

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

«Телекомунікаційні системи»

Тема роботи: Метод побудови раціональної архітектури мережі 5G на основі існуючих 4G мереж

Виконав:

Керівник:

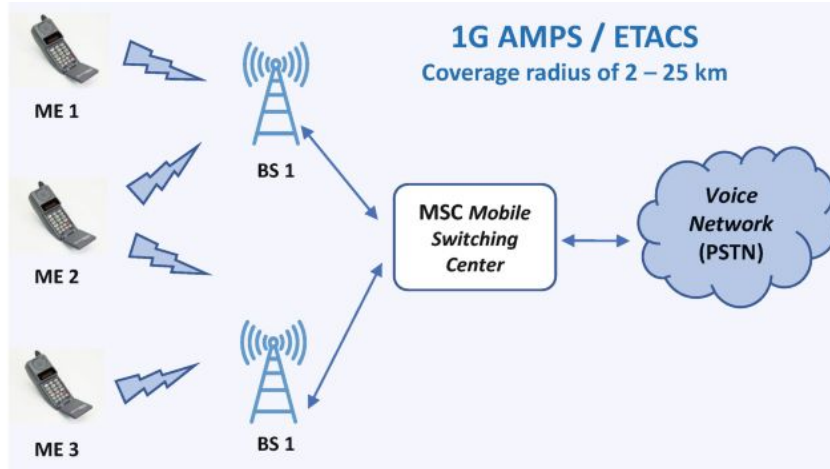
Актуальність теми роботи. Мобільні телекомунікаційні системи зазнали значного розвитку за рядом напрямків, включаючи швидкість передачі даних, покриття та технології, які відповідні режими функціонування мережевого обладнання. Цей розвиток дозволив використовувати бездротовий зв'язок не лише для голосових викликів, а для інших цілей. Стало можливим передавати величезні об'єми даних через стільникові мережі, починаючи з фотографій, відео, відеодзвінків і файлів даних, а також дистанційно керувати технологічними процесами. Крім того, були сформовані нові типи зв'язку, як-от зв'язок між машинами (M2M), з низькою затримкою та високою надійністю з'єднання. З іншого боку, складність бездротової мережі зросла, оскільки перелік основних функцій став ширшим. При цьому, вартість розгортання мережевої інфраструктури кожного наступного покоління зростає. Так, важливим є процес дослідження можливостей застосування існуючої мережі 4G у ході розгортання мережі наступного покоління - 5G.

Об'єкт дослідження - інтеграція мереж 4G та 5G.

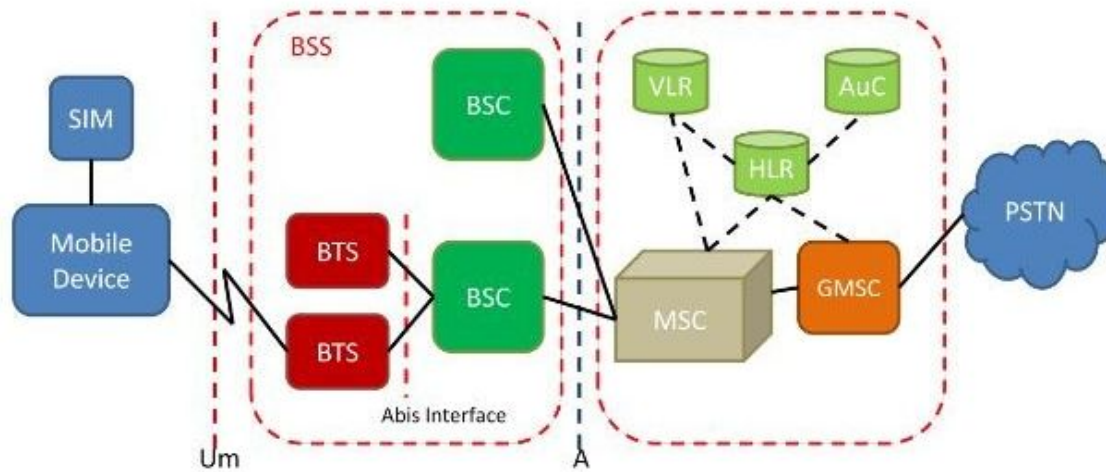
Предметом дослідження є методи та засоби побудови раціональної архітектури мереж 5G на основі існуючих 4G-мереж.

Метою роботи є розробка методу побудови архітектури мережі 5G з урахуванням раціонального використання існуючої інфраструктури мережі 4G.

