

## ПОБУДОВА МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ 4G

*Гнитецький В. А.*

*(Науковий керівник Булашенко А. В., ст. викл.)*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,*

*Радіотехнічний факультет*

Радіотехнології швидкими темпами розвиваються, і на зміну мереж 3G пришли мережі 4G. Останні декілька років в Україні стрімко розгортають мережу четвертого покоління 4G на основі LTE.

Технологія LTE (Long-Term Evolution) – це мобільний протокол передачі даних в мережах 4G, що є продовження мереж 3G [1-9]. Ця технологія здатна забезпечити збільшення швидкості передачі даних в мобільних мережах до 90 разів. Мережі 3G забезпечують швидкість передачі даних до 3,6 Мбіт/сек, а мережі LTE дозволяють забезпечити швидкість передачі даних до 326.4 Мбіт / с від базової станції до користувача і до 172.8 Мбіт / с у зворотному напрямку.

Архітектура мережі LTE забезпечує підтримку пакетного трафіка з мінімальними затримками доставки пакетів і високими показниками якості обслуговування. Спрощена архітектура показана на рис.1. Мобільність забезпечують двома її видами: роумінгом та хендовуером. Мережа LTE повинна підтримувати дані типи мобільності з усіма існуючими мережами, для LTE-абонентів необхідно забезпечити всебічне покриття послуг безпроводного широкосмугового доступу.

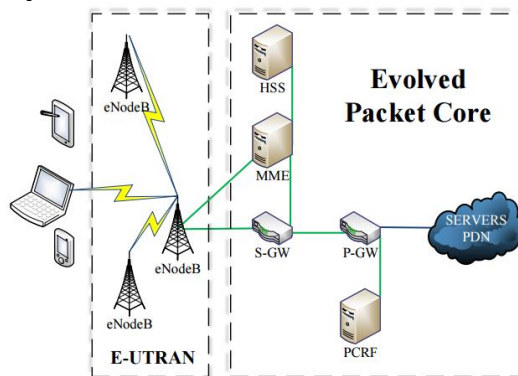


Рис.1. Спрощена архітектура мережі LTE

Пакетна передача дозволяє забезпечити всі послуги, включаючи передачу користувацького голосового трафіка. Архітектура мереж LTE досить проста, оскільки практично всі мережні взаємодії відбуваються між двома вузлами: базовою станцією БС та блоком управління мобільністю БУМ, в технічних специфікаціях БС називається В-вузлом (Node-B, eNB), а БУМ (MME, Mo-bility Management Entity), реалізаційна, включає і мережевий шлюз Ш (GW, Gateway), тобто мають місце комбіновані блоки MME / GW. Перехід до технології LTE дозволяє операторам зменшити загальні витрати мережі, що

дає можливість розширити покриття та підвищити доходи від надання послуг передачі даних. Але, для запуску мобільної технології необхідно мати вільні частоти. Найбільш популярний діапазон, в якому практично весь світ буде 4G FDD LTE є 1800 МГц, а в Україні ці всі частоти використані під мобільний зв'язок GSM та зайняті трафіком передачі даних GPRS і EDGE.

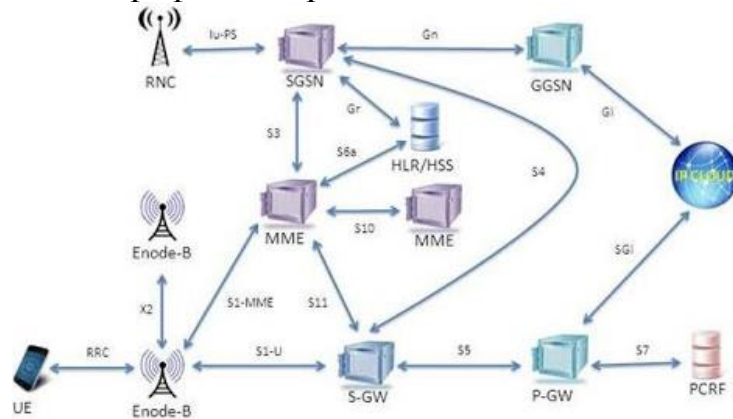


Рис. 2. Архітектура мережі LTE

LTE базується на трьох основних технологіях: мультиплексування ортогональних несучих OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), багатоантенних системи MIMO (Multiple Input Multiple Output) і еволюційна системна архітектура мережі SAE (System Architecture Evolution). Дуплексне розділення каналів може бути частотним (FDD) та часовим (TDD). Підтримка FDD (Frequency Division Duplex) дуже зручна для звичайних стільникових операторів, оскільки використовують спарені частоти. Вона більш ефективна в плані використання частотного ресурсу, ніж TDD. Найбільш поширеним варіантом передачі даних є саме FDD технологія.

Технологія OFDM передбачає передачу широкосмугового сигналу за допомогою незалежної модуляції, розташованих з певним кроком по частоті  $f$ . Один OFDM-символ містить набір модульованих піднесучих. У часовій області OFDM-символ включає поле даних (корисна інформація) і так званий циклічний префікс CP (Cyclic Prefix) - повторно передаваний фрагмент кінця попереднього символу.

