

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ ПОБУДОВИ РАЦІОНАЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ МЕРЕЖІ 5G НА ОСНОВІ ІСНУЮЧИХ 4G МЕРЕЖ

Правило В.В.

*Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: v.v.pravylo@ukr.net*

ANALYSIS OF DIRECTIONS FOR BUILDING A RATIONAL 5G NETWORK ARCHITECTURE BASED ON EXISTING 4G NETWORKS

The migration scenario from LTE to 5G networks is presented. Options for choosing the level of integration are offered.

Сценарії міграції від LTE до 5G.

Найбільш затребуваною стратегією розгортання 5G для операторів зв'язку, ймовірно, буде довгострокове співіснування мереж 4-го і 5-го покоління з максимальним повторним використанням інфраструктури, вузлів і елементів мережі. Це дозволить операторам модернізувати свої мережі не революційно, а прогресивно (еволюційно), з одного боку, зберігаючи інвестиції в будівництво LTE-мереж і широку зону радіопокриття мереж LTE, з іншого – надавати клієнтам нові послуги на основі 5G в областях, де ці послуги користуються попитом.

Вибір рівня інтеграції.

Рівень, на якому стикаються стеки протоколів LTE і 5G, визначається як рівень інтеграції. Цей рівень має інтерфейс для нижчих рівнів, які відносяться до різних технологій радіодоступу, але пропонує однакові послуги для рівня інтеграції. Останній буде доставляти пакети з верхніх шарів до різних RAT, і збирати трафік, що надходить з різних нижніх шарів.

Варіанти вибору рівня інтеграції:

Спільний рівень **РНУ**: це рішення теоретично може бути життєздатним, так як OFDM або один з його варіантів, як очікується, буде основою для архітектури фізичного рівня 5G. Однак 5G використовуватиме дуже різні структури кадрів і

нумерологія для різних цілей. Тому інтеграція LTE і 5G на рівні РНУ є дуже складним завданням, і переваги будуть обмежені.

Більше того, використання загального рівня РНУ обмежує можливість змін стеку верхніх шарів, щоб адаптувати його до вимог 5G. Нарешті, операції на Рівні РНУ в цьому випадку повинні бути сильно синхронізовані, і це запобігає нерозміщеному розгортанню eNB для різних RAT;

Спільний рівень **MAC**: інтеграція на рівні MAC може забезпечити

високий рівень координації. Можливим варіантом агрегації MAC є агрегація несучих, яка вже стандартизована для LTE. На цьому рівні можливо координувати планування ресурсів для різних RAT, виконувати HARQ на різних носіях та уникати труднощів передачі контексту між RLC та PDCP, оскільки для кожного носія буде по одній копії обох. Однак операції рівня MAC синхронізовані, що дозволяє розгортання лише спільно розташованих RAT. Більше того, LTE і 5G можуть розроблятися з різними дуплексними рішеннями та різними схемами розподілу часу та частоти. Тому, хоча потенційні переваги дуже привабливі, інтеграція на MAC обмежує можливості проектування управління доступом до 5G, на відміну від LTE, не допускає абсолютно нового дизайну, який враховує особливості комунікацій mmWave;

Спільний рівень **RLC**: цей вибір має деякі обмеження, що здатні запобігти розгортанню без спільного розміщення. Дійсно, рівень RLC приймає з інструкцій планувальника рівня MAC укази щодо можливостей передачі, тобто скільки байтів доступно для передачі протягом наступного інтервалу часу. Цей зв'язок не може підлягати додатковим затримкам зв'язку MAC-RLC між віддаленими точками розміщення. Крім того, сегментація і повторне складання працюватиме тільки при наявності загального планувальника. Врешті, основною перевагою інтеграції на стеці RLC є наявність однієї передачі і, для AM RLC, буфера повторної передачі, що здатне покращити координацію між двома RAT;

Загальний рівень **PDCP**: рівень PDCP не має жорстких вимог до синхронізації і тому може бути чудовим кандидатом як рівень інтеграції, коли бажаний підхід не пов'язаний із спільним розташуванням. Інтеграція на рівні PDCP дозволяє створювати з чистого аркуша рівні PHY, MAC і RLC, щоб їх можна було адаптувати до нових вимог мереж 5G.

