

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Методика підвищення ефективності та пропускної здатності
національних транспортних мереж»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

(підпис) Дмитро БАРСЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав:
здобувач вищої освіти
група ІСДМ-62

Дмитро БАРСЬКИЙ

Керівник:
науковий ступінь,
вчене звання

Андрій АРОНОВ
к.т.н.

Рецензент:
науковий ступінь,
вчене звання

Київ 2024

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інформаційні системи та технології

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІІЗ

_____ Каміла СТОРЧАК
« _____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ Барському Дмитру Олександровичу
(*прізвище, ім'я, по батькові здобувача*)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Методика підвищення ефективності та пропускну здатності національних транспортних мереж

керівник кваліфікаційної роботи Андрій АРОНОВ д.т.н.

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «15» 10.2024р. №320

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «29» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Науково-технічна література, звіти про стан ринку широкосмугового зв'язку (проникнення, ARPU, ціни), дані про розподіл населення, рівень доходів, доступ до інфраструктури, статистика використання різних технологій (волокно, мідь, бездротовий зв'язок).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Основні тенденції та виклики в розширенні доступу до широкосмугового інтернету

Бізнес-моделі які є найефективнішими для розгортання волоконно-оптичних мереж в різних умовах

Переваги та недоліки різних технологій фіксованого доступу (FTTH, VDSL, DOCSIS)

Інноваційні підходи до генерації доходу можуть застосовуватися забезпечення сталого розвитку широкосмугових мереж

5. Перелік графічного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання «19» жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	19.10-05.11.24	виконано
2	Дослідження різних технологій широкосмугового доступу (VDSL, FTTH, DOCSIS, Wi-Fi, TV White Spaces, супутник).	05.11-12.11.24	виконано
3	Порівняння їх переваг та недоліків з урахуванням вартості, пропускної здатності, покриття та складності впровадження.	13.11-19.11.24	виконано
4	Формулювання рекомендацій щодо вибору оптимальних технологій та бізнес-моделей для різних сценаріїв.	20.11-25.11.24	виконано
5	Розробка пропозицій щодо державної політики та регулювання, що сприятимуть розширенню широкосмугового доступу	27.11-03.12.24	виконано
6	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	11.12-20.12.24	виконано
7	Розробка демонстраційних матеріалів	21.12-29.12.24	виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Дмитро БАРСЬКИЙ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Андрій АРОНОВ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 84 стор., 12 табл., 12 рис., 34 джерела.

Мета роботи – дослідження існуючих бізнес-моделей для розгортання широкосмугового зв'язку та визначення оптимальних рішень для різних умов, з урахуванням технологічних, економічних та соціальних факторів

Об'єкт дослідження – бізнес-моделі для розгортання широкосмугового зв'язку, що включають різні технології доступу, способи фінансування, управління та генерації доходів.

Предмет дослідження – ефективність різних бізнес-моделей в залежності від специфіки ринку (рівень доходів, щільність населення, наявність інфраструктури), а також від використовуваних технологій (FTTH, VDSL, DOCSIS, Wi-Fi, TVWS, супутник).

Короткий зміст роботи: проаналізовано різні бізнес-моделі для розгортання широкосмугового зв'язку, включаючи відкритий доступ, комерційний доступ, спільне використання інфраструктури. Розглянуто різні джерела фінансування, такі як приватний капітал, державні інвестиції, громадське фінансування та фінансування від міжнародних організацій. Досліджено різні технології доступу, включаючи волоконно-оптичні (FTTH), мідні (VDSL), коаксіальні (DOCSIS), бездротові (Wi-Fi, TVWS) та супутникові системи. Визначено фактори, що впливають на ефективність кожної моделі, та сформульовано рекомендації щодо їх застосування в різних умовах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ШИРОКОСМУГОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, БІЗНЕС-МОДЕЛІ, ВОЛОКНО-ОПТИЧНІ МЕРЕЖІ, БЕЗДРОТОВИЙ ДОСТУП, ФІНАНСУВАННЯ, УПРАВЛІННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ

ABSTRACT

Objective: To research existing business models for broadband deployment and identify optimal solutions for various conditions, considering technological, economic, and social factors.

Object of research: Business models for broadband deployment, encompassing various access technologies, financing methods, management, and revenue generation.

Subject of research: Efficiency of different business models depending on market specifics (income level, population density, infrastructure availability) and technologies used (FTTH, VDSL, DOCSIS, Wi-Fi, TVWS, satellite).

Summary: The paper analyzes various business models for broadband deployment, including open access, commercial access, and infrastructure sharing. Different funding sources are considered, such as private capital, government investments, community funding, and funding from international organizations. Various access technologies are researched, including fiber optic (FTTH), copper (VDSL), coaxial (DOCSIS), wireless (Wi-Fi, TVWS), and satellite systems. Factors influencing the efficiency of each model are identified, and recommendations for their application in different conditions are formulated.

KEY WORDS: broadband, business models, fiber optic networks, wireless access, financing, management, rural areas, efficiency, recommendations.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗШИРЕННЯ ДОСТУПУ ДО ШИРОКОСМУГОВОГО ІНТЕРНЕТУ..	13
1.1 Бездротова інфраструктура та глобальні тенденції в політиці планування спектру	13
1.2 Еволюція та роль нових технологічних трендів.....	32
РОЗДІЛ 2 БІЗНЕС-МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗГОРТАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	45
2.1 Сегментація цільового ринку	46
2.2 Моделі фінансування.....	53
2.3 Аналіз стратегій управління та експлуатації.....	57
2.4 Основні джерела генерації прибутку.....	60
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛІ БІЗНЕСУ ДЛЯ ТРАНСКОРДОННИХ І НАЦІОНАЛЬНИХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ.....	63
3.1 Підводні транскордонні проекти.....	63
3.2 Наземні транскордонні проекти.....	68
3.3 Національні проекти магістральних мереж	72
РОЗДІЛ 4 БІЗНЕС-МОДЕЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СЕРЕДНЬОЇ ТА ОСТАННЬОЇ МИЛІ.....	74
4.1 Фіксовані мережі доступу.....	76
4.2 Бездротові мережі доступу.....	80
4.3 Виклики для ініціатив середньої милі доступу в сільських районах.....	86
4.4 TowerCo і моделі спільного використання мобільної інфраструктури.....	88
4.5 Технології з бізнес-моделями, що перебувають у процесі розробки.....	90
ВИСНОВКИ.....	94
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	95
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	101

ВСТУП

Актуальність дослідження обумовлена цілою низкою факторів, що тісно пов'язані з бурхливим розвитком інформаційних технологій. По-перше, ми є свідками вибухового зростання обсягів даних, які передаються мережами. Це пов'язано не лише з розвитком хмарних технологій, стрімінгових сервісів та соціальних мереж, а й з активним впровадженням Інтернету речей, де мільярди пристроїв обмінюються інформацією в режимі реального часу. Таке зростання навантаження ставить перед телекомунікаційними мережами нові виклики, вимагаючи підвищення їх пропускної здатності та ефективності. По-друге, сучасні застосунки, такі як відеоконференції у високій роздільній здатності, онлайн-ігри з мінімальними затримками, телемедицина та віртуальна реальність, вимагають не лише високої пропускної здатності, а й гарантованої якості зв'язку з мінімальними затримками та втратами пакетів. Це спонукає до пошуку нових методів оптимізації мереж та управління трафіком. По-третє, з'являються нові технології передачі даних, такі як 5G, оптичні мережі з використанням технології DWDM, а також технології віртуалізації мережевих функцій (NFV) та програмно-конфігурованих мереж (SDN). Впровадження цих технологій відкриває широкі можливості для підвищення ефективності та гнучкості мереж, але водночас вимагає розробки нових методик управління та оптимізації. По-четверте, з ростом залежності від телекомунікаційних мереж зростає і кількість кіберзагроз. Забезпечення кібербезпеки стає критично важливим для захисту даних, запобігання кібератакам та забезпечення стабільної роботи мереж. Нарешті, підвищення ефективності телекомунікаційних мереж має прямий вплив на економічну ефективність операторів зв'язку. Оптимізація використання ресурсів, зниження енергоспоживання та підвищення продуктивності мереж дозволяє операторам знизити витрати на їх експлуатацію та обслуговування, а також запропонувати клієнтам більш вигідні тарифи на послуги зв'язку. Враховуючи всі ці фактори, можна

стверджувати, що розробка методики підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж є актуальною науковою та практичною задачею, яка має важливе значення для розвитку суспільства.

Мета. розробка методики підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж шляхом:

1. Аналізу існуючих методів підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж та їх класифікації.

