

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОКАНАЛІВ МЕРЕЖ LTE

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

З'ясовані основні показники функціонування мереж мобільного наземного зв'язку LTE, які використовуються в складі або в якості критеріїв оцінки ефективності радіоканалів. Буде визначений математичний апарат, потрібний для аналізу ефективності радіоканалів, встановлений взаємний зв'язок між енергетичним, частотним та інформаційним критеріями оцінки ефективності радіоканалів мереж мобільного наземного зв'язку LTE.

Ключові слова: Мережі LTE, радіоканал, ефективність радіоканалів, OFDMA, мобільна мережа доступу.

Abstract

The main indicators of the functioning of LTE terrestrial mobile communication networks, used as criteria for assessing the efficiency of radio channels, will be investigated during the work. The mathematical apparatus necessary for analyzing the efficiency of radio channels will be determined, establishing a mutual relationship between energy, frequency, and information criteria for evaluating the efficiency of radio channels in LTE terrestrial mobile communication networks.

Keywords: LTE networks, radio channel, radio channel efficiency, OFDMA, mobile access network.

Вступ

На даний момент мережі LTE використовуються досить широко. Швидкісні показники ширококугової передачі даних у напрямках Downlink та Uplink свідчать про зможу даних мереж задовольняти різноманітні потреби користувачів: від передачі коротких повідомлень у месенджерах до контролю елементів автоматизованого виробництва автомобілів. Відповідно, постає задача оцінки та подальшого підвищення ефективності використання радіоканалів мереж LTE.

Оцінка ефективності функціонування радіоканалів мережі LTE може проводитися за трьома критеріями: енергетичним; частотним; інформаційним. Енергетичний критерій ефективності є збірним для групи показників ефективності функціонування підсистеми радіо доступу мереж 4G [1]. Фізичний зміст даного критерія ефективності радіоканалів визначає кількість енергії радіопередавача, що витрачається на передачу одного біту даних. Зменшення цього показника дозволить, наприклад, подовжити термін роботи абонентського пристрою на одній зарядці акумулятора.

Зменшення потужності передавача в мережах 4G вирішується за рахунок функціонування закритої петлі контролю вихідної потужності передавача абонентського пристрою [2].

Результати дослідження

Закрита петля контролю вихідної потужності передавача абонентського терміналу представляє собою систему прийняття рішень, у якій абонентський термінал постійно проводить вимірювання енергетичних параметрів радіоканалу і надає базовій станції звіти по результатам вимірювань. Базова станція, в свою чергу, приймає рішення щодо потужності передавача абонентського пристрою. Абонентський пристрій вимірює декілька енергетичних параметрів радіоканалів LTE [3], наведених нижче.

Потужність прийнятого опорного пілотного каналу – RSRP (Reference signal received power), яка визначається за формулою:

$$RSRP = \frac{RS_{CE}}{N},$$

де RS_{CE} – сума відліків потужності прийнятих канальних елементів, які переносять сигнал опорного пілотного каналу;

N – кількість прийнятих канальних елементів, які переносять сигнал опорного пілотного каналу.

Якість прийнятого пілотного каналу, RSRQ (Reference signal received quality), яка визначається за формулою:

$$RSRQ = \frac{P_{RS}}{P_N},$$

де P_{RS} – потужність сигналу опорного пілотного каналу на вході приймача абонентського терміналу із урахуванням втрат на поширення радіохвиль;

P_N – потужність шуму на вході приймача абонентського терміналу.

Відношення сигнал/шум плюс інтерференція, SINR (Signal to noise plus interference), яка визначається за формулою:

$$SINR = \frac{RSRP}{P_N + I},$$

де I – рівень інтерференції від сусідніх стільників.

За результатами цих вимірювань базовою станцією приймається рішення щодо необхідної потужності передавача абонентського терміналу [4].

Зазначені показники є визначальними у процесі функціонування підсистеми радіодоступу. У відповідності до цих параметрів не тільки задається рівень вихідної потужності передавача абонентського терміналу, а й схема модуляції. Наразі на мережах LTE найбільше поширення знайшли три види модуляції: QPSK, QAM16 та QAM64.

Слід зазначити, що схема модуляції напряму пов'язана із таким критерієм ефективності радіоканалів як частотна або спектральна ефективність. Спектральна ефективність – це кількість біт інформації, які припадають на один герц наявного спектру. Міжнародним союзом електрозв'язку, а саме специфікацією ITU-R M.1801-2 чітко визначені параметри, у відповідності до яких треба використовувати ту чи іншу схему модуляції. Дані співставлення наведені у таблиці 1 [4].

Табл. 1. Спектральна ефективність різних модуляційних схем

<i>Відношення SINR, дБ</i>	<i>Використовувана схема модуляції</i>	<i>Спектральна ефективність, біт/Гц</i>
25	QAM-64	6
15	QAM-16	4
9	QPSK	2

Критерій інформаційної ефективності радіоканалів 4G визначає відношення реальної пропускної здатності до потенційної.