Для реалізації цієї стратегії 3GPP запропонував кілька можливих сценаріїв (або варіантів) впровадження 4G (LTE) і 5G (NR). Всі варіанти діляться на дві основні групи:

1. Standalone (SA) - передбачають використання тільки однієї технології радіодоступу (LTE або NR - New Radio);
2. Non-Standalone (NSA) - використання і LTE і NR, що спрощує розгортання мереж 5G на початковому етапі.

Неавтономне розгортання 5G вимагає оновлення базових станцій 4G-LTE до eLTE (або розширеного LTE), щоб підтримувати розширені функції базової станції 5G (gNb). Стандартизація цього сценарію (в рамках випуску 15 3GPP) була завершена в січні 2018 року.

Важливим аспектом для реалізації неавтономних опцій є концепція подвійного підключення, визначена 3GPP у випуску 12, яка передбачає підключення терміналів користувача (UE) у стані RRC_CONNECTED до двох базових станцій одночасно (Master eNb і Secondary eNb). Ключова відмінність між подвійним підключенням та агрегацією частот полягає в тому, що він підключається до двох різних базових станцій, підключених через інтерфейс

X2, і, як правило, розташовані на різних сайтах.

При цьому можливі дві схеми реалізації:

1. split bearer - в цій схемі на PDCP рівні потік призначених для користувача даних (user plane) віртуального каналу розщеплюється на два підпотоків в напрямку Master eNb і Secondary eNb відповідно;

2. switch bearer - в цій схемі потік призначених для користувача даних (user plane) може комутуватися або в напрямку Master eNb, або в напрямку Secondary eNb (без агрегації).

Реалізація Non-Standalone накладає додаткові вимоги до складності користувацьких терміналів (UE), включаючи одночасну роботу двох модемів, збільшення розміру буфера та додаткове навантаження на ресурси процесора рівня PDCP для відновлення порядку пакетів (у режимі MCG split bearer).

Вибір сценарію міграції.

Зараз у багатьох розвинених країнах вже є покриття 4G по всій або майже по всій країні. В Україні ситуація інша, оскільки великі території залишаються неохопленими навіть мережами третього покоління, але на це є як технічні так і інші об'єктивні причини. Проте всі великі міста мають покриття 4G від великих українських операторів мобільного зв'язку, а великі міста є першими кандидатами на впровадження нових мобільних технологій п'ятого покоління, оскільки в них є великий натовп людей, є потреба у вищій швидкості мобільного інтернету та більша пропускна здатність, можливість одночасно надавати послуги великій кількості людей і підключати величезну кількість різних пристроїв, є бажання розвивати Інтернет речей для реалізації ідей «розумного» міста, автоматизувати багато процесів. Першими кандидатами на покриття 5G є стадіони, великі торгові центри тощо.

Враховуючи наявність повністю розгорнутих і функціонуючих мереж четвертого покоління, найкращим рішенням було б використовувати їх на ранніх етапах впровадження нової технології 5G. У будь-якому випадку цим технологіям доведеться співіснувати дуже довго, тому потрібно зробити їх взаємодію максимально ефективною і непомітною для звичайного користувача.

Поступове впровадження дозволить операторам оновлювати свої мережі поступово, без поспіху, зберігаючи при цьому широке покриття 4G, пропонуючи клієнтам, які зацікавлені в нових можливостях, які відкриваються з технологіями наступного покоління.

Тому використання сценарію Non-Standalone (NSA) є найбільш оптимальним для операторів та їх клієнтів.

Література

1. Jackson, Cyrus, The 5G Network Architecture: A Guide That Covers Everything About The 5G Technology , ISBN 13: 9798644075591.
2. Ge Xiaohu, Zhang Wuxiong. 5G Green Mobile Communication Networks.
3. Launay Frédéric, Perez André. LTE Advanced Pro: Towards the 5G Mobile Network.