2. Виявлення ключових факторів, що впливають на ефективність та пропускну здатність мереж, з урахуванням особливостей сучасних телекомунікаційних технологій (5G, хмарні технології, IoT).

3. Розробки моделі для оцінки ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж з урахуванням вибраних факторів.

4. Формування комплексу заходів для підвищення ефективності та пропускної здатності мереж, що включає технічні, програмні та організаційні рішення.

5. Розробки алгоритмів оптимізації параметрів мережі для різних сценаріїв її використання.

6. Експериментальної перевірки ефективності запропонованої методики на модельних прикладах або реальних мережах.

Кінцевим результатом дослідження має стати практична методика, яка може бути використана операторами зв'язку для підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж, що сприятиме розвитку інформаційного суспільства та задоволенню зростаючих потреб користувачів у якісних послугах зв'язку.

Об'єкт дослідження. Процеси функціонування та управління телекомунікаційними мережами, що спрямовані на забезпечення і збільшення ефективної передачі даних.

Предметом дослідження є методика підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж..

Мета дослідження. Метою роботи є розробка та обґрунтування методики підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж в умовах зростаючих обсягів даних та динамічного розвитку інформаційних технологій.

Наукові результати. Формулювання нових принципів та підходів до проектування та управління телекомунікаційними мережами. На основі проведеного дослідження можна сформулювати рекомендації щодо вибору оптимальних архітектур мереж, технологій та стратегій управління з метою підвищення їх ефективності.

Практична значущість. Розробка рекомендацій для операторів зв'язку щодо практичного застосування запропонованої методики. Ці рекомендації стосуються різних аспектів роботи мереж, таких як планування мережі, вибір обладнання, налаштування параметрів, моніторинг та управління.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗШИРЕННЯ ДОСТУПУ ДО ШИРОКОСМУГОВОГО ІНТЕРНЕТУ

Сучасне впровадження широкосмугового інтернету може набувати різних форм - залежно від зони охоплення (наприклад, глобальні або локальні мережі) та технології (зокрема, оптоволоконний зв'язок, мідні кабелі, мобільний зв'язок, Wi-Fi, супутники, а також дрони чи повітряні кулі). Цей розділ розглядає надання широкосмугових послуг через наземні бездротові технології, а також еволюцію від таких технологій, як DSL на основі мідних кабелів, до оптоволоконного зв'язку, супутникових систем та інших рішень із вищою пропускнуою здатністю.

Особливу увагу приділено радіочастотному спектру — ключовому ресурсу для забезпечення бездротових широкосмугових послуг. Бездротові технології забезпечують мобільність як у великих зонах, наприклад, у межах села чи міста, так і в менших просторах, таких як домівки чи офіси. Крім того, бездротова інфраструктура часто є більш економічною в установці, що дозволяє створювати нові або модернізувати існуючі широкосмугові підключення, які можуть слугувати альтернативою дротовій інфраструктурі.

Бездротові технології базуються на використанні одного або кількох спектральних діапазонів або частин радіочастотного спектра — для передачі та прийому даних без використання кабелів. Таким чином, наступні розділи зосереджується на ключових аспектах, пов'язаних зі спектром і наданням бездротових широкосмугових послуг. Однак ця тематична увага до основних питань спектру не передбачає детального огляду глобальних аспектів управління спектром.

1.1 Бездротова інфраструктура та глобальні тенденції в політиці планування спектру

Спектр є ключовим ресурсом для забезпечення доступу до інтернету для всіх. Сьогодні найпоширенішими способами доступу до інтернету у світі є

мобільні широкосмугові мережі (3G, 4G/LTE), фіксовані бездротові мережі (TD-LTE, WiMAX) та публічні або приватні Wi-Fi мережі. Споживачі в усьому світі використовують різноманітні пристрої — смартфони, ноутбуки, планшети, смарт-годинники — для підключення до інтернету. Наприкінці 2017 року близько 5,2 мільярда людей отримували доступ до інтернету через мобільні широкосмугові пристрої, що демонструє зростання приблизно на 15% у порівнянні з попереднім роком (Ericsson, 2017).

Основна тенденція у сфері бездротових широкосмугових з'єднань та трафіку — це постійно зростаючий попит на спектр, необхідний для підтримки значного й безперервного зростання кількості пристроїв, підключених до інтернету, а також збільшення обсягів бездротового трафіку. Це стосується як мобільного широкосмугового зв'язку (International Mobile Telecommunications (IMT), більш відомого як 3G, 4G та 5G), так і інших бездротових технологій.

Як наслідок, уряди повинні визначити найкращі способи планування, розподілу та виділення спектра, щоб задовольнити майбутні потреби операторів і споживачів, забезпечуючи при цьому ефективне використання цінного спектрального ресурсу та сприяючи конкуренції.

Цей розділ розглядає нові тенденції у політиці та плануванні наземного спектра, які можуть допомогти ключовим учасникам процесу у створенні та розробці національних планів управління спектром для сприяння розвитку широкосмугового зв'язку, з урахуванням пропозицій від представників індустрії та громадянського суспільства.

Перш за все, розглянуто вплив послуг 5G на попит на спектр, міжнародні тенденції та зусилля щодо визначення додаткового спектра для розширених і покращених бездротових послуг. По-друге, вивчено використання неліцензованого спектра, який є важливим чинником розширення доступу до широкосмугового зв'язку. Нарешті, обговорено міжнародні ініціативи, пов'язані з розподілом цифрового дивіденду, та нові підходи до використання спектра для задоволення потреб у пропускній здатності й охопленні.

У зв'язку з активним розвитком і майбутнім впровадженням мереж 5G уряди, регулятори та оператори прагнуть визначити додаткові спектральні ресурси для забезпечення нових і розширених послуг, зокрема вдосконаленого мобільного широкосмугового зв'язку. Ці зусилля ґрунтуються на досягненнях мобільних операторів минулих років, розширюючи доступ до мережі та створюючи нові можливості для надання широкосмугових послуг і сервісів на їхній основі.

5G використовуватиме нові бездротові технології та додаткові спектральні діапазони, щоб забезпечити не лише швидший мобільний інтернет, але й масовий Інтернет речей (IoT) та критично важливі послуги. Наступні підрозділи висвітлюють тенденції, що формують підхід до визначення спектра для послуг 5G.

При прогнозуванні майбутнього попиту на спектр для мобільних технологій важливо враховувати 5G та його різні галузеві вертикалі. Технології 5G повинні масштабуватися від низькочастотних спектральних діапазонів для забезпечення найкращого покриття до міліметрових хвиль (mmW) — діапазонів, що перевищують 24 ГГц, для підвищеної продуктивності. Вони також мають бути розроблені для використання ліцензованого, неліцензованого та спільного ліцензованого спектра.

Використання різних спектральних діапазонів дозволяє послугам 5G забезпечувати різний рівень надійності, швидкості передачі даних, мобільності та затримок залежно від конкретних сценаріїв використання. Таким чином, можливо динамічно створювати сервіси, розгортання чи галузеві рішення через конфігуроване підключення, яке масштабується від локальних точкових розгортань до широкомасштабних мобільних мереж (див. рисунок 1.1).

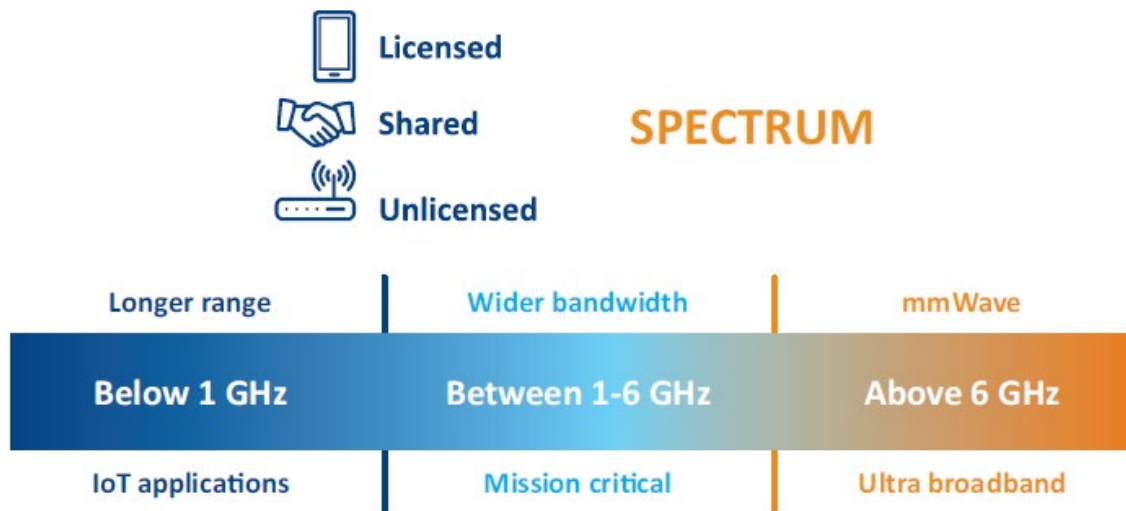


Рисунок 1.1 - Спектр для 5G

Країнам, можливо, доведеться переглянути свої методи розрахунку потреб у спектрі перед впровадженням 5G, враховуючи міжнародні тенденції у визначенні спектра для послуг ІМТ. Технології 5G вимагатимуть використання високочастотних діапазонів із ширшими каналами. На відміну від 4G та 3G, які використовують нижчі частоти, визначення повторного використання частот для 5G може стати викликом для розробників політик через різноманітні потреби. Зокрема, повторне використання частот буде значно більшим у високих діапазонах, які використовуватимуться для 5G, дозволяючи провайдерам повторно використовувати канали на відстані лише кількох метрів у деяких випадках.

