	10	10	9	8	8	10	8	10	
9	10	10	8	10	8	8	8	10	10	10	8	8	10	

Після чого відкривається можливість знайти значення вагових коефіцієнтів для кожного потоку окремо:

$$V(i+1, j)_{\xi, s} = \begin{cases} \varphi(i, j)_{\xi, s} \cdot V(i, j)_{\xi, s} & i \in 1 \dots 4 \\ \varphi(i, j)_{\xi, s} \cdot V(i, j)_{\xi, s} & i \in 5 \dots 8 \\ \varphi(i, j)_{\xi, s} \cdot V(i, j)_{\xi, s} & i \in 9 \dots 12 \end{cases} \quad (4)$$

$$E(p, j)_{\xi, s} = \begin{cases} \sum_{i=1}^4 |b(i, j)_{\xi, s}|_{10} \cdot V(i, j)_{\xi, s} & p \in 1 \\ \sum_{i=5}^8 |b(i, j)_{\xi, s}|_{10} \cdot V(i, j)_{\xi, s} & p \in 2 \\ \sum_{i=9}^{12} |b(i, j)_{\xi, s}|_{10} \cdot V(i, j)_{\xi, s} & p \in 3 \end{cases} \quad (5)$$

за умови, що $V(1, j)_{\xi, s} = V(5, j)_{\xi, s} = V(9, j)_{\xi, s} = 1$.

Кодові складові знаходять за допомогою виразу:

Наочне графічне відображення процесу кодування частини ресурсного блоку показано на (рис. 4), значення φ, V , "Код" розраховують відповідно до формул (3)–(5).

