

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана
Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

1 КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження впровадження нових послуг у мережах операторів
ЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЇ 5G

Виконав(ла): _____ курсу груп
студент(ка) 6, _____ и СНнм-61
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

_____ Круглик Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Марценко С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Мацюк О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач _____ Боднарчук І.О.
кафедри (підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Карпінський М.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

АНОТАЦІЯ

Дослідження впровадження нових послуг у мережах операторів зв'язку технології 5G // Кваліфікаційна робота // Круглик Юрій Олександрович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2021 // С. 68, рис. – 14, табл. – , кресл. – , додат. – 4, бібліогр. – 52.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ 5G, ВІРТУАЛІЗАЦІЯ, ДЕКОМПОЗИЦІЯ МЕРЕЖІ, МОДЕЛІ РОЗГОРТАННЯ, МОДЕЛІ ВПРОВАДЖЕННЯ, ЧАСТОТНИЙ СПЕКТР.

У роботі проведено дослідження впровадження нових послуг у мережах операторів мобільного зв'язку технології 5G.

В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз моделей та особливостей побудови мереж 5G, частотних діапазонів для розгортання технології.

Другий розділ кваліфікаційної роботи досліджує побудову розподіленої хмарної телекомунікаційної мережі з автоматизацією функцій.

В третьому розділі для запропоновано практичні аспекти впровадження нових послуг технології 5G в реаліях України.

Метою дослідження є виявити можливості впровадження нових послуг в мережах операторів мобільного зв'язку стандарту 5G України.

Об'єкт дослідження – процес обміну даними, хмарні телекомунікаційні мережі з автоматизацією функцій.

Предмет дослідження – теорія проектування телекомунікаційних мереж, теорія передавання даних.

ANNOTATION

Study of new services introduction in 5G technology communication provider network // Diploma thesis Master degree // Kruhlyk Yuriy O. // Ternopil' Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Science // Ternopil', 2021 // P. 68 , Tables – , Fig. – 14 , Diagrams – , Annexes. – 4 , References – 52.

The study of the new services introduction in the networks of 5G technology mobile operators was conducted.

In the first section of the qualification work the analysis of models and features of 5G networks construction, frequency bands for technology deployment is carried out.

The second section of the qualification work examines the construction of a distributed cloud telecommunications network with functions automation.

The third section offers practical aspects of implementing 5G new services in the realities of Ukraine.

The purpose of the study is to identify opportunities for the introduction of new services in the mobile operator networks of the 5G standard in Ukraine.

The object of research is the process of data exchange, cloud telecommunication networks with functions automation.

The subject of research - the theory of telecommunication networks design, the theory of data transmission.

Keywords: 5G TECHNOLOGY, VIRTUALIZATION, NETWORK DECOMPOSITION, DEVELOPMENT MODELS, IMPLEMENTATION MODELS, FREQUENCY SPECTRUM.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

NR – New Radio

VPN – Virtual Private Network

SD WAN – Software Defined Wide Area Network

RLC – Radio Link Control

DU – Distributed Unit

CU – Central Unit

RU – Remote Unit

RRH – Remote Radio Head

RAN – Radio Access Network

NFV – Network Function Virtualization

NFVI – Network Function Virtualization Interface

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області.....	13
1.1 Аналіз особливостей технології 5G	13
1.2 Аналіз мережевих моделей впровадження технології 5G	15
1.3 Аналіз подальшого використання технології MPLS у 5G	20
1.4 Аналіз частотних діапазонів для впровадження 5G	22
1.5 Висновки до першого розділу.....	26
2 Дослідження впровадження нових послуг у мережах операторів зв'язку технології 5G	27
2.1 Перспективи впровадження технології 5G в Україні.....	27
2.2 Методи впровадження нових послуг технології 5G.....	33
2.3 Побудова розподіленої хмарної телекомунікаційної мережі з автоматизацією функцій	36
2.4 Використання досвіду провідних компаній у впровадженні нових послуг технології 5G.....	41
2.5 Шлях розвитку для впровадження нових послуг 5G	46
2.6 Загрози впровадження нових послуг технології 5G	49
2.7 Висновки до другого розділу	50
3 Апробація прийнятих рішень.....	52
3.1 Впровадження нових послуг технології 5G в Україні	52
3.2 Можливі застосування послуг наданих технологією 5G.....	53
3.3 Висновки до третього розділу	56
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	57
4.1 Охорона праці.....	57
4.1.1 Освітлення робочого місця	57
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	60
4.2.1 Основні принципи і способи забезпечення життєдіяльності	60

4.3 Висновки до четвертого розділу.....	61
Висновки	62
Список літературних джерел	64
Додатки	

ВСТУП

Розвиток технологій мобільного зв'язку відбувається дуже стрімкими темпами. Це змінює спосіб життя людей та сприяє появі нових послуг, які раніше не були доступні.

Технології першого покоління дали змогу спілкуватись мобільно і не бути прив'язаними до певного місця. Друге покоління надало можливість обмінюватись текстовими повідомленнями та голосовою поштою. З появою третього покоління з'явилась можливість використання більших швидкостей та обміну графічними зображеннями, веб броузингу, покращились послуги GPS трекінгу. Технології 4G надали можливість переглядати відео онлайн та збільшили привабливість електронної комерції. Технології 5G революційно змінять суспільство в цілому.

Заявлена надзвичайна надійність цих мереж на рівні 99,999% надасть змогу використовувати ці технології в критично важливій інфраструктурі. Спостереження за пацієнтами в режимі реального часу, відслідковування роботи важливого обладнання, спілкування між машинами, автопілотування автомобілів та багато іншого стануть можливими. Експерти говорять, що з появою технологій п'ятого покоління будуть з'являтися послуги про які ми навіть не могли собі уявити.

Світ Інтернету речей IoT зможе використовувати переваги довгого життя батареї та низького споживання мережею при впровадженні технологій 5G. Це дасть змогу широко застосовувати ці підходи для розвитку розумних міст, ведення розумного господарства.

Мобільні мережі 5G зараз розгортаються швидкими темпами у більшості країн світу і висока пропускна здатність та низька затримка підключення, що надаватимуться цими мережами, стає потужним інструментом, за допомогою якого розумні міста можуть перевести свої послуги на наступний рівень. За даними Асоціації GSM, в даний час діє 113

мереж 5G у 48 країнах, причому найдосконаліші розгортання мереж у світі знаходяться в США, Китаї, Південній Кореї, Японії, країнах Перської затоки, Австралії та частині Європи. Покриття все ще обмежене у більшості цих країн. Багато планів Smart City були відкладені внаслідок пандемії COVID-19, проте все ще відбувається значний прогрес у інтеграції зв'язку 5G та рішень Smart City.

Актуальність теми. Впровадження нових послуг 5G в Україні є актуальною темою, що потребує глибокого дослідження технічних аспектів реалізації розгортання технології 5-го покоління та перспектив її розвитку в реаліях нашої економіки.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є виявити можливості впровадження нових послуг в мережах операторів мобільного зв'язку стандарту 5G, що дасть змогу оцінити проблеми технічного характеру для реалізації даного проекту, провести економічне обґрунтування доцільності розгортання, покаже перспективи подальшого розвитку мобільних технологій в Україні, надасть інформацію про покращення рівня надання послуг, змінить архітектурні підходи щодо організації та побудови мереж наступного покоління для операторів ринку України. Досягнення поставленої мети передбачає виконання наступних завдань: провести дослідження особливостей технології 5G, мережевих моделей розгортання; проаналізувати подальше використання технологій, що в даний час впроваджені в мережах операторів зв'язку, здійснити дослідження частотного діапазону для країн, що впровадили подібні технології, дослідити перспективи та методи впровадження 5G в Україні; провести дослідження моделей та методів надання нових послуг на основі досвіду провідних компаній світу, виявити загрози впровадження нових послуг.

Об'єкт дослідження – процес обміну даними, хмарні телекомунікаційні мережі з автоматизацією функцій.

Предмет дослідження – теорія проектування телекомунікаційних мереж, теорія передавання даних.

Практичне значення одержаних результатів. Проаналізовано переваги впровадження технологій покоління 5G над існуючими стандартами роботи операторів мобільних мереж попередніх поколінь. Спостерігається тенденція відходу від традиційних методів організації роботи таких які були використанні при розгортанні технології 4G. Віртуалізація наборів функцій та послуг є основоположною для успішного функціонування мереж 5G. Проведено огляд моделей реалізації даної технології на прикладі світових лідерів (Rakuten Mobile Network Inc.) для демонстрації технічних аспектів розгортання таких мереж. Це в свою чергу дасть змогу кращого розуміння перспективи впровадження нових послуг в мережах операторів мобільного зв'язку в Україні. Здійснено аналіз подальшого використання магістральної технології MPLS та виявлено, що вона не відповідає вимогам сучасного світу та має бути замінена на більш сучасні віртуалізовані рішення. Висвітлені питання перспектив впровадження нових послуг технології 5G в Україні. При цьому подано аналіз вхідних умов реалізації розгортання мереж 5G на прикладі Німеччини та провідних операторів України, а саме Київстар, Vodafone Україна та Lifecell. З наведеного матеріалу видно, що на даному етапі розвитку мобільних технологій існує ще багато роботи в напрямку розширення технологій попередніх поколінь для уникнення цифрової нерівності між жителями міст та сіл. Також виникає питання наявності абонентських терміналів в достатній кількості для використання послуг стандарту 5G. Розподіл частотного простору для вивільнення необхідних технічних можливостей розгортання найновіших рішень ще не завершено. Більш конкретні кроки щодо впровадження нових послуг 5G будуть, очевидно, зрозумілими після проведення тендеру на отримання частотного діапазону. Подано методи впровадження нових послуг технології 5G через використання технологій віртуалізації мережевих компонентів. Повністю

віртуалізована мережа оператора мобільного зв'язку дасть можливість ділитись базовою мережею з іншими операторами та використовувати їх мережі натомість. В такому варіанті розгортання кожен може бути як орендарем так і надавачем послуг через використання програмних API у віртуалізованих додатках. В ідеальному випадку це повинно привести до побудови розподіленої хмарної технології мереж з автоматизацією функцій. Такий підхід розглянуто на прикладі японської компанії Rakuten, що разом з провідними виробниками апаратного та програмного забезпечення побудувала революційну телекомунікаційну мережу з використанням декомпозиції апаратного та програмного просторів. Розглянуто шляхи впровадження технології 5G і виявлено три сценарії. У першому варіанті існуюча мережа продовжує працювати паралельно з новою. Наступний варіант передбачає віртуалізацію певних функцій частини мережі. І останній за прикладом мережі Rakuten пропонує побудову повністю віртуалізованої мережі. Проведено дослідження загроз впровадження 5G в Україні і виявлено, що існує протистояння між американськими та китайськими виробниками обладнання. Це буде визначати вектор розвитку телекомунікаційної галузі в подальшому в Україні.

Наукова новизна розробки: досліджено перспективи впровадження нових послуг технології 5G в мережах операторів мобільного зв'язку України, виявлено технічні та економічні труднощі розгортання мереж 5-го покоління, описано можливості використання цих мереж для надання нових послуг.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз особливостей технології 5G

Технологія 5G має теоретичну пікову швидкість 20 Гбіт/с, тоді як пікова швидкість 4G становить лише 1 Гбіт/с. 5G також обіцяє меншу затримку, що може покращити продуктивність бізнес-додатків, а також інших цифрових застосунків (таких як онлайн-ігри, відеоконференції та самокеровані машини).

У той час як попередні покоління стільникових технологій (наприклад, 4G LTE) зосереджувались на забезпеченні зв'язку, 5G виводить підключення на новий рівень, надаючи клієнтам пов'язаний досвід із хмари. Мережі 5G віртуалізовані і керуються програмним забезпеченням та використовують хмарні технології [1-52].

Мережа 5G також спростить мобільність, забезпечуючи безперервні можливості відкритого роумінгу між стільниковим та Wi-Fi доступом. Користувачі мобільних пристроїв можуть залишатися на зв'язку, пересуваючись між зовнішніми бездротовими з'єднаннями та бездротовими мережами всередині будинків, без втручання користувача або потреби повторної автентифікації користувачів.

Новий стандарт бездротової мережі Wi-Fi 6 (також відомий як 802.11ax) має спільні риси з 5G, включаючи покращену продуктивність. Радіостанції Wi-Fi 6 можна розмістити там, де вони потрібні користувачам, щоб забезпечити краще географічне покриття та меншу вартість. В основі цих радіостанцій Wi-Fi 6 лежить програмна мережа з вдосконаленою автоматизацією.

Технологія 5G повинна покращити зв'язок у недостатньо забезпечених сільських районах та містах, де попит може перевершити сучасні можливості за допомогою технології 4G. Нові мережі 5G також

матимуть щільну архітектуру з розподіленим доступом і перемістять обробку даних ближче до краю та користувачів, щоб забезпечити швидшу обробку даних.

Технологія 5G забезпечить прогрес у всій архітектурі мережі. 5G New Radio, глобальний стандарт для більш потужного бездротового повітряного інтерфейсу 5G, охоплюватиме спектри, які не використовуються в 4G. Нові антени будуть включати технологію, відому як масивний MIMO (багаторазовий вхід, багаторазовий вихід), що дозволяє кільком передавачам і приймачам передавати більше даних одночасно. Технологія 5G не обмежується новим радіочастотним спектром. Вона призначена для підтримки зведеної гетерогенної мережі, що поєднує ліцензовані та неліцензійні бездротові технології. Це збільшить пропускну здатність, доступну для користувачів.

Архітектури 5G будуть програмно визначеними платформами, в яких функціональність мереж керується за допомогою програмного забезпечення, а не обладнання. Досягнення віртуалізації, хмарних технологій, а також ІТ та автоматизація бізнес-процесів дають змогу архітектурі 5G бути різноманітною та гнучкою і забезпечувати доступ користувачів у будь-який час, і в будь-якому місці. Мережі 5G можуть створювати програмно визначені конструкції підмереж, відомі як зрізи мережі. Ці частинки дають змогу мережевим адміністраторам визначати функціональність мережі на основі користувачів та пристроїв.

5G також покращує цифровий досвід завдяки автоматизованій технології машинного навчання (МН). Вимоги на час відгуку протягом частки секунди (такий, як для самокерованих автомобілів) вимагає від мереж 5G залучення засобів автоматизації за допомогою ML та, зрештою, глибокого навчання та штучного інтелекту (ШІ). Автоматизоване забезпечення та проактивне управління трафіком та послугами зменшить вартість інфраструктури та покращить взаємозв'язок.

Послуга 5G вже доступна в деяких регіонах у різних країнах. Ці 5G-послуги раннього покоління називаються 5G non-standalone не автономними (5G NSA). Ця технологія є 5G радіо мережею, яка базується на існуючій мережевій інфраструктурі 4G LTE. 5G NSA буде швидшим, ніж 4G LTE. Але високошвидкісна технологія 5G з низькою затримкою, на яку зосередилася промисловість – це автономний 5G standalone (5G SA). Він повинен стати доступним до 2020 року, а загальнодоступним – до 2022 року.

Технологія 5G відкриє не лише нову еру поліпшеної продуктивності та швидкості роботи мережі, але й новий досвід підключення для користувачів.

У галузі охорони здоров'я технологія 5G та зв'язок Wi-Fi 6 дадуть змогу проводити контроль здоров'я пацієнтів через портативні розумні пристрої, які постійно передають дані про основні показники здоров'я, такі як частота серцевих скорочень та артеріальний тиск. В автомобільній промисловості 5G в поєднанні з алгоритмами, керованими МН, надаватиме інформацію про дорожній рух, аварії тощо; транспортні засоби зможуть обмінюватися інформацією з іншими транспортними засобами та організаціями на проїжджих частинах, наприклад, світлофорами. Це лише два галузеві додатки технології 5G, які можуть забезпечити кращий та безпечний досвід для користувачів.

1.2 Аналіз мережевих моделей впровадження технології 5G

Поточна типова модель побудови мобільної мережі застаріла. Оператори обмежені застарілими архітектурами постачальників послуг, які залишаються по суті незмінними протягом 25 років роботи мобільних мереж. Хоча ці архітектури були корисні в попередніх поколіннях, вони не підходять для сьогоденного більш динамічного середовища, керованого додатками. Операторам терміново потрібна нова модель, щоб забезпечити їх

конкурентоспроможність, надаючи нові послуги швидше, одночасно зменшуючи як капітальні, так і операційні витрати.