Розвиток 5G потребуватиме ліцензування нових спектральних діапазонів, особливо міліметрових хвиль (mmW), таких як діапазони 26 ГГц і 28 ГГц. Враховуючи особливості ринку, забезпечення доступу до такого спектра якомога швидше дозволить країнам зайняти лідируючі позиції у впровадженні 5G та розвитку Інтернету речей (IoT). Навпаки, затримка із доступом до спектра mmW може уповільнити отримання повних переваг 5G.

Як і в попередніх етапах планування спектра для мобільних послуг, детальне та прозоре планування спектра для 5G підвищує впевненість інвесторів. Ті, хто планує інвестувати мільйони чи навіть мільярди доларів у отримання

ліцензій на спектр і розгортання мереж, покладаються на чітко визначені та стабільні правила й плани розподілу та використання спектра для прийняття рішень щодо розподілу ресурсів. Тому політика й плани, розроблені урядами та регуляторами, безпосередньо впливають на зацікавленість інвесторів у виділенні ресурсів для розвитку чи розширення бездротових мереж країни.

Відповідно до рішень, ухвалених на Всесвітній конференції радіозв'язку 2015 року (WRC-15), декілька спектральних діапазонів будуть проаналізовані та розглянуті для ідентифікації IMT на WRC-19 (див. рисунок 2.2). Для того, щоб спектральний діапазон був ідентифікований для IMT, він повинен мати первинний статус виділення для мобільних послуг, що може відбуватися на національному, регіональному чи глобальному рівні.

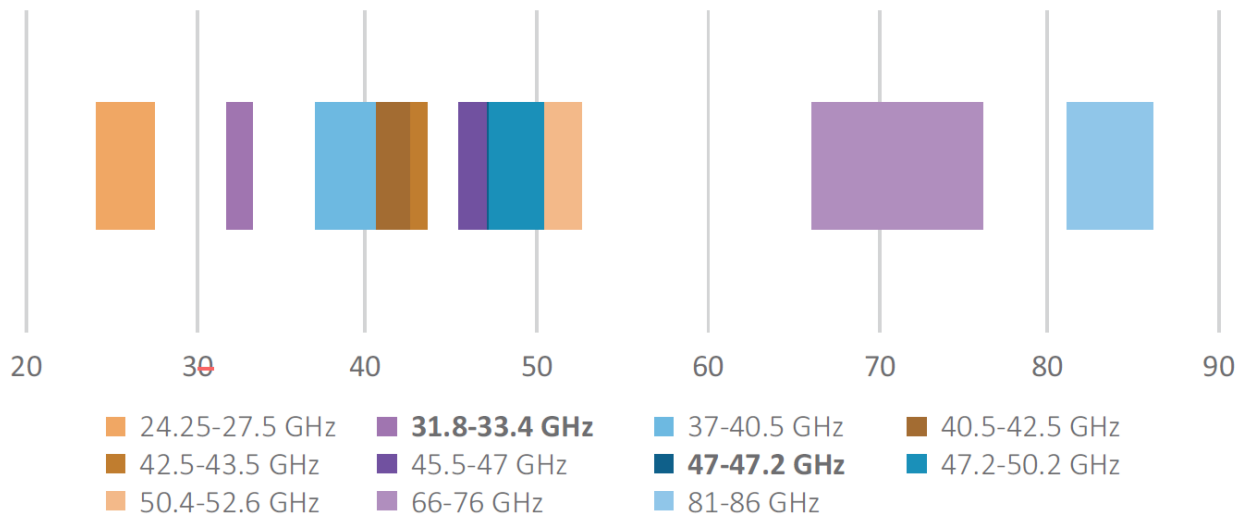


Рисунок 1.2 - Кандидатські діапазони IMT на WRC-19

Міжнародний союз електрозв'язку (ITU) розробив концепцію IMT-2020, яка описує бачення 5G і технологій наступного покоління. IMT-2020 визначає характеристики для еволюції існуючих мереж IMT, а також цілі та вимоги для мобільних широкосмугових мереж нового покоління, включаючи ті, що з'являться після 5G.

Високочастотні діапазони вище 24 ГГц очікувано забезпечать збільшення ємності та повторне використання спектра, необхідні для досягнення поставлених цілей. ITU зазначає, що IMT-2020 має продовжувати сприяти таким

завданням, як розширення підключення, розвиток ринку ІКТ, подолання цифрового розриву, створення нових форм освіти та сприяння енергоефективності. Основними можливостями ІМТ-2020 є:

1. Покращений мобільний широкосмуговий зв'язок;
2. Надійний зв'язок із низькою затримкою;
3. Масові комунікації між машинами.
4. Рішення WRC-19 та гармонізація спектра

WRC-19 має ухвалити рішення про додаткову ідентифікацію спектра для ІМТ-послуг на глобальному рівні, що сприятиме гармонізації — ключовому чиннику досягнення глобальних економій масштабу. Хоча політики можуть обрати чекати на офіційну ідентифікацію діапазонів ІТУ для ІМТ, окремі країни вже роблять кроки вперед, щоб бути лідерами у розвитку технологій.

Наприклад, США та Південна Корея розглядають використання діапазону 27,25–29,5 ГГц (відомого як діапазон 28 ГГц) для перших розгортань 5G, хоча цей діапазон не входить до поточного обсягу роботи ІТУ. Як показано на рисунку 1.3, діапазони, що розглядаються для 5G у різних юрисдикціях, демонструють важливість місцевих умов, а також включення низькочастотного спектра для використання в 5G.

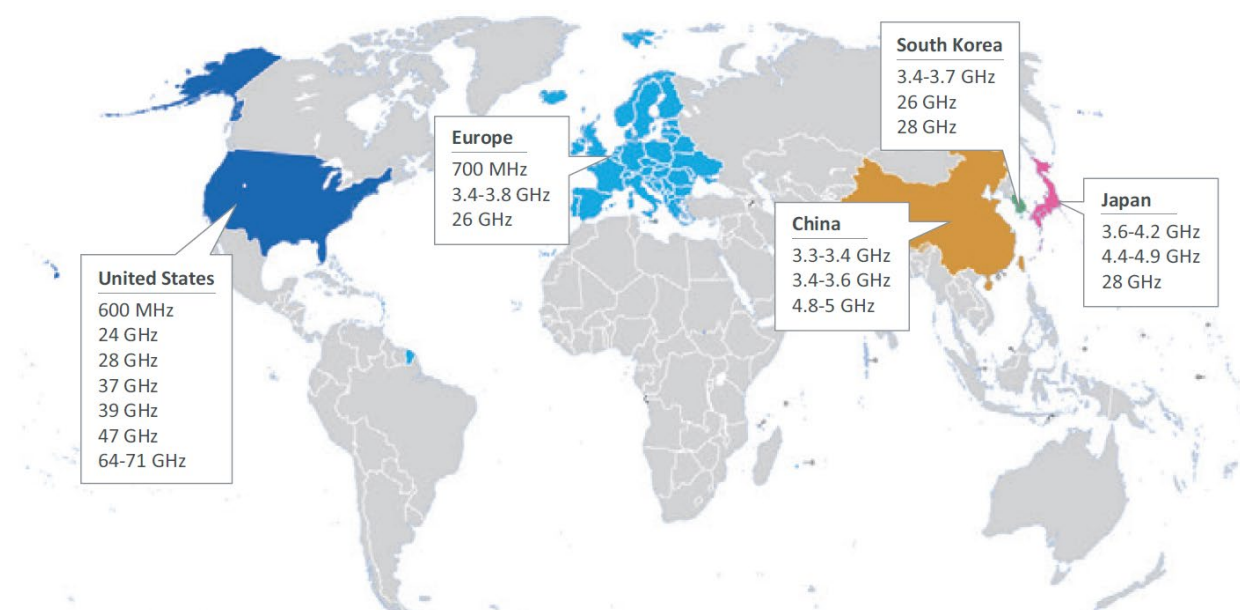


Рисунок 1.3 – Діапазони у вибраних країнах що розглядаються для 5G

Замість того, щоб покладатися виключно на пряме ліцензування спектра, розробники політики все частіше впроваджують правила, що дозволяють торгівлю спектром через вторинні ринки. Вторинні ринки спектра — це можливість ліцензіатів перепродавати чи здавати в оренду свої ліцензовані частоти, і вони стають дедалі поширенішими. Оскільки спектр є цінним і обмеженим ресурсом, уряди мають обов'язок забезпечити його оптимальне використання в інтересах громадян і споживачів.

