

ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ 5G ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СЕРВІСІВ

Тимофеев Є.М., Носков В.І.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: timofeevzh@gmail.com, nvi2010@ukr.net

5G TRANSPORT NETWORK FEATURES FOR MODERN SERVICES IMPLEMENTATION

This report is devoted to modern concepts and services of the 5G cellular network (IMT-2020). Main requirements and possible variants for 5G-transport network are present in order to provide these services.

Доповідь присвячена новітній концепції та сервісам мережі мобільного зв'язку 5G (IMT-2020). Представлені основні вимоги та концептуальні підходи до побудови транспортної мережі мобільного зв'язку 5G для забезпечення цих сервісів.

В сучасному світі зростання трафіку і доходів все очевидніше відбувається не стільки в секторі пристроїв, що належать людям, а, насамперед, в секторі інтернету речей. Кількість таких пристроїв стрімко зростає і майже всі з них потребують бездротового з'єднання.

Тому метою створення мобільних мереж 5G було значне розширення функціоналу мереж попередніх поколінь для забезпечення функціонування існуючих сервісів і відкриття можливостей для реалізації найновітніших та перспективних сервісів, зокрема Інтернету речей (IoT). Розширення функціоналу відбувалось у трьох основних напрямках [1]:

1. Вдосконалення мобільного широкосмугового доступу (EMBB);
2. Забезпечення наднадійного з'єднання з низькою затримкою (ULLRC);
3. Забезпечення функціонування масивних міжмашинних комунікацій (Massive IoT/IIoT, mMTC).

На основі цих видів функціоналу будується все різноманіття послуг та мереж, найбільш характерні з них показані на рис. 1.

Значно збільшена швидкість передачі для кожного мобільного пристрою і може сягати до 100 Мбіт/с. При цьому пікова швидкість базової станції становить до 20 Гбіт/с. Це досягається за рахунок використання більш високочастотних діапазонів та новітніх радіотехнологій доступу. Такі швидкості достатні не тільки для домашніх користувачів, а й для підприємств.

Забезпечується ефективне функціонування сервісів IoT, таких як розумний будинок, розумне місто. Основні сервіси розумного міста: Безпечне місто, електронний уряд (e-Government), електронна охорона здоров'я (e-Health), електронна освіта (e-Education), електронний банкінг (e-Bank), автоматизований збір показників лічильників послуг ЖКГ (Smart Meters), «розумні електромережі» (Smart Grid), керування дорожнім рухом та інші.

Мережа 5G відкриває широкі можливості по використанню хмарних обчислень: сховища даних, створення та керування прикладними програмами, а також в сфері промислової автоматизації (IIoT – Industrial Internet of Things).

Мережі 5G забезпечують активний розвиток таких напрямків, як електронна медицина, сільське господарство, безпілотний транспорт, додана та віртуальна реальність (AR/VR).



Рис. 1. Характерні види сервісів мережі 5G

Для забезпечення вищезазначених сервісів мобільна мережа 5G повинна мати ключові показники, що наведені на рис. 2. Також на цьому рисунку для порівняння показані показники мережі 4G (IMT-Advanced) [2].



Рис. 2. Ключові показники мережі 5G

В структуру 5G входять три частини: мережа радіодоступу, транспортна мережа та опорна мережа.

Мережа радіодоступу для забезпечення потрібної високої перепускної здатності використовує діапазони надвисоких частот, впритул до міліметрового діапазону, Massive MIMO, а також високу щільність розміщення базових станцій (радіус соти може бути декілька сотень метрів). Оскільки базових станцій потрібно мати велику кількість, то для зменшення вартості мережі радіодоступу функціонал базової станції зводиться практично до фізичного рівня. Таким чином, базова станція представляє собою невеличкий модуль, що встановлюється на щоглі та інтегрується з антеною. Для передачі даних між базовими станціями та опорною мережею створюється транспортна мережа, яка відповідно до рішень 3GPP та ITU-T розподілена на три транспортних сегмента: Fronthaul, Middlehaul та Backhaul (рис. 3).