Програмно визначена архітектура, яка включає хмарну віртуалізацію та автоматизацію, допоможе операторам задовольнити ці нові додаткові та експлуатаційні вимоги. Вони скористаються перевагами справжніх мереж сумісних між різними виробниками, які гармонізуються із загальними характеристиками на всіх цільових ринках. З появою нової програмно визначеної архітектури ланцюг постачання для розгортання інфраструктури мобільної мережі змінюється на принциповому рівні. Він підтримуватиме безпрецедентний рівень універсальності, що дозволить операторам поєднувати найкращі у своєму класі функції від багатьох постачальників. Оператори також можуть розвивати послуги за вимогою, щоб задовольнити потреби конкурентного середовища.

Оскільки нові архітектури застосовують програмно-орієнтований підхід, вони сприяють більшій автоматизації та універсальності обслуговування. Яскравим прикладом можуть бути випадки використання 5G, які націлені на вертикальні ринки підприємств та галузей. Ці служби слід підтримувати за допомогою API додатків, призначених для управління ресурсами у наскрізній мережі і існує можливість неналежної роботи без автоматизації мережі. Крім того, багато програмно-визначених функцій будуть виконуватися у віртуалізованих середовищах на межі мереж або поблизу них, що забезпечує підтримку нового різновиду послуг із низькою затримкою, визначених у обчисленні на границі або багатодоступного обчислення на границі.

Цей аналіз розглядає обмеження сучасних моделей для побудови 5G-мобільних мереж. На основі нього висвітлюються нові стратегії та їх технічні основи для прийняття рішень щодо побудови нових мереж наступного покоління. Для прикладу подамо підхід, який дотримується Rakuten Mobile Network Inc. (RMN). RMN створює кардинально нову бізнес-модель, яка

уможливлена шляхом застосування хмарних технологій та методів автоматизації інноваційними способами.

Будь-яка нова наскрізна мобільна мережа, розгорнута сьогодні, повинна приймати основні принципи архітектури 5G, навіть якщо вона використовує доступ LTE. Операторам слід прийняти ключові принципи, що лежать в основі архітектури системи 5G.

Монолітна функціональна реалізація, така як базова радіостанція (base transceiver station (BTS)), є прикладом того, чому нинішній мобільний ланцюг обслуговування застарів. За допомогою цієї реалізації оператори повинні вибрати одного постачальника на ринок та узгодити ринки макростачальників до набору характеристик “найнижчого спільного знаменника”. Результатом є обмежений набір програм, які оператори можуть надати своїм клієнтам. Іноді залежності від постачальника та блокування розвитку можуть поширюватися на інші домени, коли реалізовані власні функції. Наприклад, об’єкти управління мобільністю (mobility management entities (MME)) часто реалізуються з постачальником Radio Access Network (RAN), а малі комірки часто з’єднуються з макро RAN за допомогою таких функцій, як HetNet.

Нова архітектура RAN у хмарі вирішує, серед іншого, проблеми побудови багаторежимних мереж та гармонізації до загального набору функцій. Однією з фундаментальних характеристик є розкладання стеку обробки радіосигналів за допомогою стандартизованих розбиттів рис. 1.1.

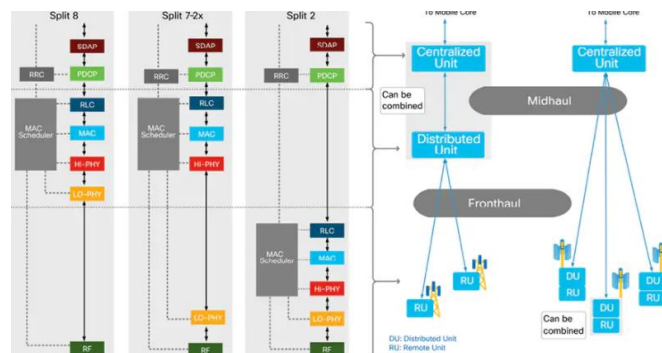


Рисунок 1.1 – Стек обробки радіо сигналу

Карти декомпозиції функціонують у стеку наступним чином:

- протокол адаптації надання послуг або (Service delivery adaptation protocol (SDAP)) (лише в NR), протокол конвергенції пакетних даних (packet data convergence protocol (PDCP)) та управління радіоресурсами (функції управління) до централізованої одиниці (centralized unit (CU)). Ці функції стека – це маніпуляції на рівні пакетів (стиснення заголовка, бездротове шифрування), які не є чутливими до синхронізації і можуть бути легко реалізовані у віртуальному середовищі. Посилання midhaul пов’язує CU з DU, описаним нижче. Розташування CU є чудовим для розгортання функції площини користувача (user plane function (UPF)) в архітектурах розкладеного ядра пакетів. Ядро розкладеного пакету відоме як CUPS у 3GPP R14 та 5GC у 3GPP R15.10,11;

- контроль радіозв’язку (radio link control (RLC)), контроль доступу до середовища (medium access control (MAC)); і фізичний (physical (PHY)) рівні відображають розподілену одиницю (distributed unit DU). DU виконує значну підготовку до рівня RF, включаючи адаптацію швидкості, кодування каналу, модуляцію та планування. Для рівня MAC функції DU чутливі до часу, оскільки транспортний блок тривалості інтервалу часу передачі (1 мс у LTE) виробляється для використання рівнем PHY. DU канал на нижчу течію називається фронтом і транспортує оцифровані зразки RF у часовій або частотній областях;

- функції радіозв’язку базової смуги, перетворення та посилення вгору та вниз, а також будь-яка аналогова карта формування променя у віддалений блок (remote unit (RU)), розгорнутий на ділянці комірки, також відомий як віддалена голова радіо (remote radio head RRH). У деяких випадках LO-PHY також може бути інтегрований у RRH. Інтерфейс між DU і RU зазвичай реалізується з використанням добре відомих стандартів інтерфейсу, таких як CPRI або eCPRI.

Це розкладання та ізоляція функцій, поряд з чітко визначеними інтерфейсами між ними, дозволяють операторам дезагрегувати програмне забезпечення від апаратного забезпечення. Оператори можуть придбати програмні можливості, які будуть виконуватися в апаратному забезпеченні іншого постачальника. Ця дезагрегація є природною і відносно простою для централізованого підрозділу (centralized unit (CU)), оскільки ці функції можна легко віртуалізувати. Дезагрегація розподіленого блоку (Distributed Unit (DU)) є більш складною через вимоги до обробки в реальному часі рівнів MAC та PHY. Багато представників галузі сумніваються, чи можливо взагалі досягти переваг віртуалізації для DU. Cisco та Altiostar здійснили повну віртуалізацію DU у ситуаціях, коли доступна транспортна потужність. Там, де віртуалізоване рішення неможливе, конструкції DU у стилі білих коробок забезпечують необхідну функціональність.

Розкладання та дезагрегація 5G забезпечує значний архітектурний перехід до сучасної інфраструктури, що поєднує управління розкладеними абонентами та функціональність доступу. Цей зсув також застосовуватиметься до дротових мереж із збільшенням адаптації мереж 5GС рис. 1.2.

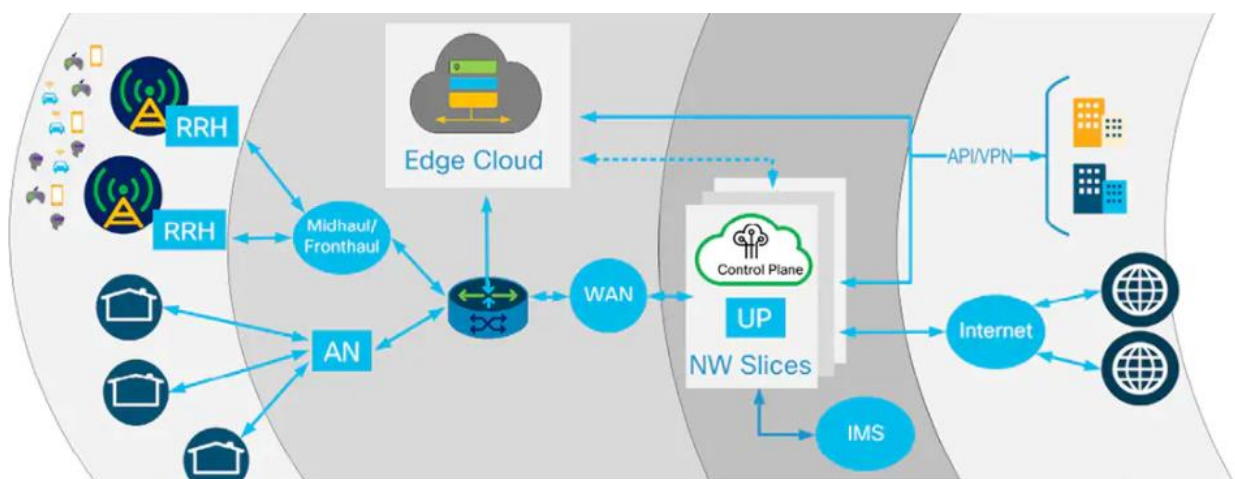


Рисунок 1.2 – Інфраструктура на границі мережі

У міру розкладання RAN та ядра логічно створити проміжне розташування. Це розташування об'єднає робочі навантаження CU та функцію користувальницької площини (user plane function (UPF)) з мобільного ядра. Ці розподілені UPF полегшують розвантаження, забезпечуючи місцеві віртуалізовані послуги або ефективніший вгляд на метро рівні. Цей уніфікований підхід до платформи підтримує навантаження на інфраструктуру та різноманітні навантаження, орієнтовані на послуги. Ці робочі навантаження можуть підтримувати послуги від бізнесу до бізнесу (B2B), такі як послуги оренди, що пропонуються іншим компаніям, та послуги від бізнесу до споживача (B2C) на підтримку бізнесу споживача оператора.

Розділення архітектури, як описано вище, створює два додаткові транспортні домени, відомі як fronthaul і midhaul. Ці домени реалізуються, коли відкрито розділення віддаленої радіоголівки (RRH)/DU або розділення CU/DU. У деяких випадках можливо здійснити fronthaul над темним волокном, що є, в основному, транспортуванням зразків базової смуги часової області або частотної області між DU та RU/RRH. В інших випадках повинні застосовуватися транспортні методи, які покладаються на Ethernet, IP або WDM. Midhaul – це, в основному, транспорт GTP-у-пакетів та пов'язаної з ними площини управління між CU та DU. Цей вид транспорту легко впровадити через IP.

1.3 Аналіз подальшого використання технології MPLS у 5G

Прийшов час розвивати застарілі технології такі як multiprotocol label switching (MPLS) та похідні від нього моделі, як уніфікований MPLS. На сьогоднішні успішні методи MPLS характеризуються безліччю планів управління, які виявляються занадто складними в міру розвитку мереж. Набагато простіше звести все до однієї перевіреної контрольної площини

управління, площини управління IP, і використовувати розширені можливості IPv6. Пропонується впровадити транспортну інфраструктуру на одній площині управління з трафік інжинірингом, що підтримується маршрутизацією сегментів. Однією з переваг маршрутизації сегментів є консолідація ланцюжків послуг, що використовуються при побудові віртуалізованих служб, з трафік інженерією, необхідними для WAN-транспорту, в одну просту безшовну транспортну структуру.

Транспортний підхід, який пропонується, виключає протоколи площини управління, такі як протокол label distribution protocol (LDP) та resource reservation protocol - traffic engineering (RSVP-TE), де вони надійні в розрізі того, що може надати протокол IP. Даний підхід видаляє стан потоку з мережі і все ще надає кілька варіантів реалізації площини управління. Ці варіанти варіюються від повністю розподіленої реалізації до гібридного підходу, при якому маршрутизатор та software-defined networking (SDN) контролер розподіляють функціональні можливості між собою. Транспортна інфраструктура, заснована на маршрутизації сегментів, може накладати широкий спектр сервісних технологій із пов'язаними угодами про рівень послуг на основі IP service-level agreements (SLA), включаючи технології віртуальної приватної мережі virtual private network (VPN) на основі BGP, такі як EVPN та VPNv4 / v6s, і технології VPN, майбутніх software-defined wide-area network (SD-WAN).

Архітектура автоматизації відповідає новому підходу, описаному тут. Модельована автоматизація стала основною парадигмою управління конфігурацією сучасних мереж. У підході, керованому моделями, мова визначення, така як YANG, забезпечує моделі мережевих елементів network elements (NE) та служб, що розгортаються над цими NE.

Управління конфігурацією на основі моделей повинно стати поширеним у середовищі 5G і застосовуватись у всіх доменах 5G, включаючи RAN, транспорт, ядро та послуги. Витрати на експлуатацію

зменшуються завдяки zero-touch автоматичній системі. На додаток до переваги зменшення витрат, повністю автоматизована мережа є обов'язковою умовою використання API, які є критичним для легкого використання мереж 5G від інших постачальників.

API є основою будь-якої стратегії 5G. Добре відточений знайомий набір API є переконливим засобом отримання доходів в економіці, де все більше домінують відносини B2B. Набір API, що дозволяє підприємству використовувати послуги 5G, такі як Network-as-a-Service (NaaS), допомагає побудувати цінний канал у галузевих вертикалях. Нарізка мережі є ключовою сферою впровадження API де API відіграють ключову роль.

1.4 Аналіз частотних діапазонів для впровадження 5G

Впровадження 5G прискорюється у всьому світі за останні пару років. В даний час оператори зв'язку використовують різні діапазони частот 5G, починаючи від 1 ГГц до 43 ГГц, а 3GPP вивчає можливість використання ще більш високих частот. Різні країни виставили на аукціони різні діапазони частот 5G, середньочастотний діапазон частот n77 (3300 - 4200 МГц) є найбільш часто використовуваним для 5G у всьому світі. Діапазони n257 (26,5 - 29,5 ГГц), n258 (24,25 - 27,5 ГГц) і n261 (27,5 - 28,35 ГГц) найчастіше використовуються для mmWave 5G, при цьому деякі країни також виділяють низькосмугові частоти (1-2 ГГц) для розгортання 5G. Очікується, що смуги частот mmWave збільшаться у 2021-2022 роках, оскільки все більше операторів зв'язку починають застосовувати автономну модель 5G.

5G New Radio (NR) – це новий глобальний стандарт бездротового зв'язку на основі OFDM для майбутніх мобільних мереж. Ця стільникова технологія наступного покоління переймає 4G LTE, забезпечуючи значно вищі швидкості передачі даних та підключення.

Розглянемо використання різних частотних діапазонів у всьому світі:

– Азія: Різні азіатські країни очолюють гонку 5G з широким розгортанням із використанням смуг частот середньої смуги та mmWave. Діапазон середньої смуги n78 (3300 - 3800 МГц) є однією з найбільш часто використовуваних смуг частот, причому n257 (26,5 - 29,5 ГГц) є найбільш поширеною в діапазоні mmWave.

Такі країни, як Китай, Японія, Південна Корея та Тайвань, вже мають значну кількість абонентів 5G. Згідно звіту, Китай мав понад 65 мільйонів абонентів 5G у 2020 році. Оператор зв'язку China Mobile у співпраці з Huawei нещодавно досяг швидкості 3 Гбіт/с на внутрішній мережі 5G 4,9 ГГц.

– США: США наполегливо намагаються запустити послуги 5G на всіх діапазонах частот (Sub-1 GHz, Sub-6 GHz і mmWave). Вони вже виставили на аукціони частоти від 24 до 47 ГГц, а подальші аукціони для решти спектру вже готові до торгів. FCC також планує використовувати набагато вищі частоти (в діапазоні 90 ГГц) у майбутньому для розгортання 5G-сервісів, які забезпечуватимуть надзвичайно швидкі передачі даних з мінімальною затримкою.

– Канада: Міністерство інновацій, науки та економічного розвитку Канади (ISED) продало на аукціоні смугу частот 600 МГц для розгортання 5G у 2019 році. Діапазони 3,5 ГГц, 26 ГГц, 28 ГГц та 38 ГГц очікуються на аукціонах у 2021-2022 роках.

– Європа: Багато європейських країн вже запустили 5G. Європа використала для запуску послуг 5G середньосмугові частоти, зокрема, n78 (3300 - 3800 МГц). Деякі країни, такі як Фінляндія, Італія та Норвегія, виставили на аукціони діапазони частот більш високих mmWave, а інші країни планують провести аукціони для спектру mmWave у найближчі місяці.