Багатоантенні системи MIMO в LTE [5] максимально спрощені, тому що орієнтовані на прості абоненські пристрої. Стандарт розглядає MIMO-схеми 1, 2 і 4 передавальних і приймальних антен в різних поєднаннях. У MIMO-системах є два основні види передачі – просторове мультиплексування і диверсифікована передача.

Система SAE є ефективна підтримка широкого комерційного використання будь-яких послуг на базі IP та забезпечення безперервного обслуговування абонента при його переміщенні між мережами безпроводового доступу (рис. 3). У мережі з архітектурою SAE застосовують вузли лише двох типів – БС (evolved NODEB, eNodeB) і шлюзи доступу (Access Gateway, AGW). Зменшення числа типів вузлів дозволить операторам понизити витрати як на розгортання мереж LTE/SAE, так і на їх подальшу експлуатацію.

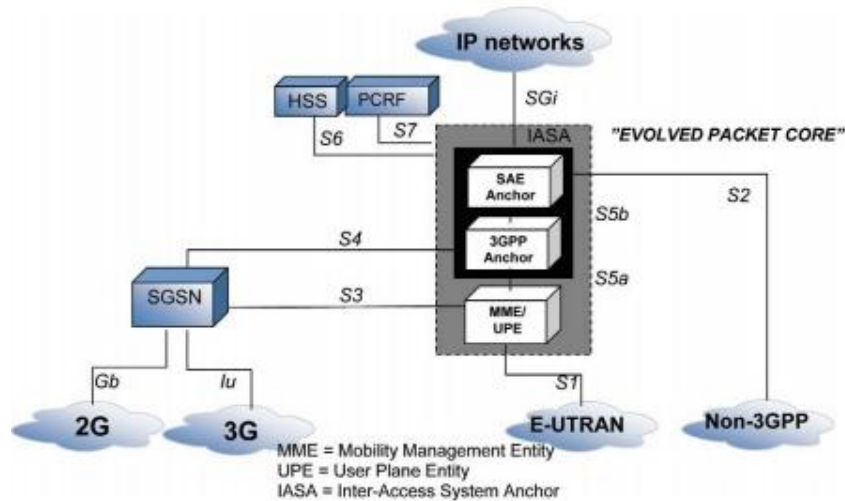


Рис. 3. Зразкова архітектура мережі LTE

Отже, мережа 4G фактично є еволюційним розвитком стільникових мереж попередніх поколінь. працездатність мереж попередніх поколінь зберігається при побудові мереж LTE, обладнання якої успішно взаємодіє з вже встановленому у мережі обладнанні, та не впливає на поточні послуги, при цьому вводяться нові.

#### Література

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. – Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура, Москва, «Эко-Трендз», 2010 – 158 с.
2. Rezk M. Performance comparison of a novel hybrid smart antenna system versus the fully adaptive and switched beam antenna arrays /M. Rezk, W. Kim, Z. Yun, M.F. Iskander // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2015. – Vol. 4. – pp. 285-288. DOI: 10.1109/LAWP.2005.854003.
3. Булашенко А.В. Міська радіомережа зв'язку четвертого покоління на основі LTE-Advanced / А.В. Булашенко, В.С. Чвикова // Матеріали X науково-технічної конференції «Радіоелектроніка в XXI столітті». — Київ: КПІ, 12-13 травня 2016. — С. 36 – 41.
4. Булашенко А.В. Порівняльний аналіз технологій 4G / А.В. Булашенко, Т.В. Горієнко // Матеріали II Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 20 квітня 2017 року. — Суми: Сумський державний університет, 2017. — С. 177 – 181.
5. Булашенко А.В. Модель MIMO у радіомережі 4G / А.В. Булашенко, О.С. Вус // МНТК «РТПСАС». Київ, 20 – 26 березня 2017 р — Київ, 2017. — С. 158 – 161.
6. Булашенко А.В. Аналіз побудови 4G радіомереж / А.В. Булашенко, Т.В. Гордієнко // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 20 – 26 березня 2017 р — Київ, 2017. — С. 164 – 167.
7. Булашенко А.В. Модель OFDM з цикло-стаціонарним визначенням спектру / А.В. Булашенко, С.В. Ященко // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 18 – 24 листопада 2019 р — Київ, 2019. — С. 192 – 194.
8. Булашенко А.В. Використання циклостаціонарної функції для покращення детектування / А.В. Булашенко, І.В. Демченко // МНТК «РТПСАС». Київ, 18 – 24 листопада 2019 р — Київ, 2019. — С. 33 – 35.
9. Chen S. LTE-V: A TD-LTE-Based V2X solution for future vehicular network /S. Chen, Z. Li, Y. Shi, J. Hu // IEEE Internet of Things Journal. – 2016. – Vol. 3, no. 6. – pp. 997-1005. DOI: 10.1109/IIOT.2016.2611605.