Торгівля спектром сприяє досягненню оптимального використання ресурсу, полегшуючи його передачу тим, хто здатний створити найбільшу цінність для суспільства. Вторинні ринки працюють, створюючи економічні стимули для ліцензіатів використовувати спектр ефективно або передавати його іншим. Щоб ринок функціонував ефективно, важливо знижувати витрати на транзакції, включаючи витрати на дотримання регуляторних вимог, а також мінімізувати час, необхідний для виконання транзакцій (Ofcom, 2011).

Роль регулятора на вторинних ринках переходить від активного управління до нагляду та можливої затвердження транзакцій, щоб уникнути дисбалансу на ринку, при цьому зберігаючи контроль за дотриманням умов ліцензії та розв'язанням спорів.

Дозволяючи зацікавленим сторонам продавати, здавати в оренду, розділяти або об'єднувати свої права на використання спектра за мінімального втручання регулятора, уряди підвищують регуляторну гнучкість. Це дозволяє ліцензіатам реагувати на ринкові зміни без необхідності повторного урядового тендеру.

Велика Британія значною мірою впровадила правила, які дозволяють повний або частковий продаж чи здачу в оренду спектра. У 2013 році Ofcom повідомив, що 84% відповідного спектра було доступно для торгівлі або передачі, що є різким зростанням менш ніж за десятиліття (Ofcom, 2013).

Рисунок 2.4 демонструє еволюцію частки спектра у Великій Британії, доступного для торгівлі на вторинних ринках, у період з 2005 по 2013 роки.

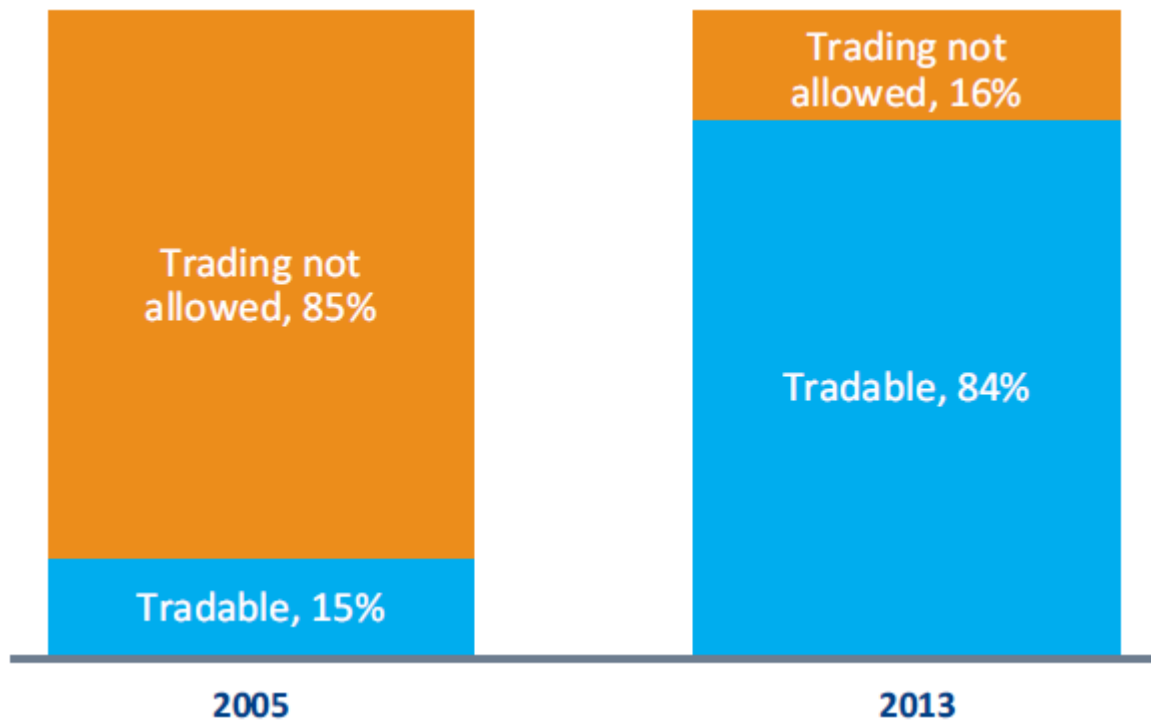


Рисунок 1.4 - Еволюція частки спектра у Великій Британії, що торгується на вторинних ринках, 2005 порівняно з 2013 роком

Вторинні ринки також можуть супроводжуватися певними ризиками та викликами. Наприклад, учасники ринку можуть не скористатися можливістю торгівлі спектром. Замість того, щоб здавати в оренду чи продавати спектр конкурентам, ліцензіат може вирішити накопичувати свої частоти, щоб обмежити вхід на ринок. Торгівля спектром також може зашкодити конкуренції, якщо домінуючі гравці скуповують ліцензії, що належать меншим операторам, що призводить до високої концентрації ринку. Однак регуляторні рамки можуть бути структуровані таким чином, щоб контролювати ці виклики і дозволити вторинному ринку спектра ефективно функціонувати.

Спільне використання спектра — це новий підхід, який багато країн застосовують для забезпечення додаткових ресурсів для бездротового широкосмугового зв'язку. Цей підхід може бути корисним у ситуаціях, коли ліцензований спектр недоступний або не є доцільним для довгострокового використання. Реалізація спільного використання спектра відбувається завдяки технічним методам, які інколи вимагають додаткових регуляторних дій. Із

розвитком технологій 5G очікується зростання уваги до підходів щодо спільного використання спектра.

Спільне використання спектра відкриває нові можливості для розширення кількості спектра, доступного для мобільного широкосмугового зв'язку. Регулятори можуть реалізовувати спільне використання спектра через різні підходи, зокрема:

1. Використання без ліцензії (License-exempt): Цей підхід успішно використовується для таких застосувань, як RLANs, Bluetooth і бездротові мікрофони.

2. Доступ до ліцензованого спектра на умовах спільного використання (Licensed Shared Access, LSA): Відносно нова модель, яка дозволяє ділитися вже ліцензованим спектром з обмеженою кількістю ліцензіатів за умов захисту існуючих користувачів і забезпечення доступу нових користувачів до тих самих частот. LSA може отримати вигоду від динамічних підходів до спільного використання спектра.

Спільне використання спектра дозволяє кільком користувачам використовувати одні й ті самі частоти, застосовуючи технології, що мінімізують або усувають інтерференцію. Це створює можливість для спільного використання ліцензованого спектра через домовленість між користувачами, без залучення уряду до управління доступом. Вторинне використання спектра дозволяє здійснювати опортуністичний доступ до частот за допомогою технологій, що враховують умови використання в конкретний час і місці. Наприклад, замість встановлення жорстких меж потужності для запобігання інтерференції, вторинне використання спектра обмежується конкретними місцями або часом.

Деякі підходи до спільного використання спектра ґрунтуються на створенні або наявності бази даних про використання спектра за діапазонами, локаціями та часом. Як зазначає Організація економічного співробітництва та розвитку (OECD), інвентаризація спектра дозволяє оцінювати доступність спектра для нових застосувань і визначати можливості для спільного

використання в кожному діапазоні. Крім того, інвентаризація спектра є корисним інструментом для оцінки ефективності використання спектра.

У деяких випадках регулятори дозволяють вторинне використання спектра для вирішення ринкових спотворень. Наприклад, ліцензований спектр може бути доступним для використання іншими суб'єктами за умови, що їхня діяльність не створюватиме перешкод для основного ліцензіата і не потребуватиме захисту від його впливу.

