

АНАЛІЗ СТАНУ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ LTE ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОГО АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ

Явіся В.С.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: yavisya@bigmir.net

Analysis of the state of implementation of LTE technology in the organization of high-speed subscription access

To estimate the speeds that LTE technology can provide, it is necessary to consider the channel organization method, the given frequency range, the modulation type, the information code method, the use of MIMO technologies, the use of management resources. Theoretical speed limitation is 1 Gbit/s in descending direction (from base station to subscriber) and three to four times slower speed - from subscriber to base station. The analysis shows that the average access speed for mobile subscribers in the data channel is on average not more than 37.71 Mbit/s. Access speed in the uplink channel will be even lower than marked.

Відмінною рисою сучасних мереж безпроводового доступу є стрімке впровадження технології LTE (Long Term Evolution – довгострокова еволюція), яка забезпечує високошвидкісний мобільний доступ в Інтернет. Теоретичною межею швидкості є понад 1 Гбіт/с у спадаючому напрямку (від базової станції до абонента) і у три-чотири рази менша швидкість – у висхідному (від абонента до базової станції). Наприклад на сайті «Київстар» йдеться про швидкість завантаження даних до 700 Мбіт/с і передачі – до 90 Мбіт/с [1]. Якою ж є справжня швидкість? Ще у 2018 році фахівці «Vodafone Україна» і Nokia провели випробування стандарту LTE 2100 і LTE 1800 FDD. Тестування фрагмента мережі проходило протягом двох місяців на технічному майданчику в закритому приміщенні. Перевірялася взаємодія мереж UMTS і GSM з мережею LTE з підтримки функціонування базових сервісів в частині передачі даних, забезпечення голосового виклику і SMS, агрегація частот з спектрів 2100 і 1800 МГц. Під час тестування пікова швидкість отримання даних перевищила 173 Мбіт/с, а передачі даних – 48 Мбіт/с [2]. За останніми дослідженнями було зібрано 85 тестів швидкості від абонентів «Київстар», 62 – «Vodafone Україна» і 52 – Lifecell з усіх областей України. Лідером за швидкістю завантаження виявився Lifecell з середньою швидкістю в 37,71 Мбіт/с. А пальма першості по вивантаженню у «Київстар» – 16,41 Мбіт/с.

Для оцінки швидкостей, які може забезпечити технологія LTE у спадаючому й висхідному каналах, важливо брати до уваги кілька важливих параметрів: метод дуплексування каналів, наявний діапазон частот, вид модуляції піднесучих, метод завадостійкого кодування даних, використання технологій MIMO (Multiple Inputmultiple Output), витрати ресурсів на управління, тривалість циклічних префіксів та ін. [3].

Принципово новим розв'язком для радіо інтерфейсу LTE стало використання нових методів множинного доступу – OFDMA у спадаючому каналі (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) і SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) – у висхідному. Важливо, що весь наявний спектр розбивається на ортогональні піднесучі по 15 кГц (у спадаючому каналі), кожна з яких, у свою чергу, модулюється певним видом модуляції (від QPSK до QAM256). Мінімальна смуга, що виділяється для одного абонента – 12 піднесучих. Очевидно, що використання багатопозиційних методів модуляції вимагає каналів з високим рівнем відношення сигнал/шум, погіршення ж радіо умов приведе до зниження порядку модуляції, а відповідно й швидкості передачі даних. Крім порядку модуляції важливо брати до уваги й схему завадостійкого кодування. Наприклад, кодування зі швидкістю 1/2 ще у два рази знижує швидкості передачі даних.

Найважливішою особливістю мереж LTE є масштабованість займаного ними частотного спектра від 1,4 до 20 МГц. Очевидно, що чим ширша смуга, тим більше будуть швидкості.

Мінімальною одиницею надання доступу одному користувачеві є ресурсний блок (їх кількість становить від 6 до 100 залежно від наявного спектру) – це 12 піднесучих у частотній області й один тайм-слот, або 7 OFDM-символів у часовій області тривалістю 0,5 мс. Піднесучі по краях спектра, як правило, використовуються в якості захисних інтервалів.

Немаловажним фактором при оцінці можливостей LTE є застосування технології MIMO. Існують кілька варіантів застосування MIMO: 2x2, 4x4 та навіть 8x8. Для збільшення абонентської ємності, при цьому з різних антен передається різна інформація. У цьому випадку використання MIMO приведе до збільшення швидкості передачі даних у спадаючому каналі відповідно у 2, 4 або 8 разів. Однак реалізація такої схеми зажадає додаткові частотно-часові ресурси для передачі опорних пілот-сигналів антен.