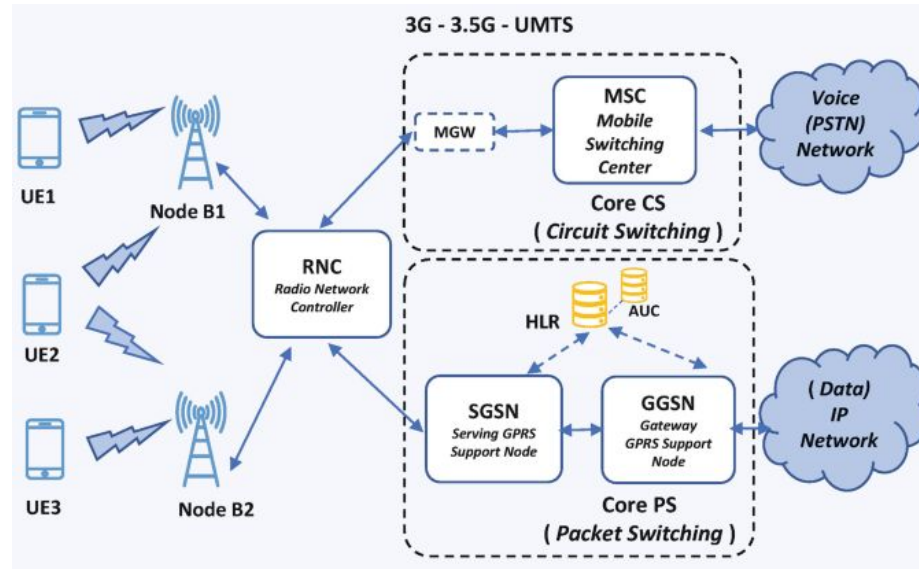
Архітектура мережі 1G AMPS



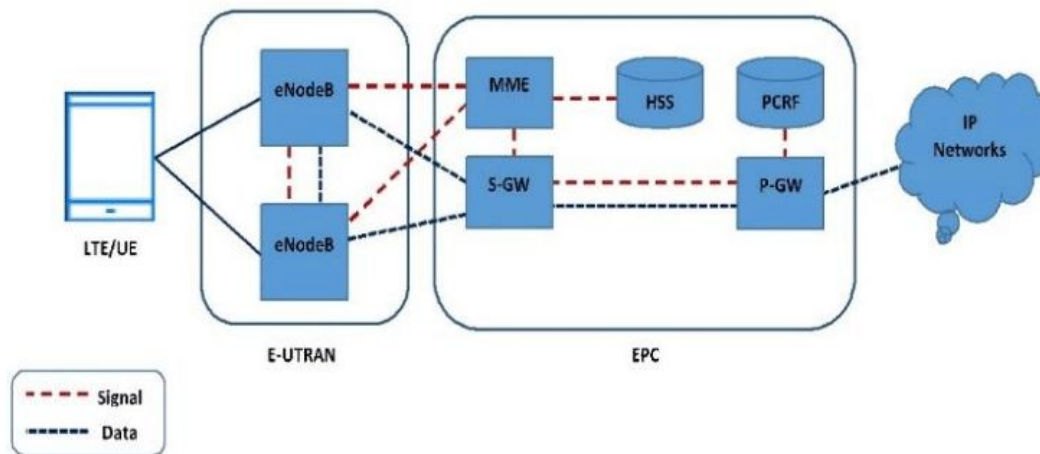
Архітектура мережі 2G GSM



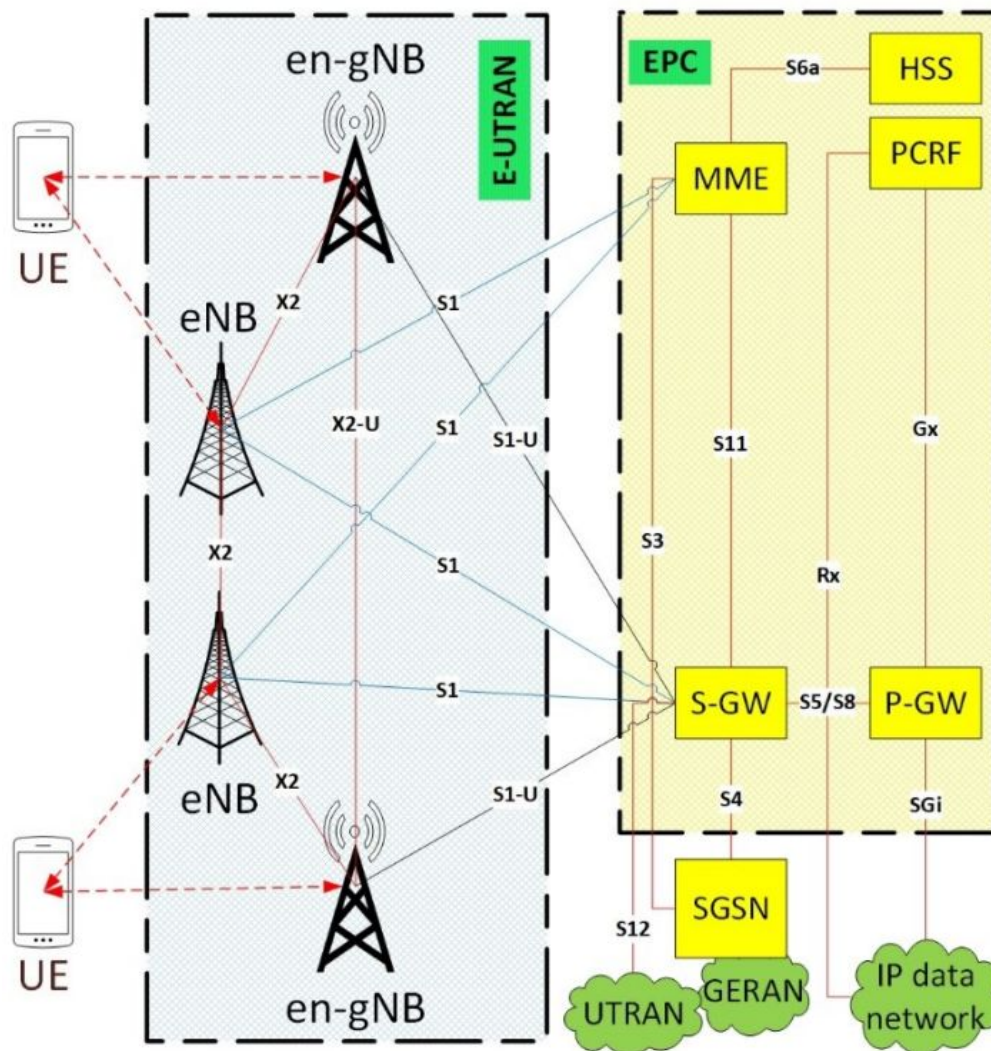
Архітектура мережі 3G



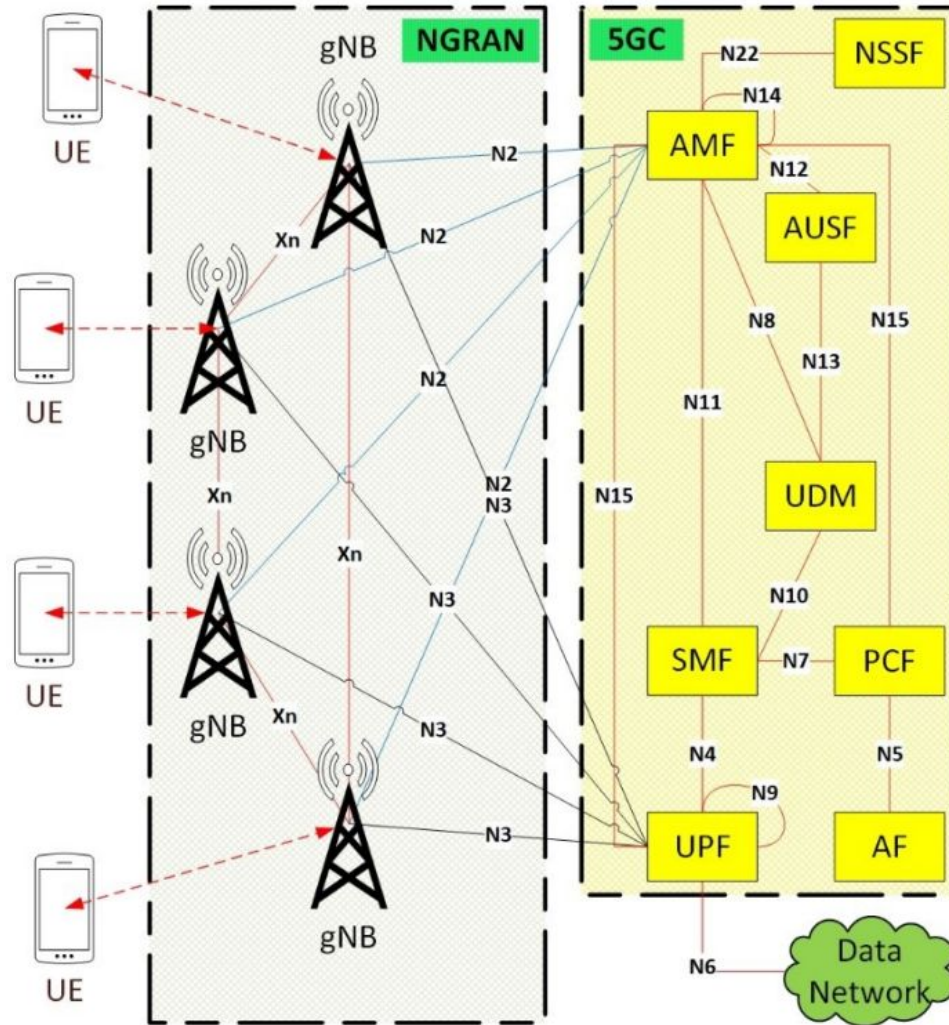
Архітектура мережі 4G



Архітектура мережі 5G NSA



Архітектура мережі 5G SA



Коефіцієнта загасання міліметрових хвиль для різних матеріалів

Матеріал	Товщина, см	Загасання		
		< 3 ГГц [6, 8]	40 ГГц [7]	60 ГГц [6]
Гіпсокартон	2,5	5,4	-	6,0
Офісна перегородка	1,1	0,5	-	9,6