Наприклад у Південно-Африканській Республіці національна інтегрована політика ІКТ пропонує концепцію «націоналізації спектра», якщо він виділений у межах національної ліцензії, але не використовується. Ця ініціатива спрямована на забезпечення доступу до спектра в сільських районах. Метою є дозволити місцевим органам влади та громадам у певних регіонах використовувати спектр, який раніше був призначений мобільним операторам, але не використовується через економічну не вигідність. Ця пропозиція поки перебуває на початковій стадії, але її результати можуть стати корисним прикладом для інших країн із подібною ситуацією.

Країни також впровадили регуляції, що дозволяють неліцензоване або «безліцензійне» використання спектра для стимулювання інноваційних застосувань і послуг. Завдяки нижчій вартості й простішому входженню на ринок, підхід до безліцензійного використання спектра створює можливості для розвитку нових послуг і застосувань, а також робить проекти в складних умовах більш економічно привабливими чи досяжними. До категорії безліцензійного використання зазвичай входить велика кількість технологій і продуктів, таких як:

- Wi-Fi мережі,
- Розумні пристрої,
- Радіочастотна ідентифікація (RFID),
- Bluetooth,
- Комунікації між транспортними засобами,
- Системи сигналізації.

Регуляторна основа для неліцензованого використання зазвичай включає:

1. Технічні правила для запобігання інтерференції: Це гарантує, що різні користувачі спектра не заважають один одному.
2. Стандарти й технічні специфікації: Вимоги до обладнання, щоб забезпечити його якість і відповідність технічним нормам.
3. Контроль дотримання правил: Регулятор здійснює нагляд за тим, щоб усі правила виконувалися.

У деяких випадках регулятор може запровадити вимоги до реєстрації, однак зазвичай це уникається, щоб не створювати бар'єри, аналогічні до ліцензування.

Можливо, найчастіше в контексті широкосмугового доступу спектр, що використовується на безліцензійній основі, розглядається як засіб для забезпечення домашніх або внутрішньокампусних Wi-Fi мереж. Однак такий спектр також продовжує створювати нові можливості для розширення доступу до інтернету. Нижче наведено три підходи, які країни використовують для сприяння впровадженню широкосмугового доступу через неліцензований спектр.

Одним із варіантів використання неліцензованого спектра (зазвичай Wi-Fi, але іноді простих 2G мобільних мереж) є розвиток спільнотних мереж. Це невеликі мережі, які зазвичай створюються та управляються членами спільноти чи підприємцями для обслуговування села чи містечка, заповнюючи прогалини у комерційних мобільних мережах. Такі мережі забезпечують послуги, які відповідають потребам конкретних спільнот, покращуючи доступність і сприяючи як доступу, так і створенню локального контенту та послуг.

Приклади успішних спільнотних мереж, які використовують неліцензований спектр включають Project Isizwe і Village Telco у Південній Африці, а також проєкти у Нігерії, Колумбії, Пуерто-Рико, Східному Тиморі та Бразилії. Проте відсутність гнучких правил для доступу до спектра для моделей таких мереж, як Endaga, стала суттєвою перешкодою для їх успішної реалізації.

Телевізійні "білі плями" (TVWS) також дозволяються для використання на безліцензійній основі в різних країнах. Ця концепція дозволяє використовувати частоти, які не застосовуються в певній географічній зоні протягом конкретного часу, для інших цілей. У таких країнах, як Канада, Колумбія та Південна Африка, телевізійні канали дозволяється використовувати на вторинній основі для підключення в сільській місцевості, де ці канали не використовуються.

Наприклад, ініціатива 4Afrika, запущена Microsoft реалізувала пілотні проєкти у понад 15 країнах Африки, таких як Кенія, Південна Африка, Намібія, Танзанія та Гана, використовуючи TVWS для забезпечення недорогого, високошвидкісного бездротового широкосмугового зв'язку в сільських громадах.

LTE-U в неліцензованих діапазонах як окрема послуга створена для роботи в таких діапазонах, як 5 ГГц у всьому світі або 3,5 ГГц у США. Вона була розроблена для розширення переваг технології Long-Term Evolution (LTE), що використовується в комерційних мобільних мережах, і для її впровадження в Wi-Fi системах, які не мають власного ліцензованого спектра, таких як малі інтернет-провайдери, що використовують фіксований бездротовий зв'язок, а також підприємства чи власники об'єктів.

LTE Licensed-Assisted Access (LAA) розроблена для забезпечення роботи LTE на коротких відстанях у "останній милі". Ця технологія також функціонує в неліцензованих діапазонах, але побудована так, щоб поєднувати LTE у неліцензованому спектрі з LTE у ліцензованих діапазонах, що потребує одночасного використання обох типів спектра. Таке об'єднання дозволяє збільшити пропускну здатність, забезпечити вищі швидкості передачі даних та покращити відгук системи для користувачів. LTE-U/LAA призначена для підвищення ефективності роботи мережі та забезпечення покращеного користувацького досвіду порівняно з Wi-Fi розвантаженням, надаючи мобільним операторам можливість більш ефективного використання неліцензованого спектра.

Хоча Wi-Fi є одним із найвідоміших способів використання неліцензованого спектра, нові технології, такі як LTE-U і LAA, використовують досвід і переваги як ліцензованого, так і неліцензованого спектра, створюючи гібридний підхід і розширюючи можливості бездротових широкосмугових послуг. Випробування LTE-U та LAA проводяться в країнах Азії, Європи та США.

Незважаючи на те, що використання неліцензованого спектра не передбачає прямого чи опосередкованого розподілу частот, воно все ж пов'язане з ризиками та викликами, такими як зростання мережевого навантаження та відсутність захисту від шкідливих перешкод. Наприклад, діапазони, які використовуються для Wi-Fi-застосунків, також застосовуються для широкого спектра інших пристроїв, таких як бездротові телефони, Bluetooth, RFID та інші короткодіапазонні пристрої. З ростом популярності таких застосунків підвищується ймовірність виникнення перешкод. Для зменшення цих ризиків багато користувачів перейшли з діапазону 2,4 ГГц на 5 ГГц.

Крім того, неліцензовані діапазони можуть створити складнощі для політиків у випадках, коли виникає необхідність повернення спектра для ліцензованого використання через зміни національних потреб або пріоритетів. Відсутність ліцензування чи реєстрації обладнання в неліцензованому спектрі ускладнює пошук, заміну чи відключення пристроїв у процесі звільнення діапазону. Це ускладнення стає ще серйознішим у випадках, коли велика кількість пристроїв вже придбана та активно використовується.

Зростання використання неліцензованого спектра для широкосмугового доступу кінцевих користувачів також може створити виклики для підходу регуляторів чи урядів до управління спектром. Оскільки неліцензований спектр не генерує дохід від ліцензій та зменшує адміністративне навантаження на регуляторів, це може суттєво відрізнятись від традиційного підходу, де регуляторні органи жорстко контролювали використання спектра та стягували ліцензійні збори для підтримки своєї адміністративної діяльності.

Якщо ліцензійні збори використовувалися для отримання доходу чи перехресного фінансування інших урядових чи регуляторних заходів, збільшення використання неліцензованого спектра може вплинути на ці моделі. Таким чином, впровадження неліцензованого спектра потребує врахування впливу на роль регулятора в управлінні використанням спектра в постраждалих діапазонах, а також на бюджет регуляторного органу.

Wi-Fi-мережі розглядаються як важливий інструмент для сприяння доступу до Інтернету кінцевим користувачам. Громадські місця, такі як ресторани та кафе, а також державні проєкти, що фінансуються з бюджету, все частіше надають безкоштовний або субсидований доступ до Інтернету. Це стимулює попит на збільшення спектра для радіомереж локального доступу (RLAN). Основна увага приділяється розширенню діапазону 5 ГГц для застосувань RLAN та пом'якшенню деяких технічних обмежень (наприклад, лімітів потужності), що стосуються певних діапазонів цього спектра.

Зміни, ухвалені на WRC-19 (Всесвітня конференція радіозв'язку), після їхнього впровадження на національному рівні, збільшать спектральні ресурси, доступні для проєктів підключення через Wi-Fi, відповідно до положень, викладених у розділі 5.2. Зокрема, поточні діапазони 5 ГГц для RLAN мають прогалину між 5350 МГц і 5470 МГц. Ця прогалина обмежує пропускну здатність, перешкоджаючи створенню ширших каналів, які могли б забезпечити передачу більшої кількості даних і підвищити стійкість до перешкод.

Для подальшого сприяння впровадженню Інтернету політики повинні стежити за процесом і результатами WRC-19 та планувати додаткові неліцензовані спектри для забезпечення розгортання Wi-Fi.