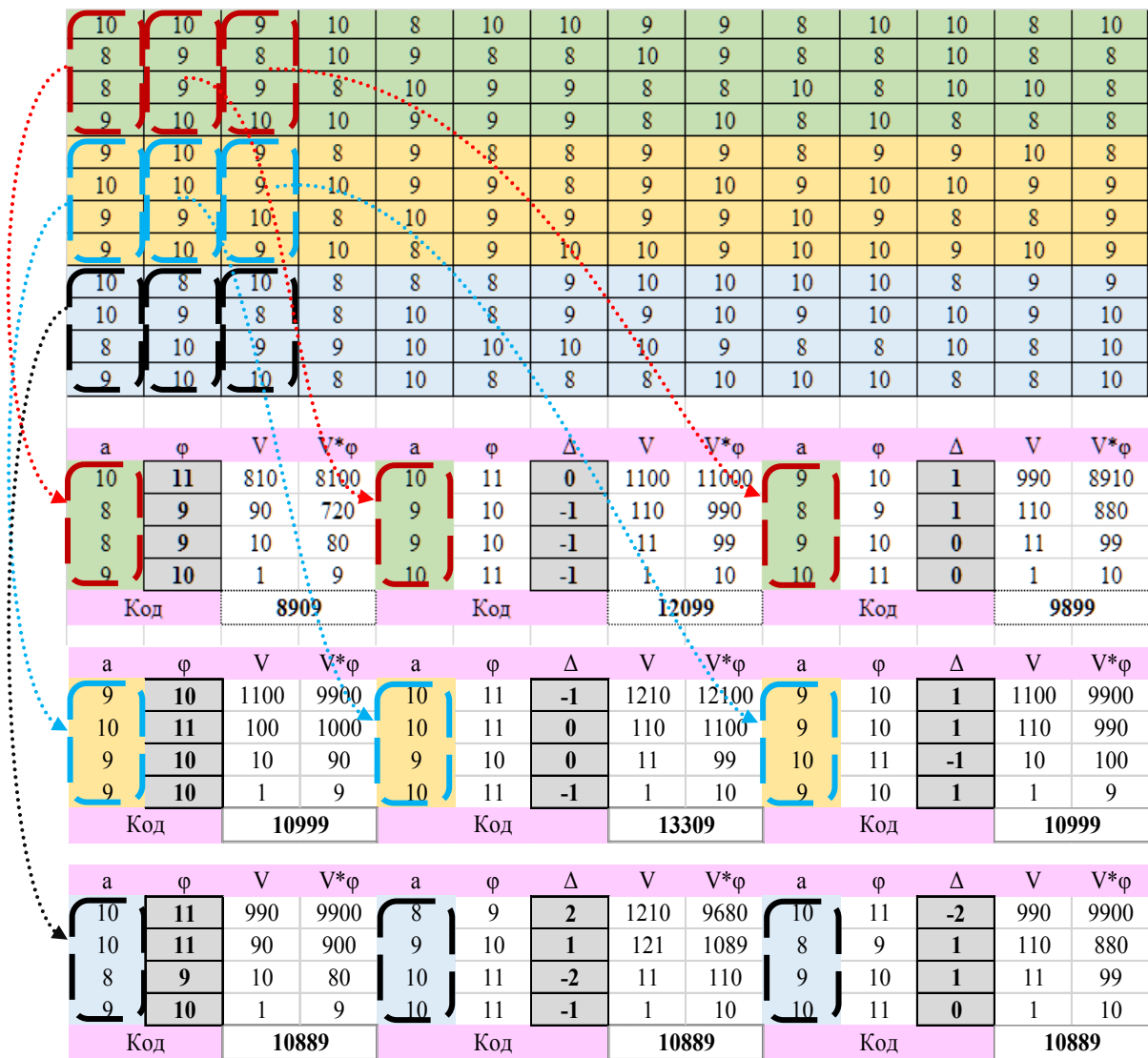


Рис. 4. Процес кодування частини ресурсного блоку з використанням системи з нерівноважним кодуванням

Значення масиву в ресурсному блоці мають характер відео потоку, як наслідок — різниця значень елементів масиву в сусідніх комірках незначна.

Отже модуль різниці утворювачів ваги $\Delta(i, j)_{\xi, s}$ будь-яких двох сусідніх стовпців ре-

сурсних елементів $b(i, j)_{\xi, s}$ буде значно менше значення самого утворювачів ваги $\varphi(i, j)_{\xi, s}$:

$$\begin{aligned} \varphi(i, j)_{\xi, s} - \varphi(i+1, j)_{\xi, s} &= \\ \Delta(i, j)_{\xi, s} &\ll \varphi(i, j)_{\xi, s} \vee \varphi(i+1, j)_{\xi, s}. \end{aligned} \quad (6)$$

Виходячи з виводу (6) доцільним буде передавати різницю утворювачів ваги $\Delta(i, j)_{\xi, s}$ з метою економії трафіку.

Передача даного радіокадра методом кодування ресурсних блоків для технології 4G була промодельована і прорахована. В результаті були отримані такі статистичні дані (табл. 3).

Інформаційна складова на 1/4 зменшилася обсягом, службова складова займає 35 % від вихідного бітового розміру ресурсного блока.

Дана кодова конструкція дозволяє передавати службову складову набагато рідше без втрати інформації.

З цього будемо передавати один раз у кадр зміни для утворювачів ваги $\Delta(i, 0)_{\xi, s}$. Оскільки в ресурсному блоці Ω -стовпців, кількість біт службової складової зменшиться на $\Omega = 14$ разів:

$$\left| \{ \Delta(i, 0)_{\xi, s} \} \right| = \frac{\left| \{ \Delta(i, j)_{\xi, s} \} \right|}{\Omega} = \frac{234}{14} = 17. \quad (7)$$

Складемо оновлену таблицю статистичного аналізу закодованого ресурсного блока (табл. 4).

Із аналізу нової статистичної таблиці видно, що в закодованому ресурсному блоці за допомогою систем з нерівноважним кодоутворенням відбувається економія бітового трафіку на 20 %.

Таблиця 3

Розрахункові статистичні дані щодо зміни бітової ємності закодованого радіокадра

№	Назва параметра	Значення параметра (біт)	Процентне співвідношення до вихідної кількості біт (%)
1	Бітовий розмір вихідного радіокадра	672	100
2	Кількість біт службової складової	234	35
3	Кількість біт інформаційної складової	518	77
4	Загальна кількість біт у закодованому радіокадрі	752	112

Таблиця 4

Розрахункові статистичні дані щодо зміни бітової ємності закодованого радіокадра під час передачі службової інформації раз в кадр

№	Назва параметра	Значення параметра (біт)	Процентне співвідношення до вихідної кількості біт (%)
5	Бітовий розмір вихідного радіокадра	672	100
6	Кількість біт службової складової	17	3
7	Кількість біт інформаційної складової	518	77
8	Загальна кількість біт у закодованому радіокадрі	535	80