Чисте скло	0,3/0,4	6,4	2,5	3,6
ДСП	1,6	-	0,6	-
Дерево	0,7	5,4	3,5	-
Суша штукатурка	1,5	-	2,9	-
Вапняковий розчин	10	-	160	-
Цегляна стіна	10	-	178	-
Бетон	10	17,7	175	-
Склошпалери	0,3	7,7	-	10,2

Вимоги до продуктивності мережі 5G

Показник	Значення
Пікова швидкість	> Гбіт/с
Швидкість для користувача	до 1 Гбіт/с
Щільність підключень	
Мобільність	До 500 км/год в швидкісних потягах
Затримка	1 мс

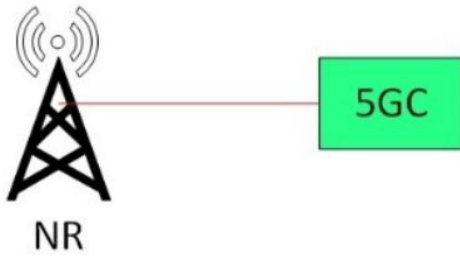
Максимальна конфігурація числа радіоблоків NRB для різних смуг каналу передачі в піддіапазоні FR1

SCS, кГц	Ширина частотного каналу, МГц													
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	10	
														0
10	25	52	79	106	133	16	12	27	-	-	-	-	-	-
						0	6	0						
30	11	24	38	51	65	78	10	13	16	18	21	24	27	
							6	3	2	9	7	5	3	
60	-	11	18	24	31	38	51	65	79	93	10	12	17	
											7	1	5	

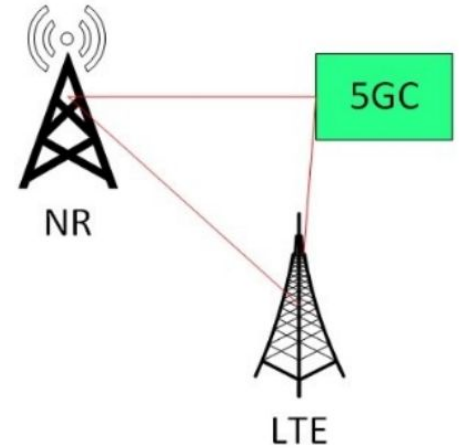
Максимальна конфігурація числа радіоблоків NRB для різних смуг каналу передачі в піддіапазоні FR2

SCS, кГц	Ширина частотного каналу, МГц			
	50	100	200	400
60	66	132	264	-
120	32	66	132	264