Навіть місцеві оператори починають використовувати Wi-Fi-мережі для надання більш доступного підключення до Інтернету. Крім того, Wi-Fi стає стандартом не лише для комунікаційних пристроїв, а й для автомобілів, електроніки, побутової техніки, медичних пристроїв та іншого обладнання, яке традиційно не підключалося до мережі. Інтеграція Wi-Fi у некомунікаційні пристрої є ключовим фактором розвитку Інтернету речей (IoT), оскільки дедалі

більше пристроїв для дому та бізнесу передають і отримують трафік через Інтернет.

Wi-Fi використовує спектр на неліцензованій основі в певних діапазонах, які також використовуються іншими застосунками, такими як Bluetooth і RFID. Найчастіше для таких застосунків використовуються діапазони 2,4 ГГц і 5 ГГц. Радіокомунікаційні служби, що працюють у цих діапазонах, повинні приймати можливість шкідливих перешкод, не можуть вимагати захисту від таких перешкод і підпорядковуються лімітам потужності, щоб уникнути створення перешкод для інших служб.

У радіорегламентах МСЕ (Міжнародного союзу електрозв'язку) не передбачено окремої ідентифікації для такого застосування. Натомість рекомендації та звіти МСЕ прагнуть гармонізувати використання спектра для RLAN на неліцензованій основі. WRC-19 також розгляне можливість модифікації існуючих розподілів та технічних обмежень у цих діапазонах.

З метою максимально ефективного використання спектра та більш повного задоволення попиту з боку зацікавлених сторін, регулятори впроваджують адміністративні, фінансові та технічні заходи для вилучення спектра та його повторного призначення для нових цілей. Перепрофілювання та рефармінг спектра не є новою концепцією, але вона набуває все більшої актуальності, оскільки країни прагнуть збільшити доступний спектр для задоволення потреб мобільного широкосмугового зв'язку.

Ці підходи охоплюють як спектр, що використовується для існуючих мобільних технологій (2G, 3G і 4G), так і спектр, який застосовується іншими службами. Нещодавні ініціативи з рефармінгу та консультації охопили декілька діапазонів, зокрема 450 МГц, 900 МГц та 1800 МГц, які використовувалися для ранніх мобільних технологій, а також перепрофілювання середніх діапазонів, таких як 2,5 ГГц і 3,5 ГГц, та діапазонів 700 МГц і 800 МГц, які раніше застосовувалися для наземного телевізійного мовлення.

Рефармінг дозволяє операторам обирати оптимальне поєднання низького, середнього та високого спектрального діапазону, яке найкраще відповідає їхнім моделям розгортання мереж і бізнес-стратегіям.

Одним із найвідоміших прикладів перепрофілювання стало переведення телевізійного мовлення з аналогового на цифрове, що дозволяє надавати покращені телевізійні послуги з використанням меншого обсягу спектра. Спектр, який може бути перепрофільований з аналогового мовлення на інші цілі (так званий "цифровий дивіденд"), був виділений багатьма політиками для надання послуг мобільного широкосмугового зв'язку.

Фактично, створення цифрового дивіденду стало головним рушієм переходу до цифрового телемовлення по всьому світу. Цей перехід і отриманий цифровий дивіденд мають критичне значення для постійного розвитку та вдосконалення мобільних широкосмугових послуг у глобальному масштабі. У Європейському Союзі Європейська Комісія (ЄК), Європейський Парламент і Європейська конференція поштових і телекомунікаційних адміністрацій (CEPT) розробили рекомендації та плани для гармонізованого впровадження цифрового дивіденду по всьому континенту.

Після першого цифрового дивіденду в діапазоні 800 МГц Європейська Комісія, Європейський Парламент і Рада ЄС у грудні 2016 року погодили єдиний підхід для використання діапазону 470–790 МГц, включаючи діапазон 700 МГц (694–790 МГц). Відповідно до цієї угоди, діапазон 700 МГц має бути виділений мобільним операторам і доступний для використання бездротового широкосмугового зв'язку до кінця червня 2020 року. Країни-члени ЄС мали завершити угоди з координації між кордонами до кінця 2017 року і розробити та опублікувати свої плани до червня 2018 року.

Також кілька країн Регіону 3 (Азія-Тихоокеанський регіон) визначили діапазон 698–790 МГц для використання ІМТ (Міжнародних мобільних телекомунікацій), а весь Регіон 3 ідентифікував діапазон 790–960 МГц для ІМТ. У вересні 2010 року Азіатсько-Тихоокеанська телекомунікаційна спільнота (APT) через свій бездротовий форум (AWF) визначила так званий план APT700

як найефективніший спосіб розподілу цифрового дивіденду для мобільних послуг. У грудні 2016 року АРТ затвердила рекомендацію, яка закликає адміністрації приймати гармонізований план діапазону для ІМТ у діапазоні 698–806 МГц. Однак план АРТ700 вже здобув світову підтримку до моменту ухвалення цієї рекомендації.

Варто зазначити, що країни Латинської Америки, Європи та Близького Сходу, такі як Аргентина, Бразилія, Чилі, Колумбія, Еквадор, Єгипет, Франція, Німеччина, Панама, Перу, Мексика, Суринам і Об'єднані Арабські Емірати, вже розподілили спектр відповідно до плану АРТ700 або готуються це зробити. Це розширює потенційний ринок для сумісного обладнання за межами Азійсько-Тихоокеанського регіону.

Приклади нещодавнього та майбутнього рефармінгу цифрового дивіденду наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Останнє перепрофілювання цифрового частотного спектру

Країна	Діапазон(и)	Рік
Аргентина	700 МГц	2017
Парагвай	700 МГц	2018
Танзанія	700 МГц	2018

Політики та регулятори розглядають нові моделі оптимального використання цифрового дивіденду. Однією з таких моделей є концепція спільної інфраструктури мереж. Хоча деталі можуть варіюватися, основна ідея полягає у створенні загальнонаціонального оператора оптового зв'язку в діапазоні цифрового дивіденду, який надає пропускну здатність комерційним операторам, що обслуговують кінцевих користувачів.

Таблиця 1.2

Приклади спільної мережевої інфраструктури

Країна	Діапазон(и)	Дата
Мексика – Red Compartida	● Використання 90 МГц для надання оптових голосових послуг і бездротового широкосмугового зв'язку для перепродажу. ● Державне-приватне партнерство (PPP) під егідою міністерства та регулятора. ● Дозволено 100% прямих іноземних інвестицій. ● Умови проєкту включають технологічну нейтральність, недискримінаційні умови надання послуг та мінімальні вимоги до покриття. ● Покрити 30% населення до 31 березня 2018 року, 70% населення до 2022 року, 92% населення до 2024 року.	● Січень 2017 року – контракт отримано консорціумом Altán Redes. ● Березень 2018 року – запуск операцій, перший етап покриття виконано достроково.
Руанда – Korea Telecom Rwanda Networks (KTRN)	● Постачальник оптового широкосмугового зв'язку 4G LTE, що використовує спектр цифрового дивіденду, передбачений у політиці широкосмугового зв'язку 2013 року. ● У 2013 році було створено державне-приватне партнерство (PPP) з Korea Telecom (KT). ● Інвестиції уряду (49% власності) включають доступ до національної волоконно-оптичної мережі, спектра та видачу ліцензії на оператора оптового зв'язку. ● Забезпечити покриття 95% населення протягом трьох років.	● Впровадження проходило повільніше, ніж очікувалося. Станом на липень 2016 року покриття населення становило близько 30%. ● KTRN планувала забезпечити національне покриття до кінця 2017 року. ● Січень 2018 року: за повідомленнями, було досягнуто покриття 95% населення.
Південна Африка – Відкрита оптова бездротова мережа	● Відкрита оптова мережа з відкритим доступом була запропонована у 2011 році. Концепція залишилася в наступних планах. ● У 2016 році було повторно розглянуто концепцію «консорціуму, який належить та управляється державним і приватним секторами» (у невизначеному спектрі). ● Урядові стимули можуть включати зменшення витрат на спектр, доступ до державної інфраструктури та виділення коштів з універсального фонду обслуговування. ● Члени консорціуму з відповідними ліцензіями можуть надавати роздрібні послуги поза межами консорціуму.	● Листопад 2017 року: опубліковано законопроект, що включає запропоновані положення щодо ліцензування бездротової мережі з відкритим доступом, для консультацій.

Враховуючи наведені вище тенденції та спостереження, а також необхідність оптимального використання спектральних ресурсів для покращення та розширення доступу до Інтернету, було визначено основні принципи спектральної політики, які стали основою рекомендацій, викладених у розділі 7.