– Австралія: Австралія у 2018 році виставила на аукціоні частоти в діапазоні n78 (3575 до 3700 МГц). Аукціон спектра смуги частот 3,6 ГГц зібрав загальну суму 850 млн. Доларів. Австралійський орган зв'язку та

засобів масової інформації (АСМА) запропонував три різні підходи в діапазоні 26 ГГц для призначення спектру для розгортання 5G: 25,1–27,5 ГГц у визначених районах (столичні та регіональні центри); 25,1–27,5 ГГц у всіх інших областях; 24,7–25,1 ГГц для всієї Австралії

– Південна Америка: Південна Америка ще не має широкого розгортання 5G. Уругвай виставляв на аукціони частоти в діапазонах 2,5 ГГц і n261 (27,5–28,35 ГГц), тоді як такі країни, як Бразилія, Аргентина, Чилі, Перу та Колумбія, планують продати на аукціони низькосмуговий, середньосмуговий і mmWave спектри в найближчі місяці для розгортання 5G.

Розгортання мереж 5G на основі діапазонів частотного діапазону 2 (FR2) збільшує складність та загальне проектування мережі. Для полегшення початкової фази розгортання 5G для операторів у всьому світі впроваджуються два режими розгортання 5G:

– Неавтономний (Non-Standalone (NSA)) 5G – це модель розгортання, де послуги 5G надаються без наскрізної мережі 5G. Це означає, що мережа буде опиратися на інфраструктуру попереднього покоління (4G LTE).

– Автономний (Standalone (SA)) 5G – це модель розгортання, де послуги 5G надаються через наскрізну 5G-мережу. Він забезпечує високошвидкісні дані, наднизьку затримку, а також безліч удосконалень, які роблять 5G революційною технологією.

Багато розмов точиться про частотний спектр, який використовуватиме технологія 5G. З офіційним оголошенням першого стандарту 5G-NR, мережеві оператори у всьому світі проводять випробування з метою комерційного впровадження цієї технології десь у найближчі 2-3 роки. Різні країни запропонували і працюють над різними діапазонами частот, які варіюються від 600 МГц до 71 ГГц.

Сполучені Штати лідирують у галузі досліджень та розробок 5G. На нижньому кінці частотного спектра вони використовують смугу частот 600 МГц (2 x 35 МГц), смугу частот 3100 - 3550 МГц та діапазон 3700 - 4200 МГц. На вищому кінці частотного спектра вони використовують діапазон 27,5 - 28,35 ГГц та діапазон 37 - 40 ГГц. Мобільні оператори в США вже провели розробки в цих смугах частот. FCC також дозволив спектр від 64 - 71 ГГц для використання 5G, однак, в цій смузі частот ще не було занадто великої активності.

Країни ЄС використовують як низькі, так і високочастотні смуги для початку розгортання 5G. У нижчих смугах вони використовують смугу частот 3400 - 3800 МГц, а у більш високих частотах вони використовують смугу частот від 24,25 - 27,5 ГГц.

У Китаї тривають випробування в діапазоні 3300 - 3600 МГц, з можливістю використання смуг 4400 - 4500 МГц і 4800 - 4990 МГц. На більш високих частотах Китай розглядає можливість використання діапазону 24,25 - 27,5 ГГц та діапазону 37 - 43,5 ГГц.

В Японії розглядають використання частотного спектра від 3600 - 4200 МГц та 4400 - 4900 МГц у нижчих смугах та 27,5 - 28,28 ГГц у вищих смугах.

Корея була однією з перших країн, які розпочали дослідження та розробку технологій 5G з метою їх запуску під час зимових Олімпійських ігор 2018 року. Хоча вони ще не запустили це в комерційному плані, проте досягли значних успіхів у напрямку комерціалізації технології. В даний час вони проводять випробування в діапазоні 26,5 - 29,5 ГГц.

На риснку 1.3 показано зведені дані щодо використання частотних спектрів у різних країнах. Використання високочастотних діапазонів має ряд недоліків пов'язаних з поганим покриттям і необхідністю великої кількості базових станцій, що веде до збільшення вартості впровадження технології в цілому.

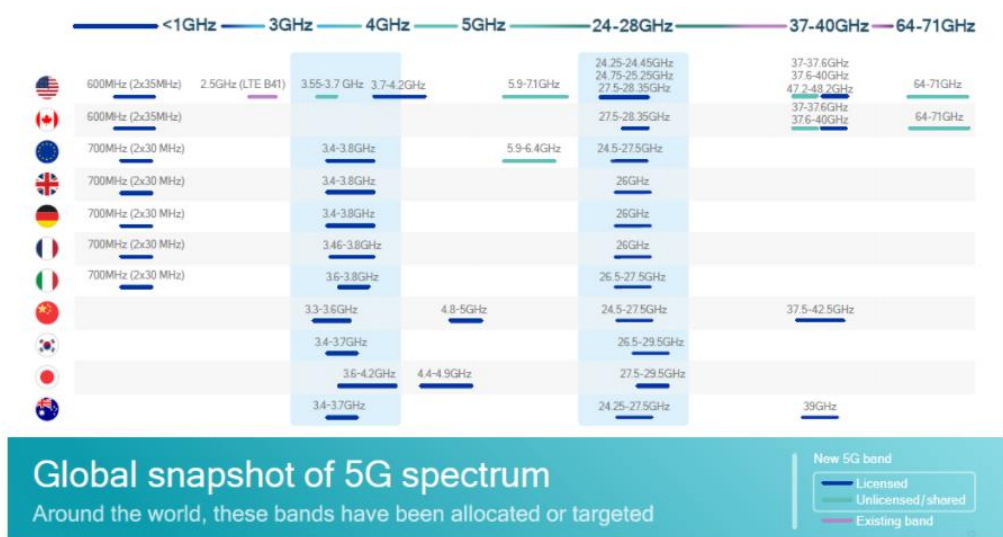


Рисунок 1.3 – Розподіл частотних діапазонів для 5G в світі

Судячи з кроків, які здійснює українська влада, на тендер будуть виставлені частоти низького діапазону, де зараз працює телебачення.

1.5 Висновки до першого розділу

Перший розділ кваліфікаційної роботи аналізує переваги впровадження технологій покоління 5G над існуючими стандартами роботи операторів мобільних мереж попередніх поколінь. Спостерігається тенденція відходу від традиційних методів організації роботи таких, які були використанні при розгортанні технології 4G. Віртуалізація наборів функцій та послуг є основоположною для успішного функціонування мереж 5G. Проведено огляд моделей реалізації даної технології на прикладі світових лідерів (Rakuten Mobile Network Inc.) для демонстрації технічних аспектів розгортання таких мереж. Це в свою чергу дасть змогу кращого розуміння перспективи впровадження нових послуг в мережах операторів мобільного зв'язку в Україні. Здійснено аналіз подальшого використання магістральної технології MPLS та виявлено, що вона не відповідає вимогам сучасного світу та має бути замінена на більш сучасні віртуалізовані рішення.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ПОСЛУГ У МЕРЕЖАХ ОПЕРАТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЇ 5G

2.1 Перспективи впровадження технології 5G в Україні

Ще недавно оператори мобільного зв'язку анонсували купівлю частот для розгортання технології 4G та забезпечення українців високошвидкісним та доступним доступом до мережі Інтернет. В результаті продажу частот оператори провідних мобільних мереж почали широко рекламувати запуск новітньої технології та можливість її використання в їх мережах. Що отримав кінцевий користувач в результаті? Технологія розгорнута у великих містах так і не стала доступною у віддалених населених пунктах де навіть технології 2G та 3G не функціонують належним чином. Україна вслід за розвинутими державами почала заявляти про кроки, які виконуються для забезпечення розгортання технології п'ятого покоління.

Для обґрунтування розгортання технології 5G в українському радіопросторі потрібно проаналізувати переваги та недоліки, а також технічні труднощі реалізації цього проекту.

Ще 18 квітня 2019 року міністр інфраструктури Володимир Омелян здійснив заяву про початок тестування технології 5G та виставлення на торги у 2020 році ліцензій на частоти. Станом на квітень 2021 року ці заяви не були реалізовані. Чи взмозі економічний потенціал України конкурувати в змаганні з розвиненими країнами в швидкості впровадження цієї технології. Мабуть очевидним є відповідь, що ні, оскільки багато попередніх підготовчих етапів не виконано для успішного завершення проекту. Разом з цим потрібно проаналізувати всі перспективи від впровадження, а також технічні та експлуатаційні витрати, які ляжуть у вигляді тарифів на користувачів кінцевих послуг.

Досвід інших країн показує, що для впровадження 5G потрібно забезпечити покриття попередніми технологіями всієї території країни. Для прикладу на рисунку 2.1 подано покриття технологіями 4G, 3G, 2G території Німеччини.

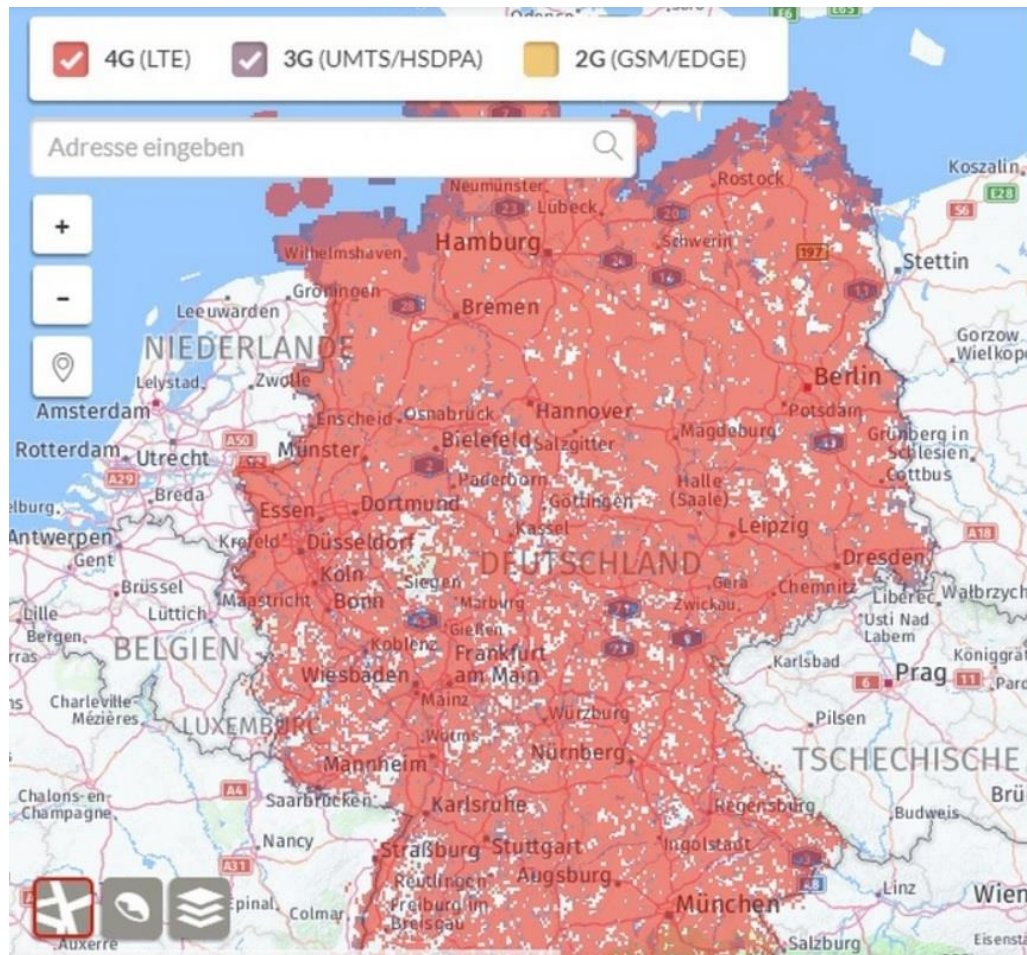


Рисунок 2.1 – Схема покриття технологіями 2G,3G,4G Німеччини

Даний підхід дає можливість надати різним категоріям користувачів відповідний рівень послуг за кошти, які вони готові заплатити. При цьому не відбувається дискримінації за вартістю мобільних телефонів чи іншого обладнання, яке може не підтримувати останні технології. Також при повному покритті знімається питання цифрової нерівності між жителями міст та сіл, що уможливорює доступність широкого спектру послуг для абонентів.

Аналіз ситуації в Україні показує, що підготовчий етап не виконано. Відсутнє покриття всієї території технологією 4G, в листопаді 2020 року Міністерство цифрової трансформації почало звільнення необхідних частот для технології 5G. Згідно цього плану передбачається використання діапазонів частот телебачення для розгортання технології Long Term Evolution (LTE) на частотах 790 – 862 МГц, 694 – 790 МГц.

Також, план пропонує переведення обладнання компаній “Зеонбуд” та “ТРК Етер” на більш нижчі діапазони частот для їх подальшого використання в нових технологіях.

Розподіл частот українського ринку буде відбуватись згідно тендеру оголошення якого планується у жовтні 2021 року. Згідно заяв міністерства, розгортання 5G почнеться у 2022 році для великих населених пунктів України.

Кабінет Міністрів провів затвердження плану використання радіочастотного простору України до 2025 року, щоб забезпечити впровадження 5G. Проведено доповнення новітніми основними стандартами LTE/ License Assisted Access (LAA), enhancedLTE-U та point to multi-point (PMP). Використання цього дасть змогу абонентам отримати більшу стабільність послуг та зростання швидкості для аудіо та відео контенту.

Оптимізму додає додаткове розширення повноважень Міністерства цифрової трансформації для проведення фінансування місцевих бюджетів і спонукання розвитку та підтримки широкосмугового доступу до мережі Інтернету.

За результатами дослідження виявлено, що найбільші оператори ринку України компанії Київстар, Vodafone Україна та Lifecell ще мають багато роботи для наближення ситуації як у розвинених країнах. Для підтвердження даного твердження розглянемо покриття кожного з цих операторів. На рисунку 2.2 показано покриття компанії Київстар станом на квітень 2021 року.

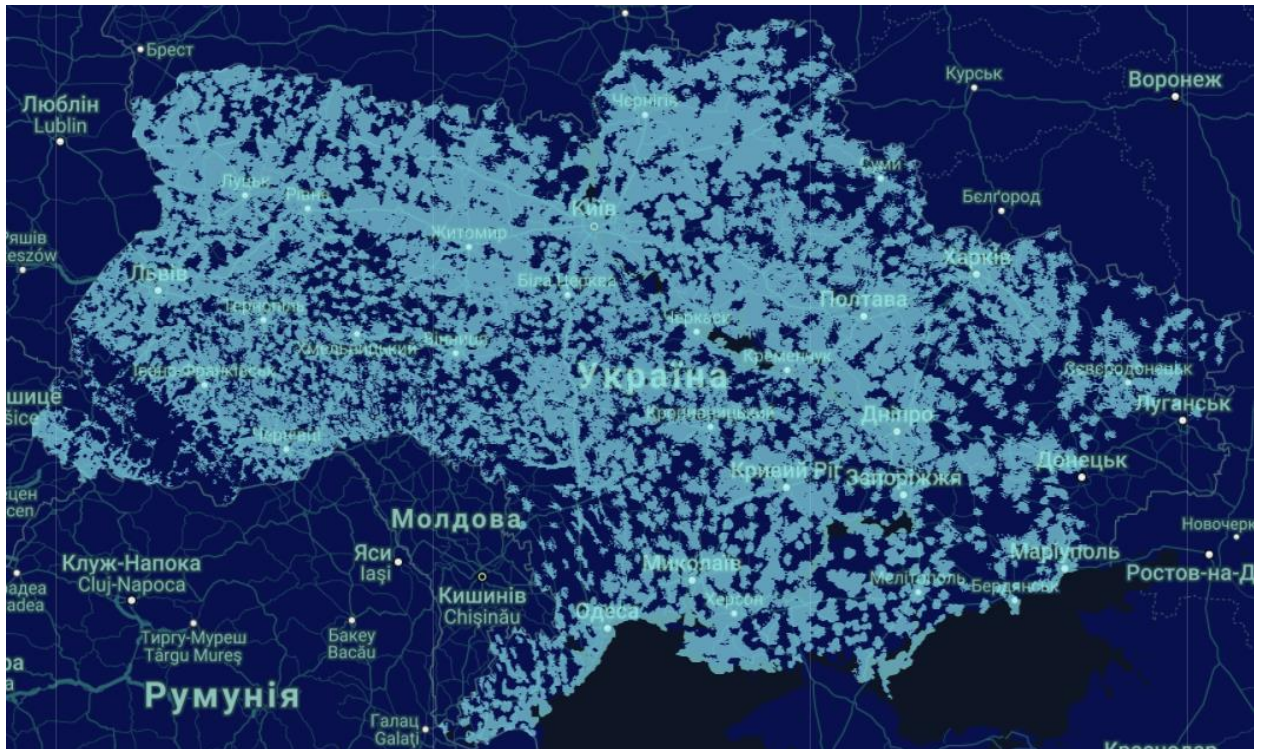


Рисунок 2.2 – Покриття території України компанією Київстар

За даними з сайту компанії Київстар її 4G мережа є найбільшою в Україні і налічує 14 млн. користувачів при 15,2 тис. базових станцій стандарту 4G. При цьому кількість станцій у конкурентів заявлено 11,8 тис. для Vodafone Україна та 7,2 тис. для Lifecell. Чисто суб'єктивно можна поставити достовірність даної інформації під сумнів, оскільки використовуючи оцінку користувача послуг, доступність 4G мережі є тільки у великих населених пунктах. Траси та віддалені села і містечка в кращому випадку будуть мати 3G покриття. Просто аналізуючи карту покриття можна побачити велику кількість непокритих плям, що свідчить про відсутність неперервності надання послуг 4G.