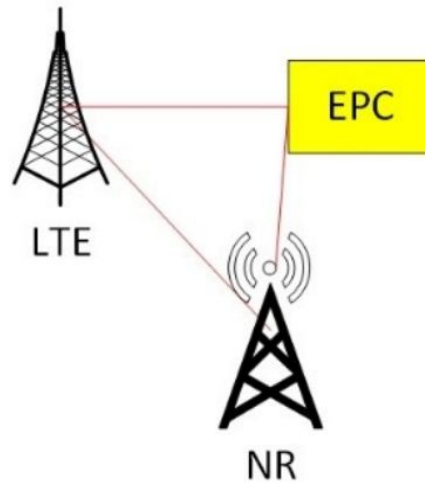
Варіант мережі SA NR на базі ядра 5GC



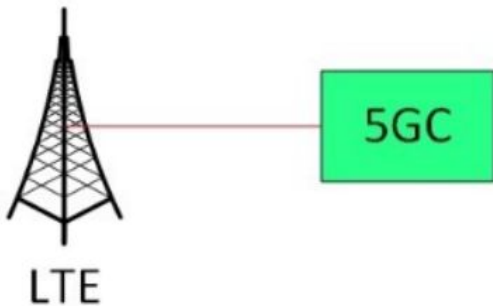
Варіант мережі NSA NR з LTE на базі ядра 5GC