Висновок

Розроблено метод кодування ресурсних блоків для технології мобільного зв'язку. Даний метод ефективно використовує структурну частину радіокадра для застосування кодування на основі систем з нерівноважним кодоутворенням. Математичний опис і створення математичних залежностей дозволило провести комп'ютерне моделювання процесу передачі та обробки бітового потоку, а також провести порівняльні розрахунки статистичних даних. Проаналізовано групи ресурсних елементів RE виконують єдину функцію і входять в один логічний канал, а також їх взаємодію з іншими групами RE які знаходяться в певній залежності між собою [1; 2].

Розроблено оптимальну структуру для перетворення радіокадра за допомогою систем з нерівноважним кодоутворенням. Створено необ-

хідний математичний апарат для опису процесу кодування (3)–(5).

Розрахунки показали, що при використанні кодування ресурсного блока за допомогою систем з нерівноважним кодоутворенням необхідно передавати службову складову одну на увесь ресурсний блок. В цьому випадку економія бітового трафіку дорівнює 20 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. P. Popovski, V. Braun, H.-P. Mayer, P. Fertl and othe, "Scenarios, requirements and KPIs for 5G mobile and wireless system", 01.05.2013 / ICT-317669-METIS/D1.1.
2. Yudin O. K. et al. A Method for Determining Informative Components on the Basis of Construction of a Sequence of Decision Rules //Cybernetics and Systems Analysis. — 2016. — Т. 52. — №. 2. — С. 323. DOI: 10.1007/s10559-016-9830-5.

3. **Алімпієв А. М., Бараннік В. В., Белікова Т. В., Сідченко С. О.** Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам у сучасній гібридній війні // Системи обробки інформації. — Харьков: ХНУПС, 2017. № 4(150). — С. 113–121.

4. **Barannik V. V., Ryabukha Yu. N., Podlesnyi S. A.** Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams. Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*), 2017. №76 (7). — P. 607. DOI: 10.1615 / Telecom Rad Eng.v76.i7.40.

5. **Cox, Christopher (Christopher Ian)**, 1965. An introduction to LTE: LTE, LTE — advanced, SAE and 4G mobile communications. ISBN: 9781119970385. DOI: 10.1002 / 9781119942825.

6. **Yudin O., Frolov O., Ziubina R.** Quantitative quality indicators of the invariant spatial method of compressing video data // Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), 2015 Second International Scientific-Practical Conference. — IEEE, 2015. — С. 227–229.

DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357320.

7. **Averin V. G.** (course of lectures) “disciplines computer networks and telecommunications”, the Federal state educational institution of secondary vocational education. Ural radio engineering technical school named after. A.S. Popova, Yekaterinburg, 2009.

8. **Pradeep Prabhu** Technical blog, related to the wireless technology LTE physical layer <http://pro3gsm.com/arhitektura-seti-lte>.

9. **Barannik V., Lytvinenko M., Okladnoy D., Suprun O.** Description of the OFDM symbol with the help of mathematical laws. Analysis of technologies that were used in this case. 2nd IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017, Proceedings, Lviv, 2017. — P. 183. DOI: 10.1109/AIACT.2017.8020095.

10. **Barannik V., Podlesny S.A., Yalivets K., Bekirov A.** The analysis of the use of technologies of error resilient coding at influence of an error in the codeword. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016, Lviv, 2016. — P. 52–54. DOI: 10.1109/TCSET.2016.7451965.

11. **Wang Y. and Zhu Q. F.**, “Error control and concealment for video communication: A review,” Proceedings of the IEEE, vol. 86, no. 5. — P. 974–997, May, 1998.

12. **Gonzales R. C. and Woods R. E.**, “Digital image processing,” in Prentice Hall, edition. II, 2002. — 1072 p.

13. **Юдін О. К., Стрельбіцький М. А.** Спосіб визначення кількості інформації з урахуванням фактору її старіння // Наукоємні технології. — 2017. — Т. 33. — №. 1. DOI: 10.18372/2310-5461.33.11552.

14. **Gonzalez R.** Digital image processing / R. Gonzalez, R. Woods. — M. : Technosphere, 2005. 1072 p.