1. Забезпечення гнучкості для впровадження та розвитку нових технологій, зокрема 5G та IoT

Хоча технологія 5G розробляється вже кілька років, а пристрої та послуги IoT вже використовуються, обидві ці технології продовжуватимуть значно розвиватися.

Регулятори та політики мають забезпечити, щоб їхні дії не лише не обмежували зростання цих технологій, а й сприяли їм, створюючи рамки, що максимізують гнучкість, сприяють інноваціям, мінімізують адміністративні навантаження та враховують особливості, які відрізняють ці технології від попередніх.

Ці нові технології дозволять гнучке використання спектра та отримають користь від регуляторної гнучкості щодо правил та політик, які регулюють їх впровадження.

2. Максимізація доступу до спектра для бездротових широкосмугових послуг

Попит на бездротові широкосмугові послуги неухильно зростає, частково завдяки постійному вдосконаленню бездротових технологій, їх новим застосуванням і зростаючій здатності гнучкого використання спектра для різних потреб і користувачів.

Політики та регулятори, які прагнуть розширити доступ до широкосмугового зв'язку, повинні пам'ятати, що головним способом збільшення пропускної здатності та покращення користувацького досвіду є забезпечення доступності відповідного спектра для використання у бездротових широкосмугових послугах.

Важливо враховувати конкуренцію та ризики концентрації ринку.

Ідентифікація діапазонів та прозорість щодо обсягу та доступності спектра мають супроводжуватися гнучкими ліцензійними моделями, що відповідають очікуванім сценаріям використання спектра.

Регуляторні рамки повинні сприяти гнучкому використанню спектра, дозволяти об'єднання та спільне використання, щоб максимізувати ефективність і водночас сприяти конкуренції.

3. Реалізація стратегій, спрямованих на населення, яке залишається без належного доступу до широкосмугового зв'язку

Для досягнення територій та населення, які досі не мають належного або взагалі відсутнього доступу до широкосмугового зв'язку, потрібні нові, більш гнучкі підходи та переосмислення ролі уряду.

Виникнення нових бездротових технологій з іншими характеристиками та сценаріями використання, ніж у наявних мобільних мереж, має спонукати до дій, які можуть зміцнити існуючі успішні підходи та використовувати нові технології, бізнес-моделі та підходи до авторизації спектра.

Це забезпечить уряди та регулятори гнучким набором інструментів для розробки нових стратегій у секторі.

1.2 Еволюція та роль нових технологічних трендів

Дилема заміни мідних мереж оптоволоконном проти модернізації міді

Під впливом конкурентного тиску та державних ініціатив оператори в багатьох країнах за останнє десятиліття зіткнулися зі зростаючим тиском замінити свої мідні мережі доступу технологією "оптоволоконно до дому" (FTTH). Проблема ніколи не полягала в самій технології, а скоріше у високих витратах на її впровадження, через що окупність проєктів ставала довгостроковою та часто невизначеною перспективою.

Наявність існуючої мідної інфраструктури була значним стримувальним фактором для нових інвестицій у інфраструктуру. Через це багато операторів обирали тимчасове рішення — модернізацію мідних мереж до дуже

високошвидкісної цифрової абонентської лінії (VDSL) або її варіантів, таких як G-fast, щоб відкласти значні витрати на впровадження повністю волоконно-оптичних рішень.

У ринках, де мідна інфраструктура обмежена або практично відсутня, ця дилема не є актуальною. Проте в інших вона стає ключовою проблемою, яку політики вирішують через регулювання, стимулювання або більш активні форми втручання в бізнес-моделі розгортання інфраструктури (див. рисунок 1.5).

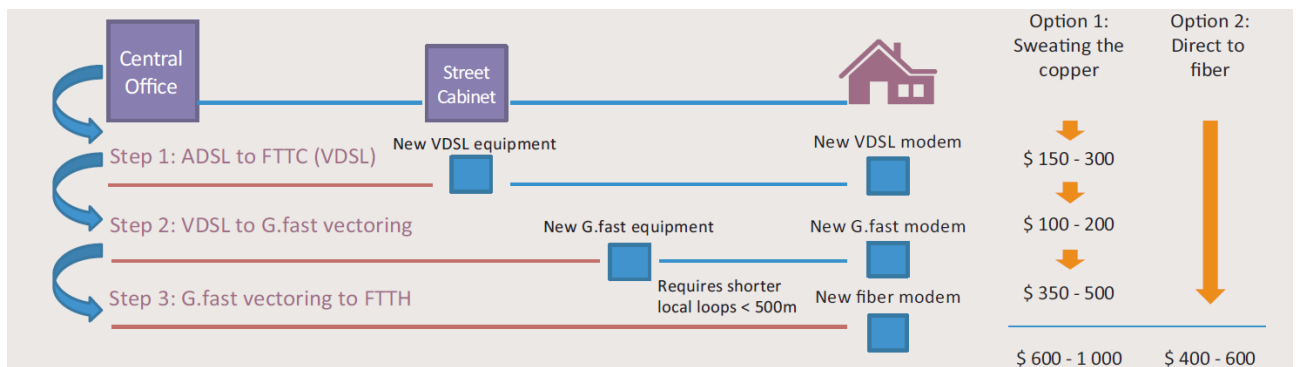


Рисунок 1.5 - Аргументи на користь модернізації до оптоволокна

Протягом останнього десятиліття телекомунікаційні оператори, які мають значну мідну інфраструктуру (наприклад, BT і Deutsche Telekom), стикалися з дилемою: з одного боку, відсутність стимулів відмовитися від існуючих активів, які все ще приносять прибуток, та невизначеність додаткового доходу, який може забезпечити впровадження оптоволоконних технологій; з іншого боку, необхідність зменшити втрату клієнтів на користь нових, більш ефективних конкурентів.

Основна проблема для операторів полягає у виборі між модернізацією мідної мережі або прямим переходом до оптоволокна. Як показано в ідеалізованому сценарії, загальна вартість модернізації мідної мережі до оптоволокна є вищою, ніж прямий перехід на оптоволокно. Однак такі розрахунки не враховують фактори, як-от покращення грошового потоку завдяки відстроченню інвестицій та управлінню ризиками.

Випадок еволюції xDSL-мереж є корисним прикладом для загального випадку, коли фіксовані широкосмугові мережі можуть бути поступово

модернізовані для задоволення потреб у вищій швидкості та більшій пропускній здатності. Конкурентні чинники зазвичай стимулюють необхідність модернізації, тоді як економічні міркування, пов'язані з витратами на модернізацію та зміною цін у технологічній екосистемі, роблять деякі оновлення економічно не вигідними.

У таких обставинах оператор може обрати між підтриманням існуючої мережі або переходом на оптоволокну.

Таблиця 1.3 нижче описує ймовірні сценарії переходу для різних технологій фіксованого доступу:

Таблиця 1.3

Еволюція технологій фіксованого доступу

Технологія	Перспектива	Існуючі можливості	Перспектива модернізації	Довгострокова перспектива
Мідь /xDSL	Для технології	1-20 Мбіт/с (ADSL)	20-50 Мбіт/с (VDSL)	>100 Мбіт/с (G.Fast)
	Для бізнесу	Під комерційним тиском, якщо доступні альтернативи	Дійсна модернізація за низької конкуренції, перехід на оптоволокну	Дійсна модернізація лише в нішевих випадках, перехід на оптоволокну
Коаксіальний кабель /DOCSIS	Для технології	30-100 Мбіт/с (DOCSIS 3.0)	100-250 Мбіт/с (DOCSIS 3.1)	>500 Мбіт/с
	Для бізнесу	Під помірним тиском від послуг на основі оптоволокну, якщо доступні	Дійсна модернізація для сучасних мереж DOCSIS, перехід на оптоволокну інакше	Дійсна модернізація для оновлених мереж DOCSIS, перехід на оптоволокну інакше.
Оптоволокну /GPON	Для технології	100-1000 Мбіт/с (GPON)	100-1000 Мбіт/с (GPON)	>1000 Мбіт/с (xxPON)
	Для бізнесу	Конкурентоспроможна продуктивність і вартість	Конкурентоспроможна продуктивність і вартість	Конкурентоспроможна продуктивність і вартість

Еволюція мережевих технологій залежить від багатьох факторів: конкурентного середовища, специфічних технологічних поступок, швидкості

розвитку ринку, впливу на грошові потоки та інвестиційних можливостей операторів, а також стану існуючих мереж.

Перехід до оптоволоконного рішення пов'язаний із наступним:

1) Технологія зріла, тому витрати стабільні. Вартість обладнання для пасивних оптичних мереж гігабітного класу (GPON) знизилася до стабільного рівня, що забезпечує більшу передбачуваність витрат на порти оптичного лінійного завершення (OLT) та оптичні мережеві термінали (ONT) на одного користувача.