Варіант мережі NSA LTE з NR на базі ядра EPC



Варіант мережі SA LTE на базі ядра 5GC



Варіант мережі NSA LTE з NR на базі ядра 5GC

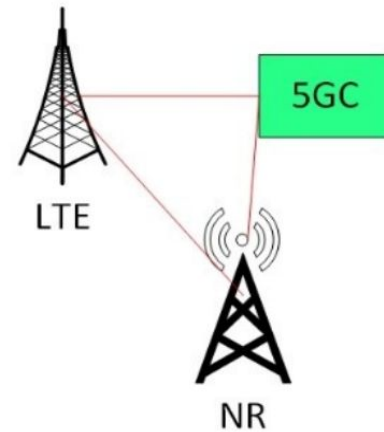
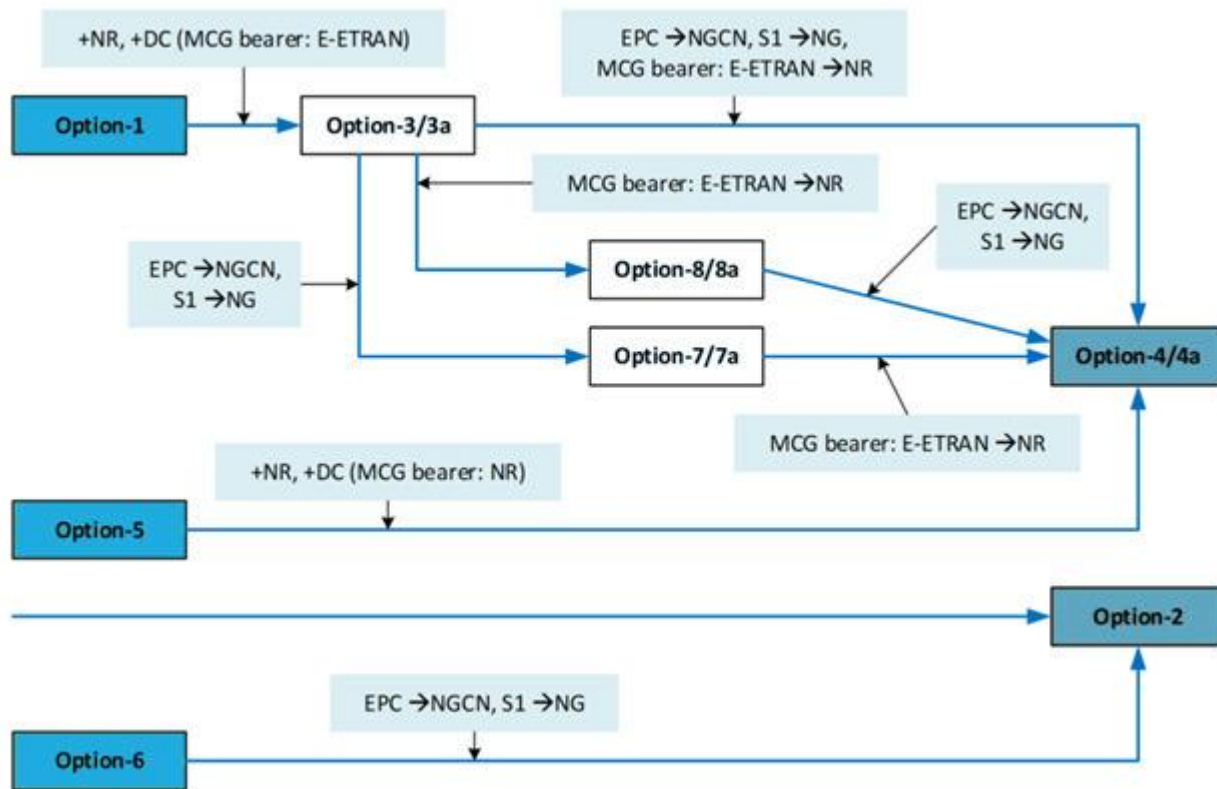
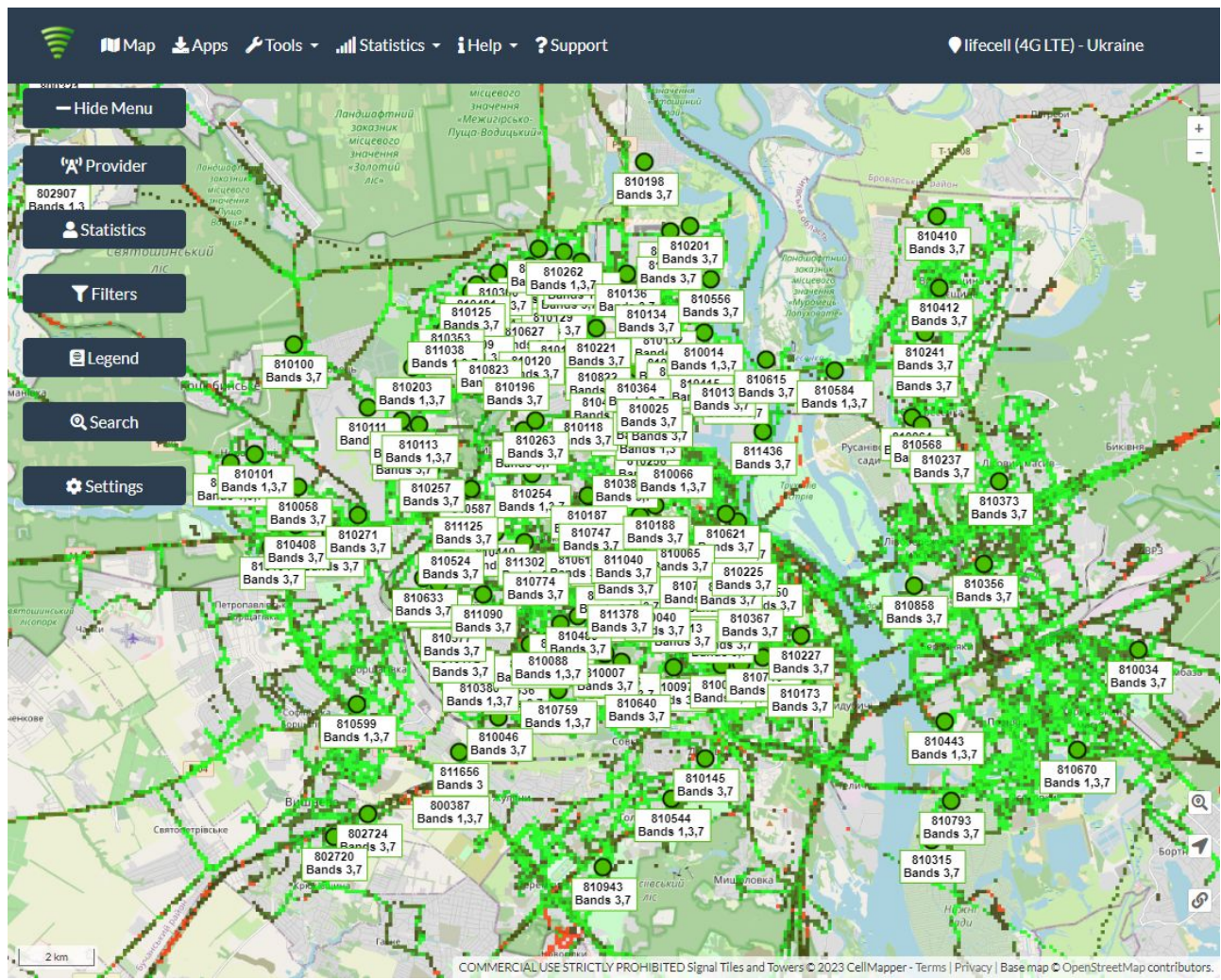