15. **Миано Дж.** Формати і алгоритми стиснення зображень в дії: навчальний посібник / Дж. Миано; пер. с англ. — М. : Триумф, 2003. — 336 с.

ISSN 1560-8956.

16. **Ватолін Д.** Методи стиснення даних. Пристрій архіваторів, стиснення зображень і відео / Д. Ватолін, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин — М. : ДИАЛОГ—МИФФИ, 2003. — 384 с.

ISSN 1681-7710.

17. **Barannik V. V., Ryabukha Yu. N., Tverdokhle V. V., Baranmk D. V.** Methodological basis for constructing a method for compressing of transformants bit representation, based on non-equilibrium positional encoding. 2nd IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017, Proceedings, Lviv, 2017. — P. 188. DOI: 10.1109/AIACT.2017.8020096.

Бараннік В. В., Окладний Д. Є., Бараннік Д. В.

МЕТОД КОДУВАННЯ РЕСУРСНИХ БЛОКІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ 5G

Проведено аналіз структури LTE-радіокадра на предмет використання принципово нового методу кодування. Знайдено і реструктуровано оптимальну структурну одиницю LTE-радіокадра-ресурсний блок. Проведено розбиття ресурсного блока на три бітових потоки з метою використання малорозрядних кодових слів. Зменшено розрядність кодових слів для досягнення можливості передавання даних за допомогою зворотного косинусного перетворення по каналах радіозв'язку. Описано процес кодування ресурсного блока. Розроблено математичний апарат для програмного моделювання процесу кодування ресурсного блока. Розраховані статистичні параметри зниження бітової інтенсивності перетвореного потоку даних за допомогою систем з нерівномірними ваговими коефіцієнтами. Досягнуто значне зниження бітової інтенсивності інформаційного потоку в LTE-радіокадрі за рахунок нового методу кодування ресурсних блоків.

Ключові слова: ресурсний елемент; LTE-радіокадр; система з неравноважним кодоутворенням; ваговий коефіцієнт; кодове слово; LTE-технологія; 5G-покоління.

Barannik V. V., Okladnoi D. E., Barannik D. V.

METHOD OF CODING RESOURCE BLOCKS FOR 5G TECHNOLOGY

The structure of the LTE-radio frame has been analyzed for the use of a fundamentally new coding method. The optimal structural unit of LTE-radio frame - resource block is found and restructured. The resource block was divided into three-bit streams in order to use small bit code words; the bit width of the code words was reduced to achieve the possibility of data transfer using inverse cosine transform on radio communication channels. The process of encoding a resource block is described. A mathematical apparatus for software modeling of the encoding process of a resource block has been developed. The statistical parameters for reducing the bit intensity of the transformed data stream with the help of systems with non-uniform weight coefficients are calculated. A significant decrease in the bit rate of the information stream in the LTE-radio frame has been achieved due to a new method of coding resource blocks.

Keywords: Resource element; LTE-radio frame; system with uneven weight coefficients; weight coefficient; code word; LTE-technology; 5G-generations.

Баранник В. В., Окладной Д. Е. Баранник Д. В.

МЕТОД КОДИРОВАНИЯ РЕСУРСНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ 5G

Проведен анализ структуры LTE-радиокадра на предмет использования принципиально нового метода кодирования. Найдена и реструктурирована оптимальная структурная единица LTE-радиокадра–ресурсный блок. Проведено разбиение ресурсного блока на три битовых потока с целью использования мало разрядных кодовых слов. Уменьшена разрядность кодовых слов для достижения возможности передачи данных с помощью обратного косинусного преобразования по каналам радиосвязи. Описан процесс кодирования ресурсного блока. Разработан математический аппарат для программного моделирования процесса кодирования ресурсного блока. Рассчитаны статистические параметры снижения битовой интенсивности преобразованного потока данных с помощью систем с неравновесным кодообразованием. Достигнуто значительное снижение битовой интенсивности информационного потока в LTE-радиокадре за счет нового метода кодирования ресурсных блоков.

Ключевые слова: ресурсный элемент; LTE-радиокадр; система с неравновесным кодообразованием; весовой коэффициент; кодовое слово; LTE-технология; 5G-поколение.

Стаття надійшла до редакції 13.02.2018 р.

Прийнято до друку 15.02.2018 р.

Рецензент — д-р техн. наук, проф. Коначович Г. Ф.