Викуплені частоти дуже повільно використовуються операторами для покриття території України, що ще більше ставить під сумнів швидкість розгортання технології 5G в ближньому часі для українського користувача.

Для аналізу покриття оператором Vodafone Україна дослідимо ситуацію з розгортанням 4G мережі у населених пунктах України. На рисунку 2.3 показано ситуацію станом на квітень 2021.

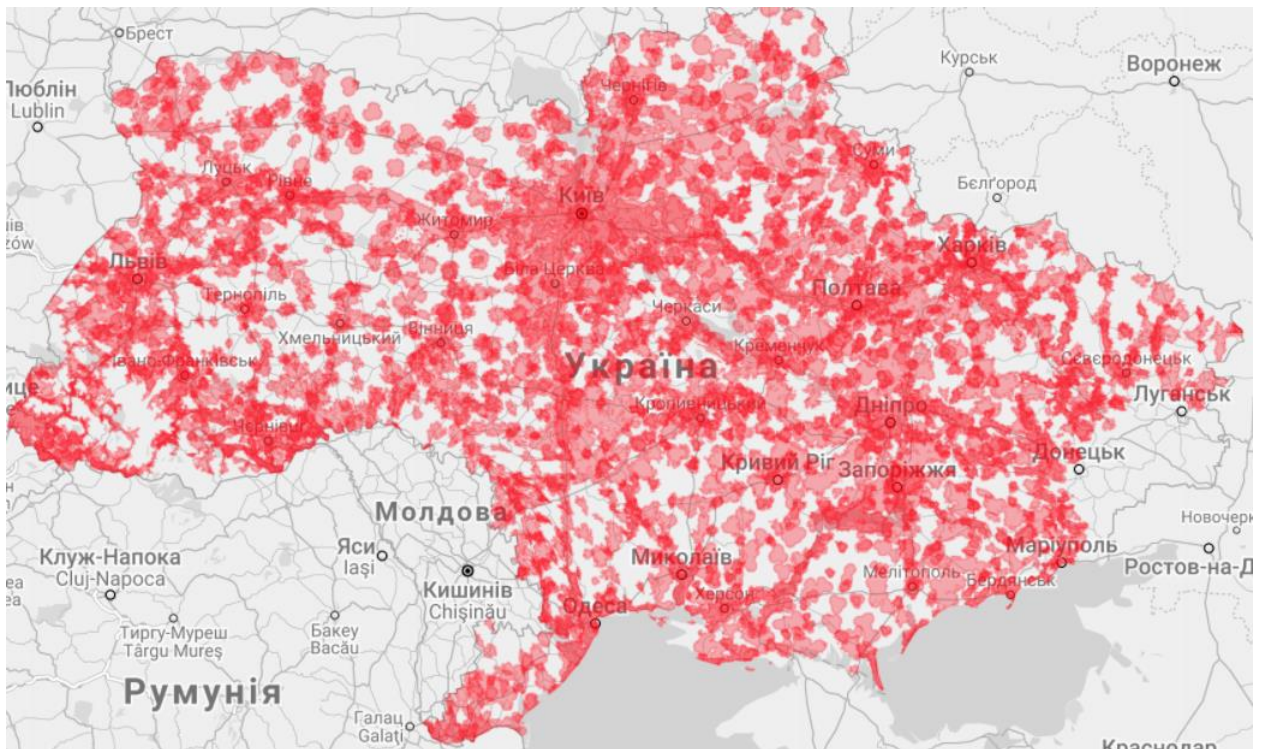


Рисунок 2.3 – Карта покриття території оператором Vodafone Україна

З поданого матеріалу видно, що ситуація з покриттям у компанії Vodafone Україна ще гірша. Чи є ймовірність того, що компанія буде будувати мережу 5G замість чи разом з 4G? Навряд, маючи наявну технологію 4G оператор буде витратити великі ресурси на впровадження нових рішень. Однією з причин буде відсутність достатньої кількості абонентського обладнання для використання 5G послуг. При малій кількості користувачів дана послуга буде надзвичайно дороговартісною.

Для цілісності картини подамо карту покриття третього найбільшого оператора Lifecell. На рисунку 2.4 подано ілюстрацію ситуації з розвитком 4G мереж у даної компанії. Згідно з інформації з сайту, послуги надаються як 4,5G, що відноситься до LTE-Advanced Pro стандарту і забезпечує в 5 раз більшу швидкість ніж 3G та меншу затримку передавання інформації. Обладнання, що використовується відповідає релізам 13 та 14 3GPP, що забезпечує надання послуг у відповідності з стандартом LTE-Advanced Pro.

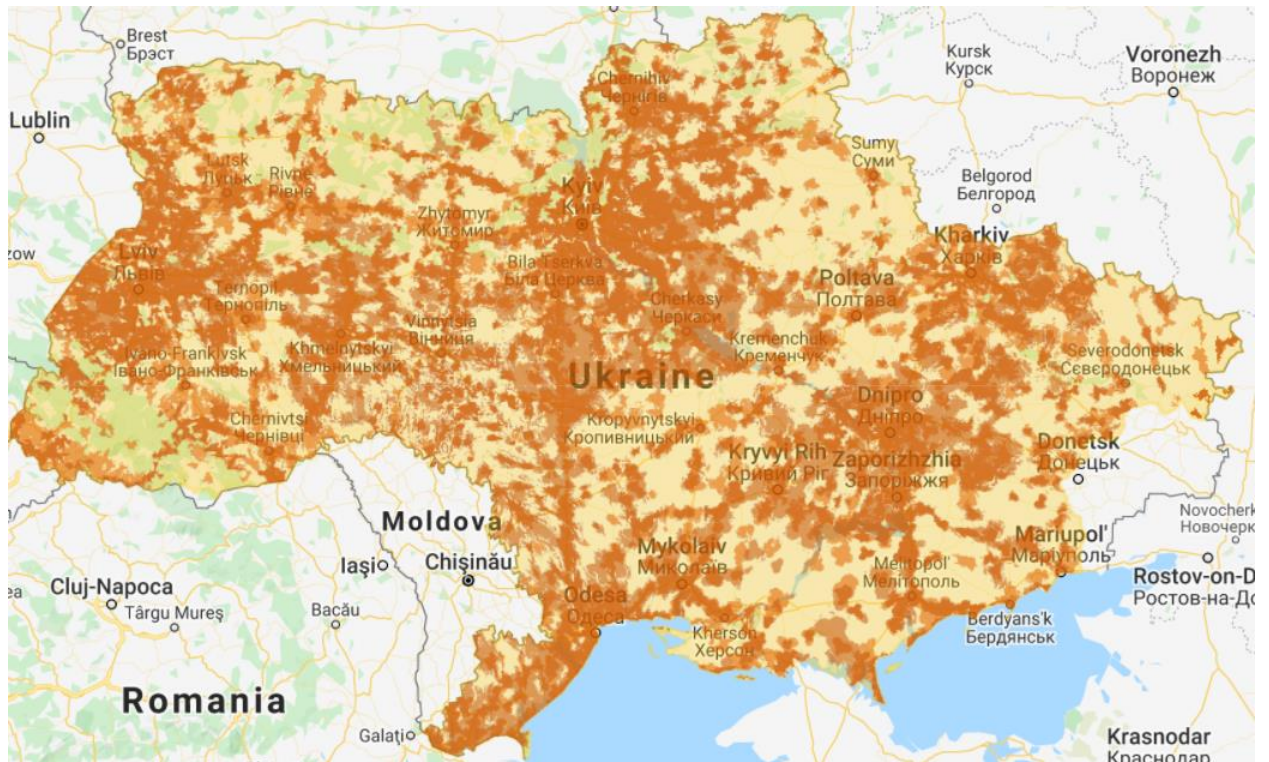


Рисунок 2.4 – Карта покриття 4G для оператора Lifecell

Як бачимо, спостерігається велика кількість непокритої території, що приводить до відсутності послуг у віддалених місцях та створення цифрової нерівності між жителями міст та сіл.

Компанія Ookla створила онлайн карту розгортання технології 5G в світі. На рисунку 2.5 показано як виглядає ситуація на планеті.



Рисунок 2.5 – Покриття 5G в світі

На даній карті показано країни, що впровадили технологію останнього покоління та кількість міст і локацій де реалізовано комерційне використання або запуск в тестовому режимі.

2.2 Методи впровадження нових послуг технології 5G

Ідея дезагрегації, віртуалізації та декомпозиції різних компонентів та функцій у мережі та загальній архітектурі мережі відкрила для операторів багато нових захоплюючих можливостей. У новій та розвиненій наскрізній мобільній архітектурі ідея дезагрегації та декомпозиції застосовується по різному із багатьма перевагами.

Дезагрегація апаратного та програмного забезпечення проти монолітного застосунку

Хмарні та віртуалізовані технології дозволили операторам дезагрегувати програмне забезпечення від базового обладнання. Ця модель пропонує такі переваги, як:

- швидкість і час на ринку для додавання нових функцій, властивостей або послуг;
- ширша та відкритіша екосистема постачальників, що дозволяє швидше впроваджувати інновації та зменшувати витрати;
- швидкі інновації в апаратному та програмному забезпеченні з можливістю масштабування кожного самостійно;
- можливе використання загального обладнання, що дозволяє перепрофілювати та масштабувати підтримку декількох додатків;
- можливість консолідації апаратних SKU від сотень або тисяч до менш ніж 10.

Функціональна декомпозиція забезпечує ще більшу гнучкість, окрім дезагрегації апаратного та програмного забезпечення. Одним з прикладів є розкладання площини управління та користувача для еволюціонованого

пакетного ядра і розкладання радіофункцій на RRH / RU, DU та CU.

Розкладання дозволяє:

- розмістити розкладені функції в найбільш оптимальних типах розташування. Наприклад, площина користувача еволюціонованого пакетного ядра може бути розміщена ближче до користувача, тоді як площина управління залишається централізованою. Ця можливість є основоположним фактором нових архітектур, таких як MEC;

- масштабувати кожен функцію незалежно, включаючи CP або UP для EPC або DU та CU для радіо;

- перевести функції площини користувача ближче до краю, зберігаючи функції управління більш централізованими, щоб забезпечити нові можливості з координацією та досягти кращої оптимізації витрат;

- сприяти створенню більш відкритої та різнопланової екосистеми, яка сприятиме швидшому впровадженню інновацій та зниженню витрат.

Щоб допомогти оператору скористатися різноплановим підходом, необхідно, щоб програмна реалізація функцій RAN була відділена від апаратного забезпечення. Функції CU хмарного розгортання RAN можуть бути створені на масовому сервері Intel x86. Функції віртуалізуються на програмному забезпеченні віртуалізації мережевих функцій (network functions virtualization (NFV)). Функції DU, засновані на наявності типу транспорту, можуть бути віртуалізовані на подібній платформі NFV або можуть бути реалізовані як функція мережі на сервері Intel x86 поблизу стільникового сайту.

Кластер віддалених радіоелементів (remote radio units (RRU)) може бути об'єднаний в DU. У свою чергу, декілька DU можна об'єднати в CU. Архітектура рішення дозволяє оператору масштабувати свою мережу в міру збільшення кількості комірок, шарів MIMO, частот та ємності користувача. У випадку, коли функції DU і CU віртуалізовані, масштабування може спричинити створення більш віртуалізованих virtualized CU (vCU) або

віртуалізованих функцій virtualized DU (vDU) як функції віртуальної мережі (virtual network functions (VNF)) на платформі NFV або це може спричинити збільшення можливостей обробки існуючого VNF.

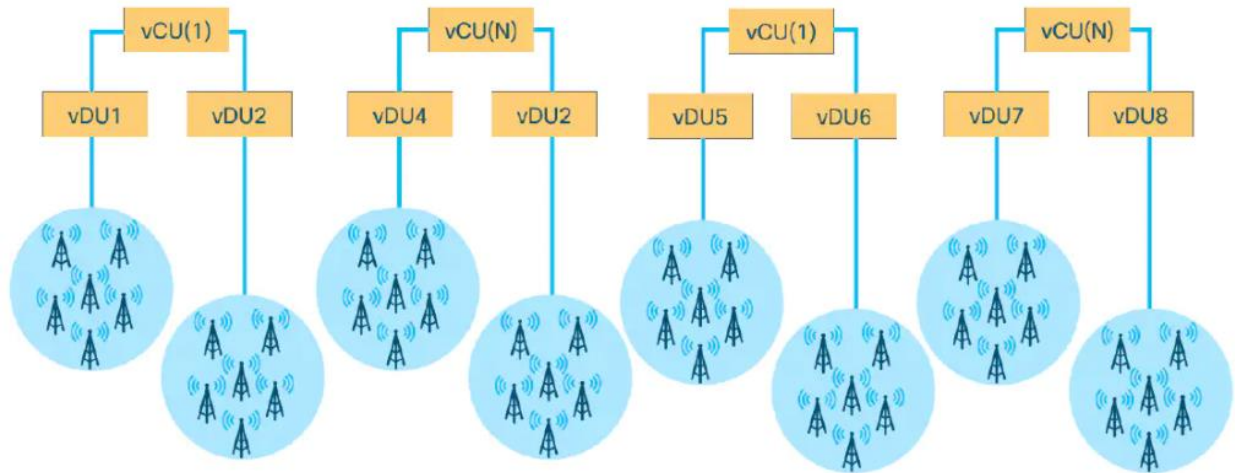


Рисунок 2.5 – Масштабування віртуальних функцій

Деагрегація апаратного забезпечення базової смуги від програмного забезпечення забезпечує гнучкість. Оператори можуть застосовувати найкращі в своєму роді рішення з точки зору RRU, апаратного забезпечення базової смуги та програмного забезпечення. Створення хмарної архітектури RAN має багато переваг, оскільки це принципово змінює спосіб закупівлі, побудови та експлуатації мереж. Ось деякі переваги такого рішення:

- ефективність експлуатації та зменшення вартості доставки послуг до місця стільникової комірки шляхом надання, введення в експлуатацію та управління послугами лише за допомогою програмного забезпечення.

- спритність, швидкість інновацій та пришвидшений час на монетизацію послуг, знижуючи вартість на користувача та вартість одиниці продуктивності.

- ефективний розподіл мережевих функцій та ресурсів для підтримки випадків використання 5G, таких як розширена мобільна широкопasmова мережа, наднадійний низький рівень затримки (ultrareliable

low-latency (URLLC)) та Інтернет речей (IoT) за допомогою таких технологій, як програмно визначені мережі, крайові обчислення, ланцюжок сервіс функцій та організація обслуговування.

– попереднє надання ресурсів базової смуги в хмарній мережі RAN не потрібно для максимальної пропускної здатності сайту. Враховуючи прибуток від об'єднання, ресурси базової смуги забезпечуються для профілю трафіку всієї мережі. Ці профілі трафіку можуть бути збільшені або зменшені під час використання пікових годин або у випадку великих трафіків.

– масштабованість для швидкого та економічного пристосування до різних топологій мережі та випадків використання.

– покращена доступність мережі та надійність, вже вбудовані в такі технології NFV, OpenStack, менеджер віртуальної інфраструктури та оркестратор послуг.

– дезагрегація апаратного забезпечення від програмного забезпечення за допомогою комерційних готових апаратних засобів із високою щільністю обробки та відкритих інтерфейсів.

– включення вдосконалених алгоритмів, таких як спільне багатоточкове та міжсайтове агрегування несучих.