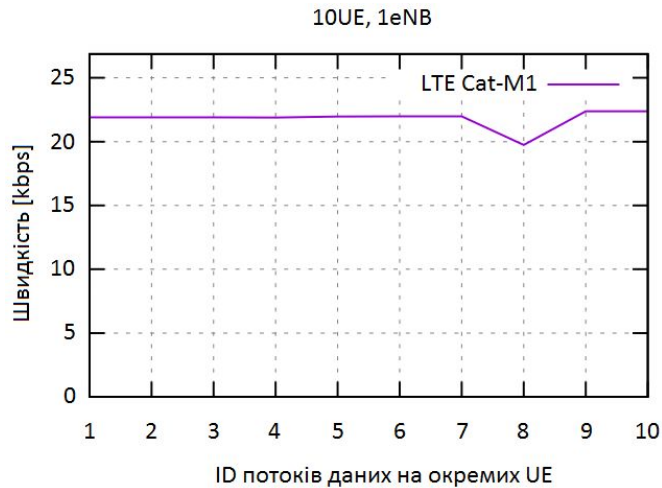
Схема методу переходу від 4G до 5G



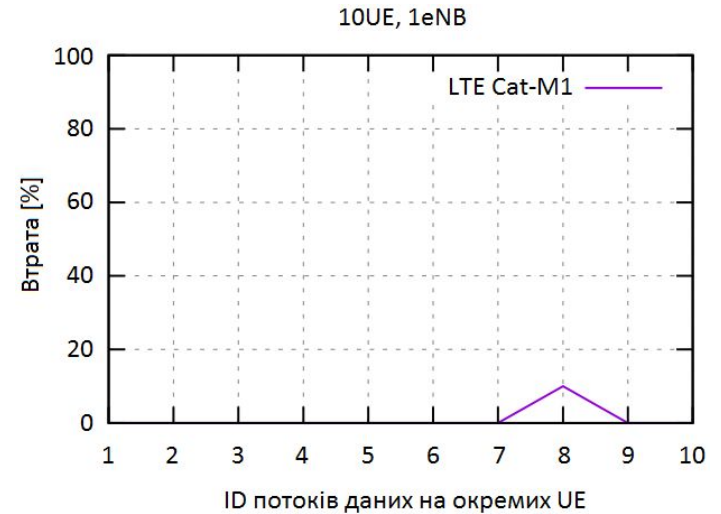
Просторовий розподіл базових станцій 4G LTE мобільного оператора Lifecell у місті Київ



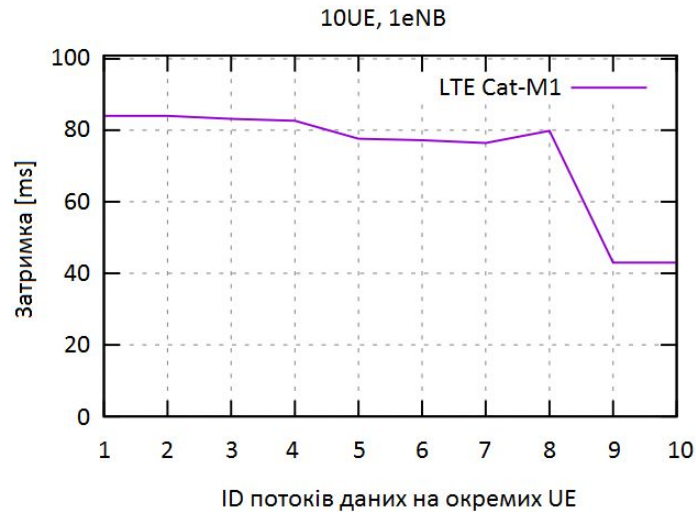
Швидкість завантаження даних для 10 UE та 1 eNodeB



Втрата пакетів для 10 UE та 1 eNodeB



Затримка завантаження для 10 UE та 1 eNodeB



Узагальнена характеристика побудови 5G-мереж на основі існуючої архітектури 4G

Результати поточного дослідження можуть бути корисними під час аналізу можливих напрямків щодо реалізації розгортання мережі 5G. Хоча телекомунікаційні компанії, скоріше за все, передбачали певний ступінь розвитку інфраструктури для отримання достатньої щільності сигналу та покриття стільникового зв'язку через передбачуваний менший радіус сигналу технологій 5G, вони, ймовірно, передбачали не у повному обсязі, наскільки масштабними повинні бути відповідні заходи. Характер покриття стільникового зв'язку 5G на основі інформації щодо базових станцій 4G, можна визначити лише орієнтовно, а відповідний показник покриття стільниковим зв'язком буде досягнуто лише вздовж основних доріг та у зонах з високою щільністю базових станцій 4G.