В мережах LTE використовується технологія передачі сигналів та множинного доступу OFDMA (Orthogonal frequency division multiple access). Дана технологія передбачає розподіл абонентів засобами частотно-часового мультиплексування із ортогональними несучими сигналами. Структура фрагменту радіокадру OFDMA представлена на рисунку 1 [1].

Тривалість одного радіокадру складає 10 мс. Основу канального ресурсу в рамках OFDMA складає ресурсний блок, який містить 12 частотних каналів, шириною 15 кГц кожний та 7 OFDMA – символів, розміщених у проміжку 0,5 мс.

Ширина робочої смуги частот може варіюватися від 1,3 МГц до 20 МГц, залежно від наявного частотного ресурсу при розгортанні мережі LTE [2]. Міжнародним союзом електрозв'язку визначена формула для розрахунку пропускної здатності радіоканалу 4G, виражена співвідношенням [3]:

$$T = N_{MIMO} \cdot N_M \cdot N_{RE|_{1мс}}$$

де N_{MIMO} – конфігурація антенної системи MIMO, що використовується;

N_M – кількість інформаційних бітів на один герц частоти (спектральна ефективність);

N_{RE} – кількість OFDMA – символів, які відповідають інтервалу в 1 мс при визначеній ширині смуги частот.

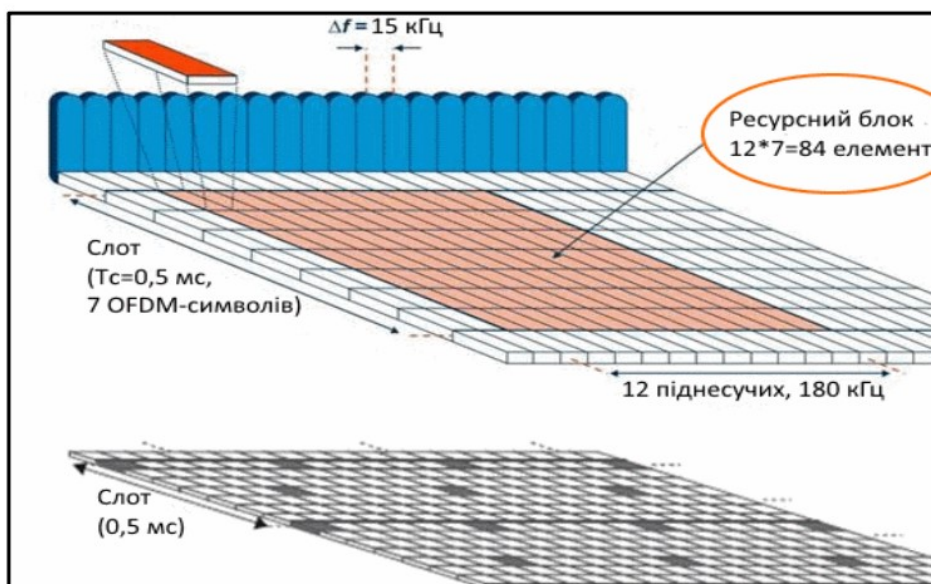


Рис. 1. Фрагмент радіо кадру OFDMA тривалістю 1 мс

Висновки

Підсумовуючи, слід зазначити, що критерії оцінки ефективності радіоканалів мереж мобільного наземного зв'язку пов'язані між собою і мають взаємний вплив. Практично неможливо оцінити ефективність використання радіоканалу за одним критерієм, бо в даному випадку має місце виключно комплексна оцінка ефективності за трьома основними критеріями. Задача оцінки та підвищення ефективності використання наявних для розгортання мереж LTE частотних каналів в залежності від різних факторів впливу є актуальною для подальших досліджень і аналізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Скрябін С.А. Технічні принципи побудови та протоколи функціонування підсистеми радіо доступу мережі мобільного зв'язку LTE: дипломна робота бакалавра телекомунікацій та радіотехніки: Київ, 2020, 83 с.
2. F. Mohammad LTE BIBLE – 2018 – Nokia Networks – 306 p.
3. С. Cox An Introduction to LTE – 2014 – John Wiley and Sons – 486 p.
4. М. В. Васильківський, І. А. Самолук, Г. Л. Варгатюк Стратегії розвитку мереж зв'язку наступного покоління (тези доповіді). Матеріали науково-технічної конференції «Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (СПІРН-2021)» Вінниця: ВНТУ, 2021.

Самолук Ірина Анатоліївна — аспірант, спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com.

Барась Святослав Тадіонович — канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: barasst03@gmail.com.

Samoliuk Iryna A. — graduate student, majoring in 172-telecommunications and radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com.

Baras Sviatoslav T. — candidate. Sc., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: barasst03@gmail.com.