Транспортна мережа відіграє значну роль в забезпеченні потрібної мінімальної затримки та значної перепускної здатності. Дуже важливим і складним сегментом транспортної мережі є саме Fronthaul, який з'єднує віддалені радіомодулі RRU та розподільчі

модулі gNB-DU [2]. В сегменті Fronthaul доцільно використовувати пакетні технології, такі як Ethernet. Це дає можливість використовувати алгоритми пріорітезації трафіку. Питання синхронізації в мережі вирішується за рахунок використання протоколу SyncE.

На фізичному рівні у якості технологій транспорту можливо використовувати темні волокна, WDM, PON, а також радіорелейні лінії (Microwave Link).

Що стосується каналного рівня, то для забезпечення жорстких вимог по затримці та недопущенню втрат пакетів при перевантаженні, потрібно використовувати технологію TSN Ethernet (Time Sensitive Networking Ethernet). Для надійності функціонування та діагностичних потреб потрібно, щоб була реалізована Link-OAM та Ethernet-OAM функціональність. Ще одним, та на наш погляд найбільш привабливим варіантом побудови Fronthaul є використання технології оптичних транспортних мереж (OTN) зі спрощеною схемою інкапсуляції Ethernet-фреймів. Це забезпечує відмінну керованість мережею та високу надійність на операторському рівні, а виключення не потрібних для Fronthaul службових полів в ODU та OTU значно зменшує затримки.

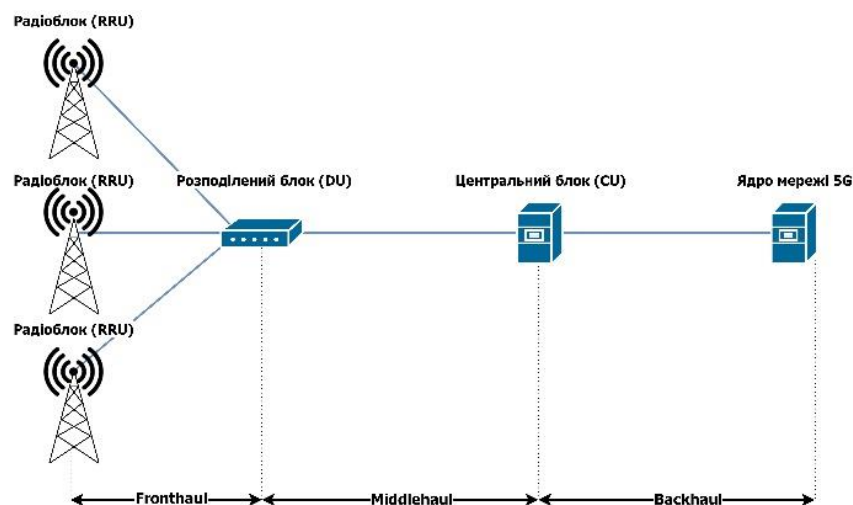


Рис. 3. Структура транспортної мережі 5G.

Сегмент, що зв'язує gNB-DU- та gNB-CU-компоненти базової станції, утворює Middlehaul. Вимоги тут менш жорсткі, ніж між DU та RRU, оскільки, на відміну від DU, де має місце обробка даних реального часу, у центральному модулі CU реалізовані лише офлайн-алгоритми.

Транспортне обладнання Backhaul поєднує стільники між собою і через метросегмент доставляє їх трафік до магістрального ядра мережі. Найбільш перспективною технологією Backhaul однозначно залишається стек Ethernet/OTN, що забезпечує максимальну пропускну здатність та надійність з'єднань [3].

Таким чином, в доповіді розглянуто основні можливості мережі 5G для забезпечення сучасних і перспективних сервісів. Показано, що важливим елементом мережі 5G є транспортна мережа, яка складається з трьох сегментів, де найбільш складним з них є Fronthaul. В якості стека технологій для сегментів Backhaul та Fronthaul доцільніше обирати стек Ethernet/OTN.

Література

1. 5G Пятое поколение мобильной связи // Tadviser. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.tadviser.ru/a/270048>.
2. Транспортная сеть для 5G // COMNEWS. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.comnews.ru/content/120355/2019-06-24/transportnaya-set-dlya-5g-vladimir-starovarov-glavnyy-ekspert-fiksirovannogo-shpd-huawei-evraziya>.
3. Huawei Technologies Co. 5G Transport Networks White Paper: Heavy Reading Operator Survey & Analysis. 2019.