Використання вищенаведених технологій та рішень дадуть змогу створювати віртуалізовані мережі де декілька операторів зможуть спільно використовувати базову мережу при цьому надаючи послуги кожен своїм абонентам і орендуючи апаратні ресурси один в одного.

2.3 Побудова розподіленої хмарної телекомунікаційної мережі з автоматизацією функцій

Розподілена телекомунікаційна хмарна платформа, яка повністю автоматизована, може допомогти сучасним провайдерам послуг зв'язку перетворитися на завтрашніх постачальників цифрових послуг. Розподілена

телекомунікаційна хмара по суті – це віртуалізована телекомунікаційна інфраструктура, побудована з використанням технологій центру обробки даних, хмари та віртуалізації; починаючи від централізованих телекомунікаційних центрів і закінчуючи 100-1000 крайовими місцями, які розташовані ближче до споживачів. Вони взаємопов'язані за допомогою програмованої WAN із загальною політикою та наскрізною автоматизацією, яка забезпечується потужними API. Цей підхід забезпечує надання набору послуг у хмарному масштабі з гнучкими операціями та простотою використання.

На рисунку 2.6 показано архітектурний каркас розподіленої телекомунікаційної хмарної платформи, що відрізняється слабо пов'язаною модульною архітектурою, де інтеграція між рівнями здійснюється за допомогою відкритих API та моделей даних. Модульність цієї архітектури дозволяє відповідати будь-яким вимогам розподілу. Слабке зчеплення між шарами гарантує ізоляцію, здатність до розкладання, гнучкість та відкритість. Кожен шар архітектури здатний підтримувати багатопрофільну модель розгортання.

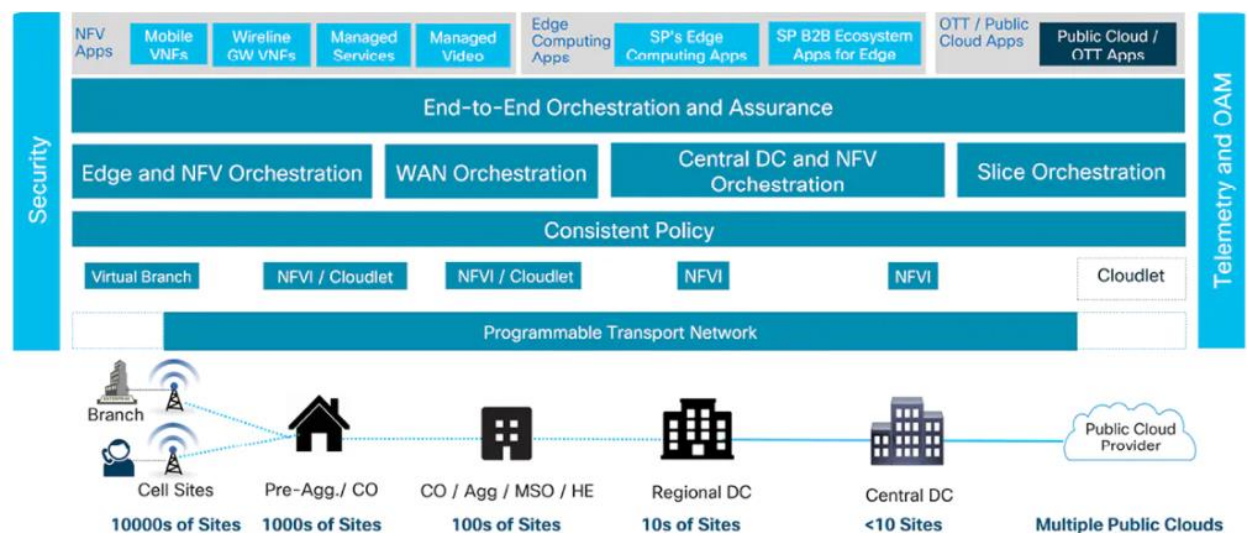


Рисунок 2.6 – Архітектурна модель мережі оператора

Високо масштабована архітектура охоплює розгортання, що включають центральні та регіональні оператори зв'язку, а також нові локації. Границя, як правило, широко розподілена і орієнтована на типи місцезнаходжень, такі як центральні офіси, агрегаційні або мобільні комутаційні бюро та концентратор C-RAN чи попередня агрегація.

Програмована транспортна мережа забезпечує надійний та оптимально спроектований зв'язок між сайтами розподіленої хмарної платформи. Програмованість транспортної мережі, що забезпечується портфелем маршрутизації на основі IOS XR- та IOS XE від Cisco, забезпечує можливість динамічної взаємодії платформи віртуалізації та системи автоматизації та оркестрування верхнього рівня. Він створює оптимальні конструкції площини управління та переадресації, здійснює управління ресурсами та забезпечує динамічне розподіл мережевих ресурсів, таких як шлях спроектований трафік інженерією та фрагменти мережі.

Платформа віртуалізації є фундаментальною для фреймворку, а на малюнку 2.6 зображена у вигляді NFVI або хмарних програм. Це поєднання апаратного забезпечення, такого як обчислення, зберігання та мережа, а також програмне забезпечення для віртуалізації, інтегроване разом у перевірений стек, щоб створити загальну віртуалізовану інфраструктуру, яка може приймати найрізноманітніші робочі навантаження. Робочим навантаженням може бути мережева функція (network function (NF)), додаткова програма обчислень або, зрештою, ІТ-програма. Модель віртуалізації може використовувати віртуальні машини або контейнери з архітектурою мікропослуг.

NFVI або хмарні програми в цьому фундаменті можуть бути ввімкнені рішенням інфраструктури віртуалізації мережевих функцій Cisco (NFVI), яке забезпечується керуванням віртуальною інфраструктурою Cisco (Cisco Virtual Infrastructure Manager (CVIM)). CVIM надає розширені функції хмарної оркестрації та управління життєвим циклом з великими

оперативними інструментами, щоб забезпечити глибоку видимість та можливості OAM у цій структурі. Cisco VIM забезпечує рішення NFVI операторського класу, яке побудовано на заснованій на стандартах архітектурі з різними компонентами з відкритим кодом, такими як OpenStack, KVM, Linux, Docker, Kubernetes, OVS, DPDK. Cisco NFVI розроблений для забезпечення різних оптимальних розмірів залежно від типу розташування, наявності ресурсів, фізичних обмежень та вимог до програми. Він може підтримувати все, починаючи від великих сайтів, таких як центральний центр обробки даних, аж до найменших сайтів, таких як центральний офіс або концентратор попередньої агрегації/хмари RAN. Кількість серверів може коливатися від більше 100 і до найменше трьох серверів у мінімальній формі. Усі розміри мають однакові доступність, продуктивність, стійкість, безпеку та експлуатаційні можливості.

Ці високо розподілені NFVI або хмарні програми можуть створити монументальний виклик для управління та експлуатації. Хоча кожен NFVI або хмарний апарат повністю автономний для керування своїми операціями, певні можливості, такі як управління несправностями та продуктивністю, разом із управлінням життєвим циклом повинні бути уніфіковані. Архітектура забезпечує рівень поверх розподілених NFVI або хмарних програм із загальним набором можливостей управління та експлуатації на платформі та всіх типах розташування. Він включає загальну безпеку та політику, всебічне управління життєвим циклом, управління ресурсами, що відповідає застосунку, інструменти DevOps та OAM, а також забезпечення інфраструктури завдяки багатосайтовій єдиній панелі можливостей управління склом.

Організація послуг, показана у верхній частині рисунка 2.6, забезпечує мережеві можливості, керовані намірами, виконуючи багатодоменне та багатопорядкове оркестрування послуг. Користувач висловлює намір, а оркестратор перекладає його на мову, зрозумілу

компонентам, що знаходяться внизу. На цьому рівні буде забезпечено розподілене управління ресурсами, управління доменними можливостями, аналіз рівня обслуговування, забезпечення, інтерфейс з іншими елементами, такими як портал або системи підтримки операцій (operations support systems (OSS)), щоб забезпечити наскрізну архітектуру.

Рівень оркестрації послуг реалізований за допомогою Cisco Elastic Services Controller (ESC) як загального диспетчера VNF та Cisco Network Services Orchestrator (NSO) як оркестратора NFV разом із рішенням щодо забезпечення обслуговування. Cisco ESC, мульти-VIM і багатохмрний VNFM, забезпечує розширене управління життєвим циклом VNF як для Cisco, так і для сторонніх VNF. Він може бути розгорнутий у парі високої доступності для одного більшого сайту або у розкладеному вигляді, що підтримує багато менших сайтів з моніторингом VNF на кожному меншому сайті для підвищення надійності та масштабу. Cisco NSO – це модельно орієнтований підхід, сумісний з багатьма пристроями різних виробників та підтримує велику кількість пристроїв. Він підтримує фізичні та віртуальні функції та забезпечує розширені можливості оркестрування для NFV, а також інших доменів, таких як програмований транспорт/WAN та центри обробки даних. У розподіленій телекомунікаційній хмарній архітектурі рекомендується розгортання багат шарового NSO для забезпечення модульності та оперативного розмежування. У цій конфігурації нижні рівні виконують індивідуальну оркестрацію домену (WAN, DC, хмарні програми), тоді як верхній рівень NSO контролює різні оркестратори нижнього рівня, щоб забезпечити наскрізну міждоменну оркестрацію. Потужні API-інтерфейси доступні від верхнього рівня до OSS, системи підтримки бізнесу (BSS) та сторонніх партнерів, щоб забезпечити легке використання розподіленої телекомунікаційної хмарної платформи.

2.4 Використання досвіду провідних компаній у впровадженні нових послуг технології 5G

Rakuten Inc., компанія з надання Інтернет-послуг зі штаб-квартирою в Японії, є світовим лідером в галузі електронної комерції та фінансових технологій. Вона також пропонує медіа-послуги, такі як відео, телепередачі в прямому ефірі, музика, електронні книги та обмін повідомленнями в соціальних мережах. Rakuten Mobile Network (RMN), дочірня компанія Rakuten Inc., є найновішим оператором мобільної мережі в Японії. Вони запустили свої комерційні послуги в жовтні 2019 року з інноваційною архітектурою, яка має порушити глобальний ландшафт телекомунікаційної галузі.

Охоплюючи архітектуру систем 5G з самого початку, це буде перша у світі розгалужена мережа, яка повністю віртуалізована від RAN до ядра з наскрізною автоматизацією як мережі, так і послуг. Радіодоступ спочатку буде 4G LTE (макро- та малі комірки) та Wi-Fi; з планами щодо додавання радіотехнології 5G на початку 2020 року до літніх Олімпійських ігор. Ця революційна архітектура дозволить RMN надавати широкий набір послуг, включаючи споживчі мобільні, вузькосмугові IOT, мультимедійні послуги та послуги з низькою затримкою, включаючи доповнену та віртуальну реальність. Усі послуги отримають вигоду від інноваційної архітектури MEC, що забезпечує диференційований досвід користувачів.

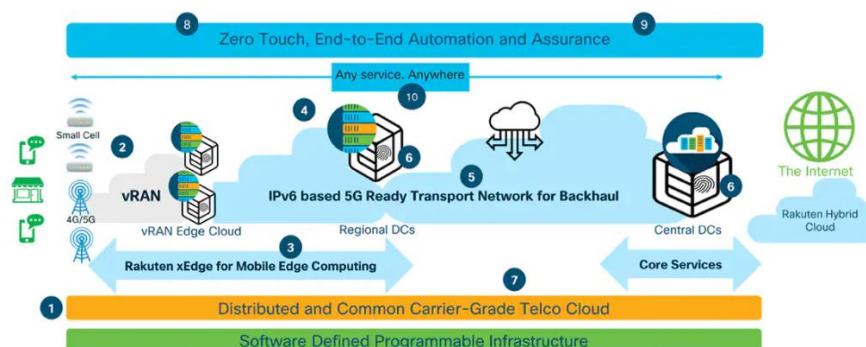


Рисунок 2.7 – Архітектура мережі Rakuten

Більшість поточних випадків телекомунікаційних хмар – це приклади мережевих функцій. На відміну від цього, RMN розгортає загальну горизонтальну хмарну мережу телекомунікаційного рівня для всіх віртуалізованих програм від RAN до ядра. Вона використовує загальний рівень управління інфраструктурою NFV, який буде широко розподілений у тисячах місць від краю до централізованих центрів обробки даних. Цей зближений інфраструктурний підхід призводить до високої ефективності, зниження вартості, простоти експлуатації, швидкості надання послуг та оптимального масштабування.

Менеджер віртуальної інфраструктури Cisco (VIM), що працює на серверах x86 з технологією Intel, у поєднанні з Cisco Nexus та комутаційною тканиною на основі ACI становлять основу цієї розподіленої телекомунікаційної хмари. RMN планує включити на цій платформі кілька віртуалізованих додатків, включаючи: Altiostar vRAN, Cisco vEPC, Nokia та Mavenir vIMS, InnoEye OSS, Netcracker BSS та багато інших VNF, пов'язаних із безпекою та sGi-LAN.

Основні функції пакетів забезпечуються провідною в галузі платформою Cisco Ultra Services. Контроль та розподіл площини користувача є ключовим фактором, що дозволяє цій архітектурі забезпечити масштабовані можливості граничних обчислень із кількома доступом (multi-access edge computing (MEC)). Cisco Ultra дозволяє використовувати (control and user plane separated (CUPS)) з першого дня в мобільній мережі Rakuten та має гнучкість для самостійного масштабування функцій, одночасно закладаючи основу для легкої міграції до повної архітектури систем 5G.

Відкритий і віртуалізований RAN знаходиться в епіцентрі технічної стратегії RMN. Це буде перша мережа, яка запуститься з повністю віртуалізованим рішенням RAN від Altiostar Networks. Архітектура рішення дозволяє двошаровий спліт, використовуючи фронтальний перехід від місця комірки до місць попередньої агрегації, де нижній шар радіо стека

розміщений на віртуалізованому DU (vDU). Верхній шар радіо стека розміщений на віртуалізованій CU, яка підключається до vDU за допомогою інтерфейсу середньої швидкості.

Хоча в галузі вже деякий час існують віртуалізовані рішення CU, це перша комерційна реалізація повністю віртуалізованої функції DU для макро RAN 4G LTE. Враховуючи суворі вимоги до продуктивності та масштабу в режимі реального часу, необхідні для обробки цифрового РЧ-сигналу, віртуалізація функції DU для розгортання на виробничому рівні не була тривіальною.

Цей перший повністю віртуалізований DU з'явився для Rakuten завдяки інноваціям та співпраці з багатьма лідерами галузі в екосистемі партнерів Open vRAN, включаючи Altiostar Networks з програмним рішенням vRAN, Cisco Systems з комутацією VIM, ESC, NSO, Nexus та маршрутизацією NCS 5500 рішенням, Intel з його сімейством процесорів Xeon, мережевими адаптерами, технологією FPGA для прискорення та програмним забезпеченням FlexRAN, а також Red Hat з рішеннями RHEL та OSP. Приклад радіо мережі з використаними рішеннями показано на рисунку 2.8.

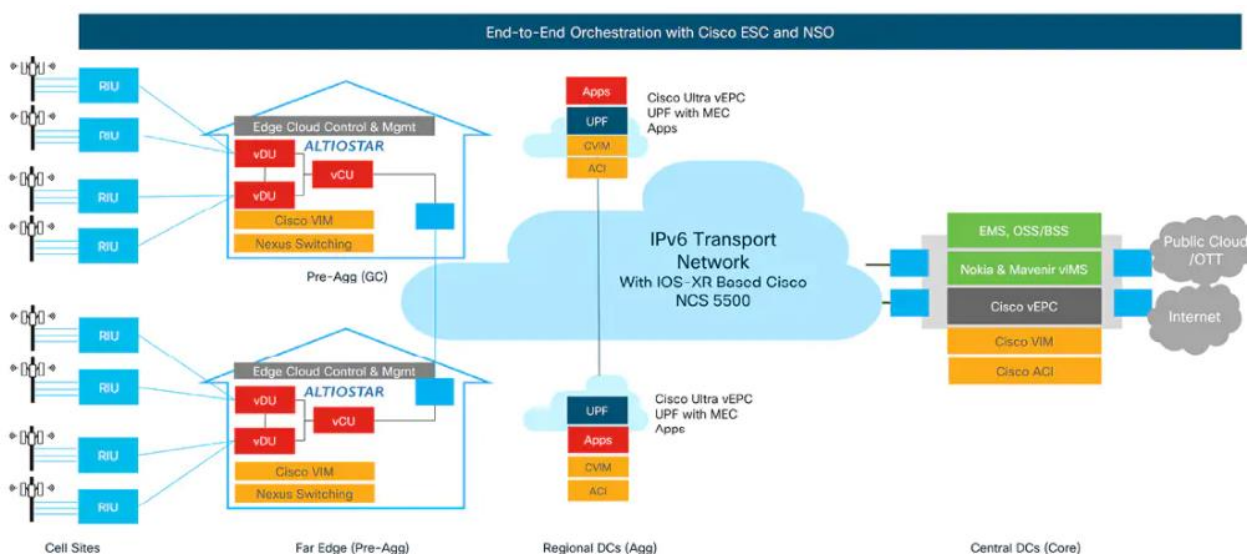


Рисунок 2.8 – Архітектура радіомережі Rakuten

Архітектура дозволяє створити для RMN гнучку ділянку стільникового зв'язку, що включає антену та віддалену головку радіо. Вона підтримує скоординовану радіобробку для підвищення спектральної ефективності, полегшує масштабування та надає відкриті API, які дозволяють участі багатьох виробників та постачальників.

