

ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТУ 5G НА БАЗІ ІСНУЮЧОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МЕРЕЖІ

Тріска Н.Р.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: ntriska@ukr.net

THE ISSUES OF 5G DEPLOYMENT BASED ON THE LEGACY NETWORK INFRASTRUCTURE

The first experience of 5G deployment on the typical mobile operator networks is analyzed. The problems of adaptation of the legacy network infrastructure for 5G requirements are considered, especially in the field of network synchronization.

В доповіді проаналізовано перший практичний досвід впровадження стандарту 5G на існуючих мережах операторів мобільного зв'язку. Розглядаються проблеми адаптації існуючої мережевої інфраструктури до вимог 5G, зокрема, в частині забезпечення синхронізації.

Однією з провідних тенденцій розвитку сучасних інфокомунікацій є впровадження нового стандарту мобільного зв'язку (5G). Мережа 5G, основними засадами якої є суттєве збільшення швидкості передавання даних та впровадження програмно-конфігурованої архітектури з віртуалізацією мережеских функцій (SDN/NVF), стала базовою концепцією розвитку інформаційно-комунікаційних технологій на найближче десятиріччя.

Протягом останніх років основну увагу телекомунікаційної спільноти було спрямовано на розробку та стандартизацію загальних положень та технічних рішень для майбутніх мереж 5G, і в цьому напрямку досягнуто значного прогресу [1, 2]. Основний обсяг технічних специфікацій для майбутніх мереж 5G розробляється в рамках Партнерського проекту 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Координацію діяльності з міжнародної стандартизації технології 5G здійснює Міжнародний Союз Електрозв'язку ІТУ-Т в рамках платформи ІМТ-2020. Ці процеси будуть тривати і надалі, оскільки велике коло питань потребує детальних досліджень і опрацювання. Але наразі на перший план виходять практичні аспекти впровадження розроблених стандартів на реальних мережах.

В багатьох країнах світу (у Великобританії, Японії тощо) провідні телекомунікаційні оператори вже почали будівництво мереж 5G, вирішуючи питання адаптації існуючої мережевої інфраструктури до технічних вимог стандартів 5G. Незважаючи на значну кількість напрацьованих нормативних документів, важко переоцінити роль практичного досвіду дослідної та комерційної експлуатації нових мереж 5G, оскільки такий досвід дозволяє виявити сильні та слабкі сторони запропонованих технічних рішень і знайти оптимальні шляхи впровадження нової технології з максимальним використанням існуючої інфраструктури.

Розглянемо деякі аспекти впровадження стандарту 5G на основі досвіду провідних операторів [3, 4].

Дослідне розгортання мереж 5G виявляє нездатність мереж попередніх технологій задовольнити вимоги 5G – як в частині доступу (за визначенням), так і в частині базової ТМ з забезпечення зростання пропускну здатності.

Розвиток мереж мобільного зв'язку демонструє стабільну тенденцію зростання ролі синхронізації і, відповідно, збільшення кількості використовуваних методів та технічних засобів і встановлення більш жорстких нормативних вимог до точності частоти та/або фази. В таблиці 1 наведено основні показники різних стандартів мобільного зв'язку – від 1G до 5G (зокрема, вимоги до точності частоти та фази на базових станціях). Необхідність в точній синхронізації виникла на етапі впровадження мереж стандарту 2G (GSM), що спиралися на транспортну інфраструктуру SDH. На той час мова йшла лише про тактову (частотну) синхронізацію. Але з появою стандарту 3G (технологія з кодовим розділенням каналів – CDMA) окрім частотної синхронізації знадобилася також синхронізація фази/часу, що було пов'язано з впровадженням нових послуг (локації, “м'якого” передавання обслуговування – handover, тощо). Ці тенденції набули подальшого розвитку на етапі впровадження стандарту 4G (на базі технології розділення ортогональних несучих – OFDMA) і залишаються актуальними під час розгортання мереж 5G. Більше того, забезпечення точної фазової синхронізації на кожній базовій станції (БС) є необхідною умовою виконання жорстких вимог стандарту 5G щодо низької затримки передавання даних (порядку 1 мс, на відміну від 10 мс в системах 4G).

Таблиця 1. Основні показники стандартів мобільного зв'язку.