Результат аналізу стільникового покриття 5G на основі даних покриття 4G показує, що потрібно буде встановити приблизно у двічі більше вузлів 5G, щоб отримати значення, відповідні поточному рівню сигналу 4G. Для цього знадобляться певні інвестиції в інфраструктуру виключно в великого міста. Для сільської місцевості, з розсосередженою забудовою, потрібні ще більші капіталовкладення для забезпечення потреб тієї ж кількості користувачів.

Таким чином, впровадження мережі 5G на основі існуючої інфраструктури 4G вимагає об'ємної реконструкції інфраструктури, схожої на те, що виконувалось при впровадженні мереж 4G за останні роки. Так, знадобиться більша кількість вузлів 5G з розташуванням на відносно невеликій відстані, щоб створити комплексну мережу бездротового зв'язку. Отже, початковим може бути напрямок першочергового впровадження 5G у великих містах і окремих технологічних задачах.

Висновки:

На початковому етапі виконання роботи визначено, що розробка методу побудови мережі 5G на основі існуючих 4G-мереж є перспективним напрямком досліджень. Так, технологія 5G забезпечить значно вищу швидкість передачі даних у діапазоні гігабітів на секунду, що дозволить підвищити швидкість, зменшити перевантаження мережі та використовувати більш передові технології, які підтримуються в такій мережі, порівняно з 4G. Основною зміною в технології 5G, яка дозволить це реалізувати, є збільшення частоти та зменшення довжини хвилі, які вона використовує порівняно з технологією 4G.

У той же час, при розробці відповідного методу потрібно було більш детально розглянути питання сумісності апаратної складової елементів 4G та 5G-мереж, атакож зміну зони покриття при переході на інші діапазони робочих частот.

У другому розділі роботи визначено, що найбільш актуальна для операторів зв'язку стратегія розгортання 5G, скоріше за все, буде полягати в тривалому спільному існуванні мереж 4G і 5G, при максимальному використанні існуючих інфраструктури, вузлів і мережевих елементів. З огляду на це, усі варіанти переходу на 5G розділені на два основні шляхи: Standalone (SA) та Non-Standalone (NSA), що передбачають відповідно використання тільки однієї технології, або сумісне існування двох поколінь бездротового зв'язку, що спрощує розгортання мереж 5G на початковому етапі.

Отже, проектування мережевої інфраструктури наразі аналізує два критичні аспекти планування телекомунікацій. По-перше, це загальне покриття території. Другим аспектом є надлишковість потужності сигналу, яка є важливою для ефективного використання бездротової мережі в районах з високою щільністю населення.

Можна виділити два напрямки щодо визначення якості покриття при переході існуючої мережі 4G на режим роботи 5G.

1) Аналіз щільності сигналу, який показує загальне покриття 4G/5G (включаючи надлишкову щільність).

2) Аналіз надмірності потужності сигналу 4G/5G, який показує, де розташовані найпотужніші базові станції.

У наступній частині роботи наведено методику моделювання бездротової мережі, а саме роботу модуля 5G-LENA NR на базі мережі LTE. Так, описано особливості використання симулятора Network Simulator 3 реалізація сценаріїв моделювання для LTE Cat-M1. Ці сценарії дозволяють моделювати зв'язок 500 кінцевих станцій з однією базовою станцією. Також були описані модифікації середовища моделювання NS-3 з модулем 5G-LENA NR. Після модифікації сценарії моделювання наближаються до моделювання технології LTE Cat-M1 з точки зору параметрів сигналу (пропускна здатність, використовувана частота, максимальна потужність передачі та ін.), а також з точки зору підтримки більшої кількості пристроїв у моделюванні, умови модуляції та показник обмеження якості сигналу.

Останнім етапом виконання розділу є узагальнення основних аспектів щодо реального розгортання досліджуваної інфраструктури бездротової мережі 5G на основі існуючих 4G-мереж. Окреслено перспективні початкові напрямки побудови мережі 5G, такі як першочергове розгортання мереж в умовах великих міст та розширення функціональних можливостей окремих технологічних процесів.

Так, можна зазначити, що у ході виконання дослідження реалізовано всі раніше сформовані задачі роботи.

Доповідь завершено.
Дякую за увагу!