Архітектура дозволяє RMN генерувати значне зменшення капітальних витрат. Це також скоротило час та витрати на будівництво майданчика, збільшило успіх придбання майданчика та дозволило покращити координацію та охоплення, особливо у сільській місцевості.

Інноваційна крайова архітектура RMN використовує ядро пакетів vRAN, управління та розділену користувацькою площиною (control and user plane separated (CUPS)) та розподілену телекомунікаційну хмару. Це забезпечує MEC як для функцій інфраструктури, так і для різноманітних послуг із низькою затримкою та орієнтованою на вміст. Приклади таких послуг включають оптимізовану доставку контенту, пряме телебачення, підключений автомобіль, доповнену та віртуальну реальність, онлайн-ігри, підключені стадіони тощо. Поки інші розглядають подібні можливості 5G, RMN скористається можливостями як 4G, так і 5G, щоб забезпечити найкращий досвід користувачів.

Сьогодні RMN впроваджує 5G-архітектуру системи з віртуалізацією/NFV, vRAN, SDN, автоматизацією, ядром пакетів CUPS, обчисленням краю, нарізанням, масштабуванням та ємністю, які властиві архітектурі RMN. Ця архітектура створює основу, яка полегшує додавання можливостей 5G за допомогою оновлення програмного забезпечення, що може скоротити час виходу на ринок.

Оснащена маршрутизаторами Cisco NCS 5500 з рішенням на базі IOS XR, мобільна транспортна мережа RMN побудована з урахуванням потужності та масштабу 5G. Ядро мережі матиме багатотерабітну ємність. Кількість пропускної спроможності 100G буде доступна для мережі

попередньої агрегації стільникового сайту, на відміну від решти світу, який розгорнув мережу на базі 1G або 10G. Мережа базується на протоколі IPv6 із шляхом міграції до маршрутизації сегментів IPv6, що забезпечить масштабованість та уникне функцій трансляції адрес, які є дорогими та складними в роботі.

Потужності центральних центрів обробки даних, визначені для центрального та регіонального програмного забезпечення RMN, працюють від Cisco ACI і надаватимуть широкий спектр основних та сучасних послуг. Вони розроблені з урахуванням 5G та побудовані як гнучкі центри надання послуг. Вони мають десятки терабіт потужності, горизонтальний масштаб, автоматизацію та аналітику.

Автоматизація є фундаментальною метою стратегії RMN. Cisco NSO разом із системою управління елементами (EMS) та інструментами OSS забезпечують автоматизацію. Усі компоненти мережевої інфраструктури, поряд із послугами, автоматизовані в RMN для первинного розгортання та постійного управління життєвим циклом. Це зменшує OpEx та мінімізує людський контроль над розгортанням та експлуатацією мережі порівняно з традиційним оператором. Це також допомагає уникнути проблем, спричинених людською помилкою, та сприяє швидшому реагуванню на проблеми, врешті-решт прокладаючи шлях до автоматичного відновлення.

Мобільна індустрія та її ланцюг поставок перебувають на межі значної трансформації. Ця трансформація керується програмним забезпеченням і призведе до більш гнучкої та ефективної архітектури мобільних мереж. Нова мобільна архітектура побудована на двох ідеях. По-перше, принцип дезагрегації, який полягає в тому, що програмне забезпечення можна придбати окремо від апаратного забезпечення. По-друге, принцип декомпозиції, який розділяє раніше монолітні системи на безліч функцій, які можуть бути розгорнуті найкращим чином для задоволення бізнес-вимог оператора, використовуючи стандартні інтерфейси.

Деконструйована мобільна архітектура може бути розгорнута в мережі і може бути побудована за допомогою декількох постачальників. Чистий ефект – це гармонізована з функціями мережа, яка є принципово і за своєю суттю різноплановою. У цій новій мобільній мережі автоматизація вбудована з використанням підходу, керованого моделлю, який також забезпечує підтримку API для можливостей B2B та NaaS. Крайові сайти відіграють помітну роль, оскільки хмари розгортаються для підтримки кращого радіосервісу. Ці самі крайові сайти стають базовими місцями для крайових обчислювальних послуг.

Майбутнє починається зараз. Ця нова архітектура мобільної мережі може бути реалізована сьогодні для 5G NR або LTE, і оператори можуть вибрати різні шляхи, щоб туди дістатися. Розумні кроки дозволять гнучкіше надавати послуги зі зниженими витратами, що призводить до підвищення конкурентоспроможності та прибутковості, забезпечуючи при цьому вищу якість обслуговування.

2.5 Шлях розвитку для впровадження нових послуг 5G

Для розгортання 5G операторам потрібен ліцензований спектр. На сьогоднішній день можливості зростання в 5G фактично були накладеними на існуючу мережу LTE, яка використовує подвійне підключення (existing LTE network that use dual connectivity (ENDC)) та не автономний (non-standalone (NSA)) доступ, який повторно використовує EPC. Враховуючи незрілу екосистему 5G UE, розумний підхід полягає у розгортанні 5G NR на низькосмуговому спектрі цифрових дивідендів, такому як спектр, доступний після відключення телевізійного мовлення. Інший варіант – новий мм-хвильовий спектр вище 26 ГГц, або середньосмугові частоти в діапазоні C, як правило, доступні за межами США, але також потрібні операторам в США.

Для досягнення бізнес-цілей 5G оператори повинні розробити оптимальний еволюційний шлях, який налаштовується на володіння спектром та ринки, що обслуговуються. Усі витрати повинні відповідати досягненню своїх цілей. Для операторів найкращим підходом є широкий екосистемний підхід до побудови гармонізованої мобільної мережі з вибором найкращих у своєму класі компонентів.

Перехід цілої мережі до 5G не є практичним. Інвестиції повинні бути захищені під час їх амортизаційного циклу, тому еволюція повинна бути поступовою з поступовими кроками. Ці еволюційні кроки не повинні руйнувати якість роботи користувачів. Збільшення також повинні додати вимірювану вартість з точки зору операційних та капітальних витрат та створити додатковий дохід.

На найвищому рівні в основному можна застосувати два підходи. Перший заснований на поступовому розвитку кожної ділянки шляхом міграції несучих або додавання несучої до системи Cloud-RAN. Другий підхід заснований на ідеї міграції цілої ділянки по черзі під час повного відновлення.

Для першого підходу секторного розвитку запропоновано стратегію, що заснована на розгортанні 5G як накладання на існуючі мережеві рішення. Початкове накладання можна виконати кількома способами.

Перший спосіб полягає у накладенні хмарного RAN (new radio (NR)) на існуючий LTE та використанні взаємодіючої контрольної точки X2, як визначено альянсом O-RAN. LTE та NR можуть співіснувати, використовуючи архітектуру Non-Stand Alone (NSA).

Другий спосіб передбачає оновлення існуючого LTE до хмарного RAN. Не потрібна сумісність між X2, але потрібно оновити LTE, а потім забезпечити роботу оновлення спільно з іншими діапазонами LTE та перед-LTE, які можуть бути розгорнуті.

У третьому способі NR розгортається як чисте накладання. Цей підхід подібний до того, як LTE був розгорнутий над існуючими 2G та 3G. Він покладається на взаємодію базової мережі, яка є мобільним ядром, яке може підтримувати як окремі архітектурні пристрої 5G NR, що використовують 5G сигналізацію в ядро, так і пристрої лише LTE, які реєструються з ядром LTE.

Другий підхід, заснований на міграції однієї ділянки за раз, має кілька важливих переваг перед першим підходом. Найголовніша перевага полягає в тому, що він не покладається на взаємодію інтерфейсу з існуючою мережею. Другий підхід також є найпростішим при міграції OSS, оскільки оператори можуть обмежити інвестиції в застарілу OSS, одночасно дозволяючи інвестувати у більш підходяще середовище.

Програмне визначення наскрізної мережі 5G призводить до значних переваг для операторів. Це дозволяє їм отримувати кращі переваги у створенні послуг. По суті, визначення програмного забезпечення є найкращим способом поступового впровадження функцій, які роблять оператора конкурентоспроможним. Визначення програмного забезпечення добре узгоджується із практикою закупівель, особливо для RAN. За допомогою визначення програмного забезпечення оператори можуть створити найкращу в своєму класі інфраструктуру, використовуючи пропозиції від багатьох постачальників. Cisco бачить можливість появи нового ланцюжка постачання мобільної інфраструктури з 5G, що призведе до більш економічного, різноманітного для постачальників та більш привабливого способу побудови мереж.

Завдяки цьому мобільне ядро 5G core (5GC) залишається серцем створення сервісу. Він повинен бути побудований модульно і з сильним акцентом на визначення програмного забезпечення.

2.6 Загрози впровадження нових послуг технології 5G

Запровадження нової технології 5G супроводжується скандалами та протистоянням між США та Китаєм. За даними сайту Укрінформ існує проблема між урядом США та китайською компанією Huawei щодо звинувачень у шпигунстві та спробам заволодіння персональною інформацією. Компанію підозрюють у можливості нашпигувати свої пристрої додатковими чорними входами та іншим програмним забезпеченням для відслідковування та отримання інформації. В той час коли український президент оголосив про початок підготовки до впровадження 5G зв'язку, Мінторг США вніс Huawei до списку небезпечних компаній і позбавив китайського лідера телекомунікаційного обладнання прав використання програм розроблених в Америці, процесорів та інших сучасних технологій. За підтримки уряду США компанія Google повністю від'єднала Huawei від всіх своїх сервісів. Світ мобільних технологій став поділений на дві системи – американську та китайську.

Обгрунтовуючи свої дії, США надали звіт ЦРУ де подана інформація про те, що Huawei отримувала кошти від китайської розвідки та інших організацій Китаю. Ця інформація була надана також партнерам з розвідувального альянсу Five Eyes, куди входять Канада, Австралія, Велика Британія та Ново Зеландія. Як наслідок цього скандалу, британці почали замінювати китайське обладнання на аналогічне від Ericsson. Аналогічні дії щодо заборони китайських пристроїв для мобільного зв'язку ввели в Австралії, Новій Зеландії та Японії. Надано рекомендації Федеральною розвідувальною службою Німеччини щодо невикористання китайського обладнання.

Проте не всі поспішають звинувачувати Huawei. Наприклад, Канада, що є партнером США по Five Eyes, не забороняє використання. З

обережністю віднеслись до заяв США також в Європейському Союзі, ООН і в ряді компаній, що конкурують з Huawei.

Відмічено, що реальних доказів протиправних дій з сторони Huawei немає, а в компанії Ericsson заявили, що такі звинувачення не вигідні нікому, оскільки гальмують розвиток технологій.

Беручи до уваги вищесказане про протистояння США та Китаю, розгортання технології 5G ставить багато питань перед операторами мобільного зв'язку. Потрібно буде вибирати між китайським та американським обладнанням де конкуренція дуже сильна. На даний час в Україні діє експериментально розгорнута станція 5G зв'язку, що встановлена компанією "Київстар" біля Київського політехнічного інституту. Україна постане перед серйозним вибором. Якщо використовувати американські технології їх вартість буде суттєво вищою ніж у китайських. Проте, партнерство в оборонній сфері і підтримка в боротьбі за суверенітет можуть накласти свої обмеження. Для приладу в Росії та Білорусі використовується китайське обладнання, вартість якого є надзвичайно низькою. Суттєвий вплив на побудову мережі 5G накладе вибір наших європейських сусідів, оскільки євроінтеграційні процеси будуть вимагати спільних стандартизованих рішень.

2.7 Висновки до другого розділу

Другий розділ кваліфікаційної роботи висвітлює питання перспектив впровадження нових послуг технології 5G в Україні. При цьому подано аналіз вхідних умов реалізації розгортання мереж 5G на прикладі Німеччини та провідних операторів України, а саме Київстар, Vodafone Україна та Lifecell. З наведеного матеріалу видно, що на даному етапі розвитку мобільних технологій існує ще багато роботи в напрямку розширення технологій попередніх поколінь для уникнення цифрової нерівності між

жителами міст та сіл. Також виникає питання наявності абонентських терміналів в достатній кількості для використання послуг стандарту 5G. Розподіл частотного простору для вивільнення необхідних технічних можливостей розгортання найновіших рішень ще не завершено. Більш конкретні кроки щодо впровадження нових послуг 5G будуть, очевидно, зрозумілими після проведення тендеру на отримання частотного діапазону. Подано методи впровадження нових послуг технології 5G через використання технологій віртуалізації мережевих компонентів. Повністю віртуалізована мережа оператора мобільного зв'язку дасть можливість ділитись базовою мережею з іншими операторами та використовувати їх мережі натомість. В такому варіанті розгортання кожен може бути як орендарем так і надавачем послуг через використання програмних API у віртуалізованих додатках. В ідеальному випадку це повинно привести до побудови розподіленої хмарної технології мереж з автоматизацією функцій. Такий підхід розглянуто на прикладі японської компанії Rakuten, що разом з провідними виробниками апаратного та програмного забезпечення побудувала революційну телекомунікаційну мережу з використанням декомпозиції апаратного та програмного просторів. Розглянуто шляхи впровадження технології 5G і виявлено три сценарії. У першому варіанті існуюча мережа продовжує працювати паралельно з новою. Наступний варіант передбачає віртуалізацію певних функцій частини мережі. І останній за прикладом мережі Rakuten пропонує побудову повністю віртуалізованої мережі. Проведено дослідження загроз впровадження 5G в Україні і виявлено, що існує протистояння між американськими та китайськими виробниками обладнання. Це буде визначати вектор розвитку телекомунікаційної галузі в подальшому в Україні.

3 АПРОБАЦІЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

3.1 Впровадження нових послуг технології 5G в Україні

Для ефективного впровадження технології та послуг 5G на території нашої країни потрібно провести дослідження економічних аспектів таких розгортань в країнах, що вже реалізували проекти такого рівня. За даними відкритих джерел компанія “Київстар” для побудови своїх мереж стандарту 3G та 4G витратила 22,5 млрд. гривень. У США за даними квітня 2019 року заявлено, що для побудови бездротової мережі 5-го покоління планується витратити близько 275 млрд. доларів. Ця сума покриває витрати тільки для території Америки. Дослідження впровадження аналогічних мереж для Великобританії проведене Едвардом Дж. Оттоном та Зорайдом Фріасом. У своїй праці “Вартість, охоплення і наслідки впровадження інфраструктури 5G у Великобританії” вони стверджують, що на протязі десяти років потрібно буде профінансувати близько 15-25 млрд. фунтів для створення мережі 5-го покоління.

На рисунку 3.1 показано швидкість покриття населення від обсягу витрат на рік для Британії.

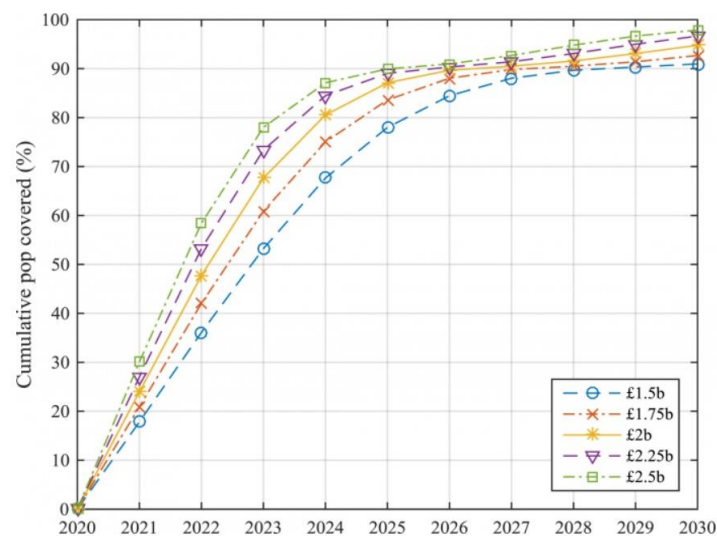


Рисунок 3.1 – Покриття населення технологією 5G від обсягу витрат на рік

При цьому потрібно розглянути витрати користувачів на мобільний зв'язок для різних країн. Якщо для американського абонента компанії AT&T такі витрати становлять близько 48 доларів, для британського близько 17 євро, то для українських абонентів станом на 30 грудня 2020 року така цифра становить 2,7 долара. Впровадження нової технології безумовно приведе до підвищення тарифів, що ляжуть тягарем на українських абонентів.

