

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОКАНАЛІВ МЕРЕЖ LTE

Носков В.І., Скрябін С.А.

Інститут телекомунікаційних систем, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail:sergiy.skriabin@ukr.net

CRITERIA FOR EVALUATION OF THE LTE NETWORKS RADIO CHANNELS EFFICIENCY

During the work the main key performance indicators of LTE mobile terrestrial networks which are used as part of or as performance evaluation criteria have been identified. The mathematical apparatus required for the analysis of the efficiency of radio channels is determined the mutual connection between the energy frequency and information criteria for evaluating the efficiency of the radio channels of the mobile terrestrial communication networks LTE is established.

В ході роботи були з'ясовані основні показники функціонування мереж мобільного наземного зв'язку LTE (Long Term Evolution), які використовуються в складі або в якості критеріїв оцінки ефективності радіоканалів. 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.

На даний момент мережі LTE використовуються досить широко. Швидкісні показники широкосмугової передачі даних у напрямках Downlink та Uplink свідчать про зможу 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].

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 каналних елементів, які переносять сигнал опорного пілотного каналу; N – кількість прийнятих каналних 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 радіо доступу. 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 відзначити, 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 наведення у табл.1 [4].

Таблиця 1. Співставлення відношень сигнал/шум та схем модуляції для них.

<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 перепускної 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 сигналу. Структура фрагменту

радіокадру OFDMA представлена на рисунку 1 [1].

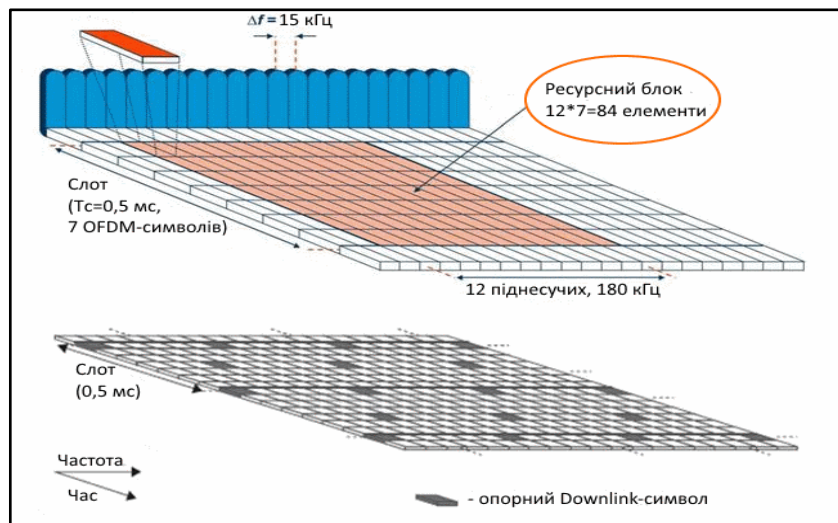


Рис. 1. Фрагмент радіо кадру OFDMA тривалістю 1 мс.

Тривалість одного радіо кадру складає 10 мс. Основу каналного 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 пропускну здатності радіоканалу 4G, виражена співвідношенням [3]:

$$T = N_{MIMO} \times N_M \times N_{RE|1мс},$$

де N_{MIMO} – використовувана конфігурація антенної системи MIMO; 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.

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.

Література

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. C. Cox An Introduction to LTE – 2014 – John Wiley and Sons – 486 p.
4. ITU-R Specification M.1801-2.