1G ⇒	2G ⇒	3G ⇒	4G ⇒	5G
1980 р.	1990 р.	2000 р.	2010 р.	2020 р.
ДОСТУП ↓				Концепція IMT-2020/5G
FDMA	TDMA	CDMA	OFDMA	
ПОСЛУГА ↓				
АМ	ЦМ, ПД, 2-3 кб/с	ЦМ, ПД: ~ 20 Мб/с	ЦМ ПД: 100 Мб/с~1Гб/с	
ТАКТОВА (ЧАСТОТНА) СИНХРОНІЗАЦІЯ ↓				
ні	так	так	так	так
	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
ФАЗОВА / ЧАСОВА СИНХРОНІЗАЦІЯ ↓				
ні	ні	так	так	так
		$\pm 1,25$ мкс/TDD	± 1 мкс/TDD; $\pm 0,5$ мс/FDD	$\pm 1,5$ мкс
АМ – аналогова мова; ЦМ – цифрова мова; ПД – передавання даних				

В стандартах 3G фазова синхронізація була потрібна лише в разі використання систем з часовим розподілом напрямків передавання – TDD (Time Division Duplex). Але часто оператори використовували варіант з частотним розподілом напрямків – FDD (Frequency Division Duplex), де було достатньо добре відпрацьованих технічних рішень з частотної синхронізації. З впровадженням 4G і особливо 5G постала необхідність забезпечення на кожній БС фазової синхронізації з точністю не гірше $\pm 1,5$ мкс, що іноді важко реалізувати на базі існуючого обладнання (або навіть неможливо, особливо з огляду на перспективу впровадження ще більш жорстких вимог – точності

порядку ± 260 нс). Кожний оператор вирішує цю проблему виходячи зі своїх технічних та фінансових можливостей, і дуже важливо знайти оптимальні варіанти впровадження нових технічних рішень з фазової/часової синхронізації.

На фрагментах мережі, де створюється повністю нова транспортна інфраструктура, адаптована до вимог 5G, технічних проблем з забезпеченням фазової синхронізації не виникає. Але на “старих” фрагментах треба шукати оптимальні рішення. Одним з таких компромісних варіантів, що може використовуватись під час “перехідного періоду”, є використання подвійного підключення – ENDC (E-UTRAN New Radio - Dual Connectivity), яке дозволяє надавати користувачу окремі функції 5G до створення повноцінної транспортної інфраструктури 5G із забезпеченням фазової синхронізації. Технологія ENDC дозволяє підключати абонентський термінал одночасно до мереж 4G та 5G з обміном даними між ними (в тому числі в частині синхронізації). Це дозволяє використовувати фазову синхронізацію з існуючою мережею 4G (FDD) з точністю $\pm 0,5$ мс.

Також можливе вирішення проблеми фазової синхронізації на локальному рівні – шляхом встановлення приймача GPS на кожній БС, що потребує синхронізації. Але таке рішення має бути технічно можливим і економічно обґрунтованим.

В даних тезах висвітлено лише окремі питання впровадження 5G, але подібні обмеження та необхідність пошуку компромісних варіантів стосуються не лише забезпечення синхронізації, а й інших аспектів впровадження.

Можна констатувати, що для подальшого розвитку сценаріїв розгортання та введення в комерційну експлуатацію мереж 5G необхідне аналітичне опрацювання набутого досвіду перших пілотних проектів. Під час розгортання мереж 5G необхідно враховувати той факт, що ці пілотні проекти частково реалізуються на базі існуючої інфраструктури, яка створювалася для підтримки стандартів мобільного зв'язку попередніх поколінь (2G/3G/4G) і наразі продовжує виконувати ці функції. Але практика впровадження вказує на неможливість перманентного розвитку від 4G до 5G. Тому планування та проведення дослідної експлуатації потребує ретельного дослідження технічних умов та засобів реалізації мереж 5G.

Література

1. Тріска Н.Р. Актуальні завдання підготовки телекомунікаційних мереж до впровадження стандарту 5G. – Тринадцята Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи телекомунікацій” (ПТ-2019), 15-19 квітня 2019 р. Матеріали конференції. – ІТС НТУУ “КПІ”. – С. 131-133.
2. Тріска Н.Р. Синхронізація в телекомунікаціях нового покоління: обзор технологий и стандартов. – Дванадцята Міжнародна науково-технічна конференція “Проблеми телекомунікацій” (ПТ-2018), 16-20 квітня 2018 р. Матеріали конференції. – ІТС НТУУ “КПІ”. – С. 101-103.
3. M. Kingston. Deploying Phase Synchronisation. When strategy met reality. – The International Timing and Sync Forum (ITSF), 1-4 November 2020.
4. S. Ruffini, M. Johansson, B. Pohlman, M. Sandgren 5G synchronization requirements and solutions. – Ericsson technology review, January 2021. – p. 2-13.