3.2 Можливі застосування послуг наданих технологією 5G

5G є 5-м поколінням мобільних мереж, що є значним розвитком сучасних мереж 4G LTE. 5G розроблено з урахуванням дуже великого зростання обсягів передачі даних та підключення сучасного суспільства, Інтернету речей з мільярдами підключених пристроїв та завтрашніх інновацій. 5G спочатку працюватиме спільно з існуючими мережами 4G, перш ніж перейти до повністю автономних мереж у наступних випусках та розширенні покриття.



Рисунок 3.2 – Приклад застосування 5G для людей

На рисунку 3.2 показано приклад всеохоплюючого під'ядання з використанням технології 5G для усіх сфер людського життя.

На додаток до швидшого з'єднання та більшої ємності, дуже важливою перевагою 5G є швидкий час відгуку, який називають затримкою.

Час затримки – це час, протягом якого пристрої реагують один на одного через бездротову мережу. Мережі 3G мали типовий час відгуку 100 мілісекунд, 4G – близько 30 мілісекунд, а для 5G цей час буде настільки низьким, як 1 мілісекунда. Це практично миттєво відкриває новий світ підключених додатків.

5G забезпечить миттєве підключення до мільярдів пристроїв, Інтернету речей (IoT) та справді пов'язаного світу.

5G забезпечить швидкість, низьку затримку та підключення, щоб забезпечити нове покоління додатків, послуг та бізнес-можливостей, яких раніше не бачили.

Існує три основні напрямки використання 5G:

- обмін даними між машинами та пристроями – також називається Інтернет речей (IoT), що передбачає підключення мільярдів пристроїв без втручання людини в масштабах, яких раніше не бачили. Це потенційно може революціонізувати сучасні промислові процеси та програми, включаючи сільське господарство, виробництво та ділові комунікації;

- ультранадійний зв'язок із низькою затримкою – критично важливий, включаючи управління пристроями в реальному часі, промислову робототехніку, системи зв'язку від автомобіля до автомобіля та системи безпеки, автономне водіння та безпечніші транспортні мережі. Зв'язок із низькою затримкою також відкриває новий світ, де можлива віддалена медична допомога, процедури та лікування;

- покращений мобільний широкосмуговий доступ – забезпечує значно вищу швидкість передачі даних та більшу пропускну здатність, підтримуючи світ на зв'язку. Нові застосування включатимуть стаціонарний бездротовий доступ до Інтернету для будинків, програми для трансляції на вулиці та покращені можливості зв'язку для людей, які перебувають у дорозі.

Для спільнот 5G забезпечить підключення мільярдів пристроїв для наших розумних міст, розумних шкіл та розумних будинків, розумних та безпечних транспортних засобів, покращить охорону здоров'я та освіти та забезпечить більш безпечне та ефективне місце для життя.

Для підприємств та промисловості 5G та IoT нададуть велику кількість даних, що дозволить їм отримати уявлення про свої операції, як ніколи раніше. Підприємства працюватимуть і прийматимуть ключові рішення на основі даних, впроваджуватимуть інновації у сільському господарстві, розумних фермах та виробництві, відкриватимуть шлях до економії витрат, покращення досвіду клієнтів та довгострокового зростання.

Нові та майбутні технології, такі як віртуальна та доповнена реальність, будуть доступні кожному. Віртуальна реальність забезпечує пов'язані враження, які раніше були неможливі. За допомогою 5G та VR з'явиться можливість подорожувати до свого улюбленого міста, дивитися живий футбольний матч із відчуттям, що знаходитесь на стадіоні, або навіть мати можливість оглянути нерухомість та пройтись по новому дому, не встаючи з дивана.

5G забезпечить нам зв'язок у завтрашніх розумних містах, розумних будинках та розумних школах та надасть можливості, про які ми ще навіть не думали.

Рисунок 3.3 показує інтегрування 4G та 5G технологій.

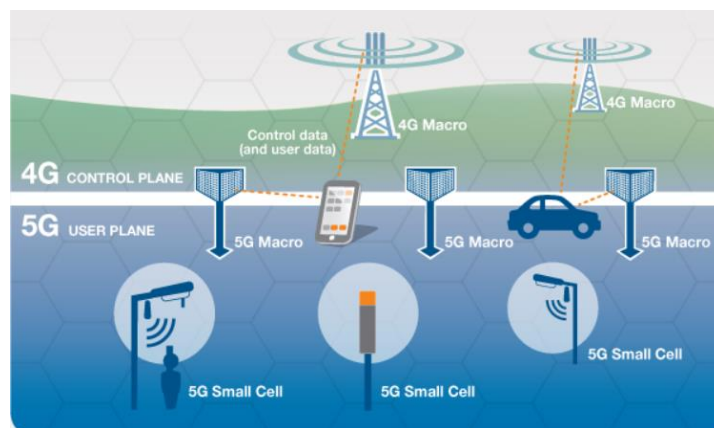


Рисунок 3.3 – Інтегрування 4G та 5G мереж

Коли встановлено 5G-з'єднання, користувацьке обладнання (або пристрій) буде підключатися як до мережі 4G для забезпечення контрольної сигналізації, так і до мережі 5G, щоб допомогти забезпечити швидке з'єднання даних, додавши до існуючої 4G ємності.

Там, де покриття 5G обмежене, дані передаються в мережу 4G, що забезпечує безперервне з'єднання. По суті, завдяки цій конструкції мережа 5G доповнює існуючу мережу 4G.

Мережі 5G призначені для роботи спільно з мережами 4G із використанням ряду макрокомірок, малих комірок та спеціальних внутрішніх систем. Маленькі комірки – це міні-базові станції, призначені для дуже локалізованого покриття, як правило, від 10 метрів до декількох сотень метрів, що забезпечує заповнення для більшої макромережі. Малі комірки є важливими для мереж 5G, оскільки частоти mmWave мають дуже короткий діапазон з'єднання.

3.3 Висновки до третього розділу

В цьому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження економічної доцільності впровадження послуг технології 5G для ринку України. За результатами порівняння середніх витрат абонентів Америки, Великобританії та України в співвідношенні до затрат на розгортання мереж 5-го покоління виявлено труднощі, що можуть виникнути при цьому. Зростання вартості послуг є обов'язковою умовою для забезпечення економічної доцільності побудови нових мереж, а це в свою чергу ляже тягарем на абонентів. В порівнянні з існуючим рівнем сервісу, що надається технологією 4G мережі 5G не будуть мати суттєвих переваг для переходу користувачів і додавання нових застосунків таких, як IoT зможе перехилити чашу на сторону останніх. Створення комплексних застосунків для абонентів та бізнесу уможливить успішність 5G в Україні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Освітлення робочого місця

Законодавчими актами, що визначають основні положення про охорону праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти. До загальних законів належать: Конституція України, Закони України: “Про охорону праці”, “Про охорону здоров’я”, “Про пожежну безпеку”.

Приміщення, в яких встановлені персональні комп’ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79.

Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природною освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Розраховується КПО за методикою, викладеною в СНиП II-4-79.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300лк. Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у приміщеннях, де переважним чином працюють з документами, допускається застосування металогалогенних ламп потужністю

250Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення. Система загального освітлення має становити суцільні або переривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих.

Допускається використання світильників таких класів світлорозподілу:

- прямого світла — П;
- переважно прямого світла — Н;
- переважно відбитого світла — В.

Для загального освітлення слід застосовувати світильники серії ЛПО 36 із дзеркальними ґратами, що укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Допускається застосовувати світильники цієї серії без ВЧ ПРА тільки в модифікації «Кососвітло».

При відсутності світильників серії ЛПО36 з ВЧ ПРА і без ВЧ ПРА модифікації «Кососвітло» допускається застосування світильників загального освітлення серії:

- ЛПО13 — 2×40/Б — 01;
- ЛПО13 — 4×40/Б — 01;
- ЛПО13 — 2×40 — 06;
- ЛПО13 — 2×65 — 06;
- ЛСО05 — 2×40 — 001;
- ЛСО05 — 2×40 — 003;
- ЛСО04 — 2×36 — 008;
- ЛПО34 — 4×36 — 002;
- ЛПО34 — 4×58 — 002;
- ЛПО31 — 2×31 — 002,

а також їх вітчизняні та зарубіжні аналогів.

Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґрат заборонено. Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90 градусів з вертикаллю в повздовжній та

поперечній площині має становити не більше ніж 200 кд/м^2 , захисний кут світильників — не менше ніж 40 градусів. Світильники місцевого освітлення повинні мати відбивач, що просвічує, із захисним кутом, не меншим ніж 40 градусів.

Слід передбачити обмеження прямої блискості від джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість світлих поверхонь (вікна, джерела штучного освітлення), що розташовані в полі зору повинна бути не більше ніж 200 кд/м^2 . Необхідно обмежувати відбиту блискість на робочих поверхнях відносно джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані ВДТ має не перевищувати 40 кд/м^2 , а яскравість стелі в разі застосування системи відбитого освітлення – 200 кд/м^2 .

Показник осліпленості у разі використання джерел загального штучного освітлення у виробничих приміщеннях має не перевищувати 20 , а показник дискомфорту в адміністративно-громадських приміщеннях має бути не більше за 40 . Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору працюючих з ВДТ. При цьому співвідношення яскравостей робочих поверхонь має бути не більшим ніж $3:1$, а співвідношення яскравостей робочих поверхонь та поверхонь стін, обладнання тощо — $5:1$. Коефіцієнт запасу для освітлювальних установок загального освітлення має дорівнювати $1,4$. Коефіцієнт пульсації має не перевищувати 5% , що забезпечується застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального та місцевого освітлення з ВЧ ПРА для світильників будь-яких типів. Якщо не має світильників з ВЧ ПРА, то лампи багатолампових світильників або світильники загального освітлення, розташовані поруч, слід вмикати на різні фази трьохфазної мережі. Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ слід чистити шибки і світильники принаймні двічі на рік і вчасно замінювати лампи, що перегоріли.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Основні принципи і способи забезпечення життєдіяльності

Можна виділити ряд важливих проблем, які постійно перебувають у полі зору людства для забезпечення нормальних умов життя і праці.

Дотримання параметрів середовища перебування людини в необхідних для життєдіяльності межах – це одна із складних проблем, які стоять перед світовим співтовариством. Це пов'язано з тим, що трудова діяльність людей з року в рік активізується, ускладнюється, вводяться новіші знаряддя праці і технології. Виникає проблема технологічної безпеки.

Це означає, що збільшується навантаження на всі структурні частини навколишнього середовища, є очевидною небезпека виснаження природних ресурсів, незворотних забруднень і зміни безпечних параметрів середовища, за якими створюються реальні умови для виникнення різного роду небезпек.

Отже, кожна держава повинна мати професійно придатні структури і системи захисту від наслідків імовірних небезпек. Головною метою таких систем є захист населення та зниження рівня ризику при виникненні певних небезпек шляхом запобігання, реагування і ліквідації їх наслідків. Можна навести основні принципи та способи забезпечення життєдіяльності:

- забезпечення населення всіма видами енергоресурсів (електроенергією, газом, нафтопродуктами, кам'яним вугіллям, водою тощо). Енергетична криза, що існує сьогодні, суттєво впливає на життєдіяльність людей. Це одна з найбільш актуальних проблем забезпечення безпеки будь-якої країни світу;

- забезпечення населення всіма необхідними параметрами і нормами матеріального середовища життя. Гострою проблемою для багатьох людей у різних країнах є недостатня кількість житла, комунального транспорту, суспільних закладів, спортивних комплексів, медичних закладів та інших елементів системи життєзабезпечення;

– забезпечення продуктами харчування. Продукти харчування є фізіологічною основою життєдіяльності. Із збільшенням чисельності населення ця проблема стає особливо гострою. Якщо людство не розробить нові перспективні технології вирощування продуктів харчування і своєчасно не адаптується до них, може виникнути небезпечна ситуація глобального масштабу;

– наявність і раціональне використання питної (прісної) води. Йдеться про охорону прісної води від забруднення, що може призвести до непридатності її використання для потреб населення. Звідси впливає важливість очищення води, боротьба з промисловим і побутовим забрудненням, виснаженням водою;

– ліквідація, переробка або використання відходів виробництва. Особливо небезпечними є відходи атомних, хімічних, біологічних виробництв, кількість яких щорічно зростає і, відповідно, збільшується кількість відходів.

Дотримання основних принципів і способів забезпечення життєдіяльності є необхідною умовою для успішного функціонування людини.

4.3 Висновки до четвертого розділу

В даному розділі кваліфікаційної роботи розглянуто питання освітлення робочого місця. В безпеці в надзвичайних ситуаціях висвітлено питання основних принципів та способів забезпечення життєдіяльності.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведено дослідження впровадження нових послуг у мережах операторів мобільного зв'язку технології 5G та отримано наступні результати:

- проаналізовано переваги впровадження технологій покоління 5G над існуючими стандартами роботи операторів мобільних мереж попередніх поколінь. Віртуалізація наборів функцій та послуг є основоположною для успішного функціонування мереж 5G.

- проведено огляд моделей реалізації даної технології на прикладі світових лідерів (Rakuten Mobile Network Inc.) для демонстрації технічних аспектів розгортання таких мереж. Це в свою чергу дасть змогу кращого розуміння перспективи впровадження нових послуг в мережах операторів мобільного зв'язку в Україні.

- здійснено аналіз подальшого використання магістральної технології MPLS та виявлено, що вона не відповідає сучасним вимогам.

- висвітлені питання перспектив впровадження нових послуг технології 5G в Україні. При цьому подано аналіз вхідних умов реалізації розгортання мереж 5G на прикладі Німеччини та провідних операторів України, а саме Київстар, Vodafone Україна та Lifecell.

- подано методи впровадження нових послуг технології 5G через використання технологій віртуалізації мережевих компонентів. Повністю віртуалізована мережа оператора мобільного зв'язку дасть можливість ділитись базовою мережею з іншими операторами та використовувати їх мережі натомість. В такому варіанті розгортання кожен може бути як орендарем так і надавачем послуг через використання програмних API у віртуалізованих додатках.

- проведено дослідження загроз впровадження 5G в Україні і виявлено, що існує протистояння між американськими та китайськими

виробниками обладнання. Це буде визначати вектор розвитку телекомунікаційної галузі в подальшому в Україні.

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання освітлення робочого місця та основних принципів та способів забезпечення життєдіяльності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методи та засоби оптимізації роботи мереж різного призначення / [Мурза Д.В. та ін.]. // Матеріали ІХ міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 25 – 26 листопада 2020 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – 2020. – С. 48.
2. Дослідження впровадження нових послуг у мережах операторів зв'язку технології 5G / [Мурза Д.В. та ін.]. // Матеріали ІХ міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 25 – 26 листопада 2020 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – 2020. – С. 49.
3. E. Knipp et al., *Managing Cisco Network Security*. Elsevier Inc., 2002, ISBN: 978-1-931836-56-2
4. S. Wilkins and T. Smith, *CCNP Security. SECURE 642-637 Official Cert Guide*. Cisco Press, 2011, ISBN: 978-1-58714-2802.
5. V. Olifer and N. Olifer, *Novye tekhnologii i oborudovanie IP-setei* [New technologies and equipment of IP-networks]. St.-Peterburg, Russia: Bhv, 2000, ISBN: 5-8206-0053-3
6. A. D wankhade and P. N. Dr Chatur, “Comparison of Firewall and Intrusion Detection System,” *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 674–678, 2014, URL: <http://ijcsit.com/docs/Volume 5/vol5issue01/ijcsit20140501145.pdf/>.
7. T. King et al., “BLACKHOLE Community,” *Internet Engineering Task Force (IETF)*, 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://tools.ietf.org/html/rfc7999>. – Назва з екрану. – Дата звернення: 4.11.2020.