Інформація, передана на радіо інтерфейсі, ділиться на службову інформацію, яка транслюється по різних каналах управління, і на дані користувача каналу PDSCH (Physical Downlink Shared Channel). Оскільки більшість операторів, що запустили LTE, мають спарені смуги частот для висхідного й спадаючого потоків, то розглянемо особливості саме FDD-режиму, структуру його сигналу й співвідношення між службовими ресурсами та ресурсами користувача.

Для того щоб оцінити швидкості передачі даних у спадаючому каналі, спочатку оцінимо, скільки ресурсних елементів (або OFDM-символів) передається в часовому інтервалі, що дорівнює 1 мс, залежно від наявної смуги частот.

В одному субкадрі (два тайм-слоти) на одній піднесучій передається до 14 OFDM-символів. Таким чином, число OFDM-символів буде дорівнювати: $14 \cdot 12 = 168$ (12 – число, піднесучих у ресурсному блоці). Далі із загального числа символів, необхідно відняти число символів, виділених під канали управління. Коли використовується FDD-режим, 49 OFDM-символів зайняті службовою

інформацією – 29% частотно-часового ресурсу [4]. У такий спосіб усього $168 \cdot 49 = 119$ символів використовуються для передачі даних користувача.

Інформаційні символи, що залишилися, необхідно помножити на кількість біт, які вони можуть містити. Число біт у символі буде визначатися способом модуляції піднесучих – 2, 4, 6 або 8 біт відповідно до алгоритму QAM.

Далі необхідно врахувати вплив завадостійкого кодування. Як правило половина від отриманого числа біт піде на надмірність.

Використання MIMO збільшує швидкість у кратне число раз. Це самі основні особливості, які необхідно враховувати при оцінці швидкості.

Виконавши подібні розрахунки, нескладно одержати швидкості передачі даних у спадаючому каналі.

Реальна швидкість доступу для мобільних абонентів у спадаючому каналі, з урахуванням складності технічної реалізації MIMO, при поганих умовах приймання (використовується QPSK та перешкодостійке кодування) і наданні користувачеві одного ресурсного блоку складе $119 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1000 = 119$ кбіт/с, а при максимальній смузі частот 20 МГц (до 100 ресурсних блоків) і ідеальних умовах приймання (використовується QAM256 без перешкодостійкого кодування) – до $119 \cdot 8 \cdot 100 \cdot 1000 = 95,2$ Мбіт/с. Швидкість доступу у висхідному каналі буде ще меншою від зазначених.

Для поліпшення ситуації, що склалася з доступом до мобільного інтернету, збільшення території покриття та прискорення будівництва 4G-мереж на території країни Кабінет Міністрів України схвалив рішення про перерозподіл радіочастот в діапазонах 800-900 МГц [5].

Таким чином, при застосуванні технології LTE, заявлена швидкість безпроводового доступу для користувачів може бути меншою, ніж та що очікується і яка заявлена постачальниками обладнання. Враховуючи вище зазначене, а також необхідність значних інвестицій на розгортання мережі LTE, постачальникам послуг варто здійснювати аналіз терміну окупності та можливих прибутків з урахуванням можливостей інших технологій безпроводового доступу.

Література

1. Тестирование Mind: какой скоростью 4G удивляют абонентов мобильные операторы URL: <https://mind.ua/ru/publications/20194703-testirovanie-mind-kakoj-skorostyu-4g-udivlyayut-abonentov-mobilnye-operatory> (дата звернення: 10.03.2020).
2. 4G/LTE в Украине. Диапазон частот, зона покрытия, операторы, тарифы. URL: https://www.workmobiles.ru/tags/LTE_v_ukraine (дата звернення: 10.03.2020).
3. Явіся В.С., Вакуленко О.В. Оцінка швидкості передавання у мережах 4G // XI Науково-практична конференція «Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення. Застосування підрозділів, комплексів, засобів зв'язку та автоматизації в операції Об'єднаних сил». Доповіді та тези доповідей. – К.: ВІПІ. – 2018. – С. 238-239.
4. Дроздова В.Г., Белов М.А. Оценка пропускной способности сетей LTE. // Мобильные телекоммуникации. – 2012. – №5. – С. 20-22.
5. В Украине перераспределили частоты для 4G. URL: <https://deps.ua/novosti/novosti-rynka/item/68243.html> (дата звернення: 10.03.2020).