8. D. S. Ms. Charjan, P. S. Ms. Bochare, and Y. R. Bhuyar, “An Overview of Secure Sockets Layer,” *Int. J. Comput. Sci. Appl.*, vol. 6, no. 2, pp. 388–393, 2013

9. “Cisco Network Admission Control (NAC) Solution Data Sheet - Cisco.” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/security/nacappliance-cleanaccess/product_data_sheet0900aecd802da1b5.html. – Назва з екрану. – Дата звернення: 14.11.2020

10. M. Kozlova (AKA M. Kozlova, “7 luchshikh servisov zashchity ot DDoS-atak dlya povysheniya bezopasnosti [The 7 best services of protecting from DDoS- attacks for the increase of safety],” *HOSTING.cafe*, 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/company/hosting-cafe/blog/324848/>. – Назва з екрану. – Дата звернення: 15.11.2020

11. Приїхав до Польщі – користуйся Інтернетом! [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://naszwybir.pl/internet/>. – Назва з екрану. – Дата звернення: 15.11.2020

12. V. F. Shangin, *Informatsionnaya bezopasnost [Information Security]*. Moscow, Russia: DMK Press, 2014.

13. Кулаков Ю.О. Комп'ютерні мережі / Ю.О. Кулаков – Юніор, 2005. – 397 с.

14. Вишневський В. М. Теоретичні основи проектування комп'ютерних мереж / В. М. Вишневський – Техносфера, 2004. – 512 с.

15. Cisco Systems Руководство по технологиям объединенных сетей / Cisco Systems - 3-е издание. СПб: “Вильямс”, 2002. – 1040 с.

16. Дебра Литтлджон Шиндер Основы компьютерных сетей / Дебра Литтлджон Шиндер - СПб: "Вильямс", 2002. – 656 с.

17. Коротыгин С. Стандарт IEEE 802.11 и его расширения / С. Коротыгин, А. Нежуренко - Сети и телекоммуникации, вып. 6(25), 2002 г.
18. Марк А. Спортак Компьютерные сети. Книга 1. High-Performance Networking. Энциклопедия пользователя / Марк А. – К.: ДиаСофт, 1999. – 432 с.
19. Марк А. Спортак Компьютерные сети. Книга 2: Networking Essentials. Энциклопедия пользователя / Марк А. – К.: ДиаСофт, 1999. – 432 с.
20. Беркман Л. Н. Архітектурна концепція побудови, принцип реалізації, ефективність застосування інтелектуальної телекомунікаційної мережі / Л. Н. Беркман, С. В. Толюпа // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ —КПІ. – 2007. – №3. – С. 9-17.
21. Колченко В. О. Впровадження інтелекту в мережі наступного покоління (NGN) – перехід до мереж майбутнього покоління (FGN) / В. О. Колченко / Наукові записки УНДІЗ. – 2010. – №2(14). – С.80-85.
22. Беркман Л. Н. Проблеми створення сучасної конвергентної мережі на базі концепції FMC (Fixed-Mobile Convergence) / Л. Н. Беркман, О. І. Чумак, В. В. Григорович, П. Ю. Дещинський // Вісник УНДІЗ. – 2008. – №2. – С. 61-63.
23. Толюпа С. В. Структура інформаційної мережі та показники її ефективності / С. В. Толюпа, А. В. Сухін. // Зб. наук. праць КВІУЗ. – 2001. – №3. – С. 68-73.
24. Мурай А. В. Оценка качества телекоммуникационных услуг с учетом степени удовлетворения ожиданий и требований пользователей / А. В. Мурай // Наукові записки УНДІЗ. – 2013. – № 2(26). – С. 68-75.
25. Гребенніков В. О. Проблема загальнодоступності основних телекомунікаційних і інформаційних послуг в Україні та загальні підходи до її розв'язання / В. О. Гребенніков, Г. Ф. Колченко // Наукові записки УНДІЗ. – 2013. № 1(25). – С. 5-13.

26. Френк Г. Сети, связь и потоки / Г. Френк, И. Фриш ; пер. с англ. под ред. Д. А. Поспелова. – Москва : Связь, 1978. – 448 с.
27. Колченко Г. Ф. Розроблення нормативних документів для забезпечення функціонування системи оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами / Г. Ф. Колченко, І. В. Шестак // Наукові записки УНДІЗ. – 2012. – № 2(24). – С. 5-8.
28. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами : монографія : у 2 ч. / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.]. – Київ : ДУІКТ, 2009. – 268 с.
29. Шерстнева О. Г. Подходы к оценке качества управления связью / О. Г. Шестернева // Сети и системы связи. – 2008. – №11. – С. 35-41.
30. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. ; під ред. В. К. Стеклова – Київ : Техніка, 2002. – 792 с.
31. Кульгин М. Технология корпоративных сетей / М. Кульгин. – Санкт- Петербург : Питер, 1999. – 704 с.
32. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ / М. Шварц. – ч.2. – Москва : Наука, 1992. – 272 с.
33. What is SD-WAN (Software-Defined Wide Area Network)? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sdxcentral.com/networking/sd-wan/definitions/software-defined-sdn-wan/> – Назва з екрану. – Дата звернення: 12.11.2020.
34. SD-WAN vs MPLS: The Pros and Cons of Both Technologies)? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sdxcentral.com/networking/sd-wan/definitions/sd-wan-vs-mpls-pros-cons-technologies/> – Назва з екрану. – Дата звернення: 18.11.2020.
35. Cisco Software-Defined WAN (SD-WAN) FAQ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/sd-wan/nb->

06-sw-defined-wan-faq-cte-en.html?dtid=osscdc000283 – Назва з екрану. – Дата звернення: 18.11.2020.

36. Cisco Software-Defined WAN (SD-WAN) Cloud onRamp for Colocation At-a-Glance [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/sd-wan/nb-06-sd-wan-on-ramp-aag-cte-en.html> – Назва з екрану. – Дата звернення: 20.11.2020.

37. Draft-ietf-nvo3-geneve-08 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-nvo3-geneve-08> – Назва з екрану. – Дата звернення: 22.11.2020.

38. What Is Network Virtualization? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blog.gigamon.com/2018/01/04/network-virtualization-optimize/> – Назва з екрану. – Дата звернення: 22.11.2020.

39. Solving the Network Virtualization Conundrum [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arista.com/en/solutions/network-virtualization> – Назва з екрану. – Дата звернення: 23.11.2020.

40. Arregoces, Mauricio, and Maurizio Portolani. Data center fundamentals. Cisco Press, 2003

41. Long, James. Storage Networking Protocol Fundamentals. Pearson Education India, 2006.

42. F. Dad et al., “Optimal Path Selection Using Dijkstra’s Algorithm in Cluster-based LEACH Protocol,” Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, vol. 7, no. 2, pp. 194–198, Feb. 2017.

43. Z. U. Rahman et al., “Investigating the Pakistan's Offshore Software Industry Infrastructure,” Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, vol. 7, no. 3, pp. 237–243, Mar. 2017

44. Z. U. Rahman et al., “Magnetic Resonance Images Classification through Relevance Vector Machine,” Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, vol. 7, no. 1, pp. 213–217, Jan. 2017

45. Membrey, Peter, Eelco Plugge, and David Hows. Practical Load Balancing: Ride the Performance Tiger. Apress, 2012.
46. Odom, Ccie Routing And Switching Exam Certification Guide, 4/E. Cisco press, 2004.
47. Kenyon, Tony. Data networks: routing, security, and performance optimization. Digital Press, 2002.
48. R. Froom, B. Sivasubramanian, and E. Frahim, Implementing Cisco IP Switched Networks (SWITCH) Foundation Learning Guide. Cisco press.
49. Popovic, Miroslav. Communication protocol engineering. CRC press, 2016. 277
50. J. Appl. Environ. Biol. Sci., 7(3)268-278, 2017
51. S. Tim, Cisco Telepresence Fundamentals. Pearson Education India, 2010.
52. Tate, Jon, et al. IBM Flex System and PureFlex System Network Implementation. IBM, International Technical Support Organization, 2013.

Додатки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Національна академія наук України
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Шяуляйська державна колегія (Литва)
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

**IX Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**

25-26 листопада 2020 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2020**

25. **С.А. Лупенко, В. С. Вівчарик** 38
ВИКОРИСТАННЯ ВІДДАЛЕНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ В ЗАДАЧАХ
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ
26. **А.М. Луцків, В.Ю. Бутинець** 40
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАФІКУ У КОМП'ЮТЕРНИХ
МЕРЕЖАХ
27. **А.М. Луцків, М.В. Ващук** 41
МЕРЕЖІ ПЕТРІ ЯК МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ
28. **Л. М. Магула, С. Попович, О. Р. Іванців, М. І. Яворська** 42
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИЛАДОВОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОВІРКИ
ДЕТАЛЕЙ НА НАЯВНІСТЬ КОМПОЗИТНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ЗАСОБАМИ
МЕРЕЖІ ПЕТРІ
29. **В. П. Марценюк, Н. В. Мілян** 44
ОГЛЯД МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ В МАШИННОМУ НАВЧАННІ:
ГРАДІЄНТНИЙ СПУСК ТА СТОХАСТИЧНИЙ ГРАДІЄНТНИЙ СПУСК
30. **А. Г. Микитишин, О. С. Голотенко, І.Т.Ярема** 46
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОСТІЙКОСТІ ТА УДАРНОЇ В'ЯЗКОСТІ
ЕПОКСИДНОЇ СМОЛИ ПРИ ТРИВАЛІЙ ВИТРИМЦІ
31. **П. І. Мойсей, І. Ю. Дедів** 47
МЕТОД ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ВЕРИФІКАЦІЇ ОСОБИ
32. **Д.В. Мурза, Ю.О. Круглик, С.В. Марценко** 48
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ МЕРЕЖ РІЗНОГО
ПРИЗНАЧЕННЯ
33. **Д.В. Мурза, Ю.О. Круглик, С.В. Марценко** 49
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ПОСЛУГ У МЕРЕЖАХ
ОПЕРАТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЇ 5G
34. **О.Б.Назаревич, Т.О. Назаревич** 50
ВИКОРИСТАННЯ РАДІО-МОДУЛІВ LORA НА ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО
КЕРУВАННЯ БЕЗПЛОТНИКОМ
35. **Ю.В. Нестор, І.В. Бойко** 52
САМОУЗГОДЖЕНИЙ РОЗРАХУНОК ПОТЕНЦІАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ
AIN/GAN НАНОСТРУКТУР
36. **Р.В. Оленюх, Р.Б. Трембач** 54
ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО
КЕРУВАННЯ ПОЛИВОМ

УДК 004.72

Д.В. Мурза, Ю.О. Круглик, С.В. Марценко, канд. техн. наук, доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ МЕРЕЖ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

D.V. Murza, Y.O. Kruhlyk, S.V. Martsenko, Ph.D., Assoc.
**METHODS AND MEANS OF DIFFERENT PURPOSES NETWORKS
OPTIMIZATION**

Методи та засоби оптимізації сучасних мереж різного призначення покликані вирішити ряд питань пов'язаних з масштабованістю, швидкістю, забезпеченням необхідних пропускних здатностей, захищеністю мережевих ресурсів, що в свою чергу підвищує рівень задоволеності користувачів цих послуг. Сучасні мережеві архітектури в великій мірі враховують статичні моменти цих показників, проте мають певні недоліки в динамічних середовищах де адаптація до нових умов повинна проходити у відповідності до змін.

Запропоновані методи та засоби оптимізації роботи мереж повинні включати:

- можливість віртуалізації мережевих ресурсів для гнучкого управління;
- розгортання ієрархічних надбудов для управління віртуалізованими мережами;
- засоби організації переходу до новітніх підходів управління мережами.

Віртуалізація мережевих ресурсів дає змогу утворювати набори фізичних пристроїв, що працюють як один елемент, що в свою чергу підвищує продуктивність роботи та збільшує протидію різного роду атакам на мережеві пристрої. Використання протоколів віртуалізації надає змогу використовувати стандартизовані механізми оптимізації роботи мережевих компонентів та швидке розгортання відповідних технічних рішень.

Іншим підходом до оптимізації є використання концепції програмно-конфігурованих мереж (Software Defined Networks). При цьому, вся мережа віртуалізується і керується з однієї точки, що виконує роль контролера. Такий підхід суттєво спрощує реплікацію однотипних налаштувань пристроїв, створення карти шляхів та управління потоками даних. За допомогою програмних застосунків існує можливість динамічно керувати інформаційними потоками з врахуванням змін у стані мережевих компонентів та оперативно реагувати на завантаженість чи збої в роботі. Використання контролера управління мережею дає змогу здешевити мережеве обладнання, оскільки набір функцій суттєво зменшується і переноситься на інший пристрій. Комутатори та маршрутизатори виконують команди контролера і їх функція зводиться до передавання з порту на порт.

Надбудова, що має назву віртуалізації мережевих функцій (Network Function Virtualization) це мережева архітектура, що передбачає віртуалізацію цілих класів процесів мережевих вузлів, що може бути об'єднана в ланцюг для забезпечення певного сервісу. Оптимізація роботи мережі також можлива через відхід від принципу передавання від вузла до вузла і перехід до інформаційно центрованих мереж (Information Centric Networks). Цей новий підхід дає змогу зосередитись на передаванні інформації як цінності і оптимізувати мережеві ресурси у відношенні до запитів користувачів. Розглянуті методи та засоби оптимізації роботи мереж дають змогу будувати гнучкі та надійні мережеві рішення, що покликані максимально задовольняти потреби користувачів.

УДК 004.72

Д.В. Мурза, Ю.О. Круглик, С.В. Марценко, канд. техн. наук, доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ПОСЛУГ У МЕРЕЖАХ ОПЕРАТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЇ 5G

**D.V. Murza, Y.O. Kruhlyk, S.V. Martsenko, Ph.D., Assoc.
RESEARCH OF NEW SERVICES IMPLEMENTATION IN THE 5G TECHNOLOGY
NETWORK OPERATORS**

Розвиток сучасних технологій мобільного зв'язку надав суттєвий поштовх до впровадження та розширення наборів послуг для користувачів. В свою чергу це створило нові очікування якості, надійності, стабільності та об'єму сервісів, що надаються абонентам. Впровадження нових технологій в світі відбувається дуже швидкими темпами через кращу підготовленість як в технологічному плані, так і в фінансовому. Перспективи розгортання технології наступного покоління 5G в Україні потребують додаткового дослідження як в питаннях технічної можливості так і в обґрунтуванні доцільності впровадження нових послуг, що дадуть змогу в повній мірі використати усі її переваги.

Для вирішення поставлених завдань необхідно провести дослідження наступних аспектів:

- наявності ситуації частотного спектру для впровадження технології 5G;
- технічної підготовленості операторів мобільного зв'язку та економічної доцільності;
- провести аналіз наборів послуг, що надаються абонентам та перспектив їх покращення при використанні нової технології;
- можливості використання нових мереж в застосунках типу «Розумне місто», «Розумна країна» і т.д.

Якщо говорити про частотний спектр в Україні, то можна побачити, що на низьких частотах 900 МГц питання перерозподілу не вирішене до кінця, що ускладнює їх використання для цілей технології 5G. Використання високих частот призведе до виникнення труднощів покриття з перешкодами (будівлі, дерева, тощо). Таким чином, першим завданням при запровадженні нових послуг технології 5G повинно стати забезпечення необхідних частотних діапазонів відповідного рівня покриття. Аналізуючи ситуацію з покриттям технологіями 3G/4G, виникає картина недостатнього покриття операторами зв'язку віддалених регіонів, що також може ускладнити доцільність впровадження нових рішень, оскільки абоненти не будуть готові до їх використання. В такому світлі спостерігається певна непослідовність в діях наших телеком операторів, що до кінця не вирішивши попередні питання і взявшись за впровадження майбутніх технологій, можуть не отримати очікуваних результатів.

Одним з суттєвих поштовхів до впровадження технології наступного покоління 5G може стати правильне позиціонування переваг її використання. Оператори повинні надати відповідні набори послуг і підвищити економічну доцільність впровадження цієї технології задіявши механізми цифровізації країни, запропонувавши бізнес клієнтам спеціальні пакети послуг і створивши передумови до масового використання іншими абонентами.

Запровадження нових послуг операторами мобільного зв'язку технології 5G в Україні можливе при забезпеченні рівності доступу до технологій 3G/4G та розробці пакетів послуг, що уможливить отримання суттєвих доходів.