2) Остання миля і якість мережі. Усі мережі відрізняються за якістю кінцевої інфраструктурної ланки до клієнтів з точки зору якості, відстані або щільності. У той час як мідні мережі критично залежать від коротких відстаней, оптоволоконні мережі є набагато стійкішими до змін довжини кабелів.

3) Можливість зменшення капітальних витрат. Будь-яка заміна коаксіального кабелю/DOCSIS або мідної мережі/xDSL на оптоволокно до будинку потребуватиме значного встановлення нових ліній, що супроводжується високими початковими капітальними витратами. Це можна пом'якшити за рахунок повторного використання існуючих каналів і оптоволоконної мережі. Ці витрати можна амортизувати протягом тривалого періоду, оскільки конкурентні фіксовані мережеві технології поки що не з'являються на горизонті.

4) Високий рівень проникнення, високий ARPU, висока щільність. Оскільки витрати на магістральну/середню лінію є спільними, високощільні середовища є економічно привабливішими для модернізації. У багатьох країнах щільність населення також корелює з вищими показниками середнього доходу на користувача (ARPU) та рівнем проникнення, що позитивно впливає на економічну доцільність модернізації.

5) Зростання споживання контенту та інших додаткових послуг. Незважаючи на те, що вплив на дохідну частину може варіюватися, існує явна тенденція до збільшення споживання контенту та додаткових послуг. Хоча багато телекомунікаційних операторів отримують вигоду від цієї тенденції,

можуть бути випадки, коли основними бенефіціарами є не вони, наприклад, у випадку надання послуг поверх існуючих (over-the-top).

Окрім вибору технологій доступу, на широкосмугові мережі впливають кілька значущих загальних тенденцій:

1) Зростання використання основних мереж. Оскільки більшість послуг Інтернету надається на основі необмеженого використання, а користувачі підключають дедалі більше пристроїв, загальне використання, а отже, і витрати на основні мережі, зростають. У той же час дохід залишається відносно стабільним, що змушує компенсувати це за рахунок збільшення кількості абонентів, вищого середнього доходу на користувача (ARPU) та зниження витрат. Це не завжди можливо.

2) Високі ціни на IP-транзит. Широкосмугові мережі критично залежать від міжнародних IP-з'єднань. У деяких країнах дуже високі ціни на Інтернет-підключення (IPT), що складають значну частину загальних витрат, особливо в умовах зростаючого використання. Це зазвичай впливає на країни, що не мають виходу до моря, або на ті, де попит не виправдовує прокладку конкурентних підводних кабелів.

3) Високий рівень відтоку клієнтів і конкуренції. Впровадження нових технологій часто викликається конкуренцією. Високий рівень відтоку клієнтів та висока конкуренція можуть негативно впливати на бізнес-моделі як основних операторів, так і їхніх конкурентів.

4) Низький рівень проникнення/низький ARPU/низька щільність. У країнах із низькою доступністю послуг зазвичай спостерігається низький рівень проникнення і нижчий середній дохід на користувача (ARPU). Багато з цих країн також мають значні віддалені або малонаселені райони, що ускладнює економічну доцільність створення фіксованих широкосмугових мереж. Спільні мережі, бездротовий доступ і регуляторна підтримка можуть допомогти вирішити цю проблему, що є основною темою цього звіту.

5) Політичний тиск (місцевий і регіональний). Оголошення про широкосмугові ініціативи можуть використовуватися в політичних цілях

(наприклад, NBN в Австралії), а також через регіональний тиск, пов'язаний із занепокоєнням щодо відставання (наприклад, Гігабітне суспільство в ЄС). Такий зовнішній тиск не завжди підкріплюється економічною доцільністю, але може впливати на процес прийняття рішень.

Більш детальний огляд економічних аспектів етапів модернізації з точки зору операційних витрат (OPEX) та капітальних витрат (CAPEX) також наведено на рисунку 1.6 нижче. Якщо капітальні витрати (CAPEX) можуть бути поглинені, то модернізація покращить відносні показники прибутковості, оскільки як VDSL, так і оптоволокно відкриють можливості для надання додаткових послуг (контент, додаткові послуги, VAS), а оптоволокно значно зменшить витрати на експлуатацію мережі.

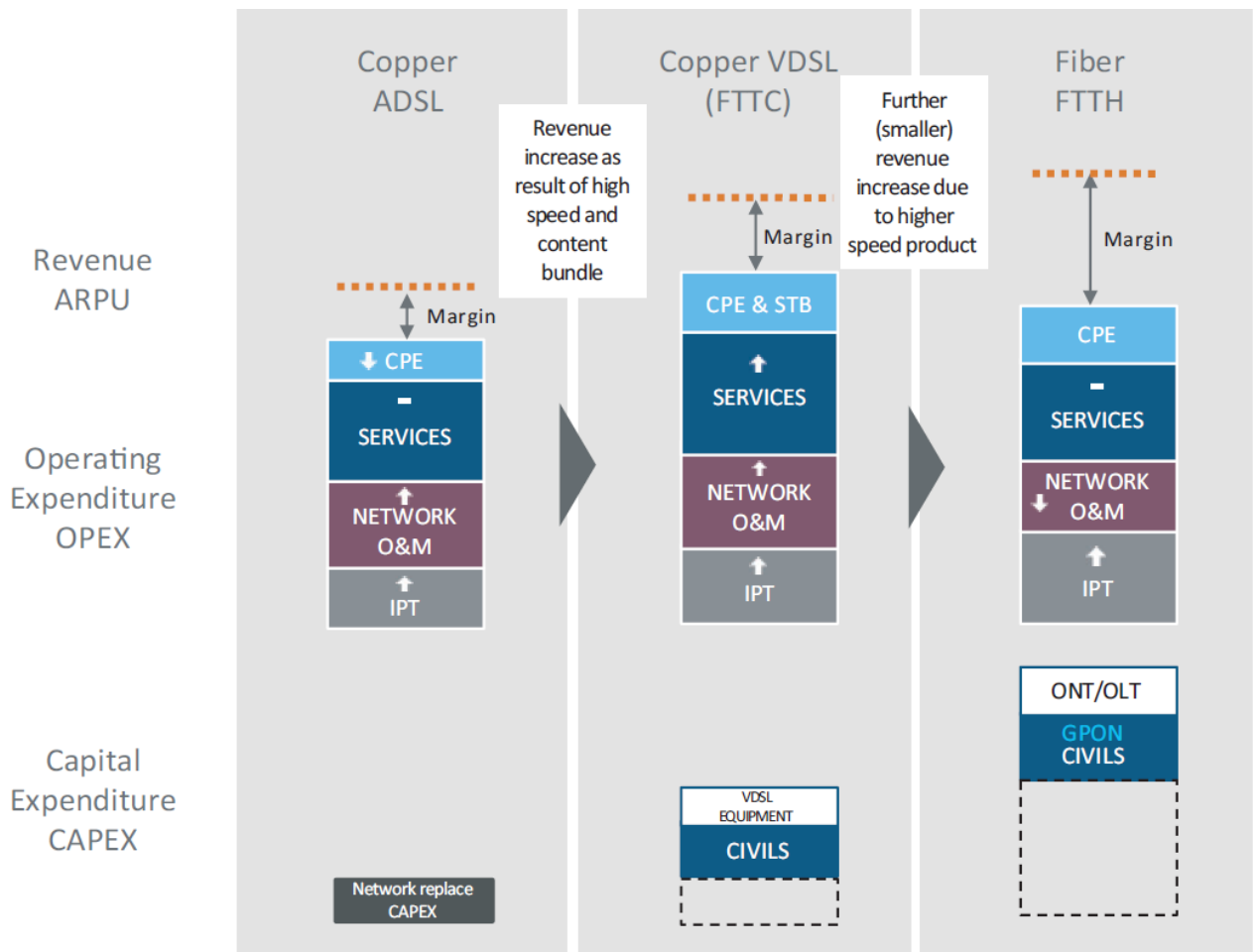


Рисунок 1.6 – Огляд економічних аспектів модернізації з мідних мереж на оптоволоконні

Відповідно до найкращих практик, визначення місць для модернізації має здійснюватися через аналіз варіацій загальної бізнес-моделі на рівні окремих районів і реалізацію модернізації поетапно, але цілеспрямовано. Якщо в конкретному районі очікується достатній рівень прийняття з відносно високим середнім доходом на користувача (ARPU), рекомендується прямий перехід до оптоволокна (FTTH). Натомість, якщо рівень прийняття невизначений, поступова модернізація через VDSL із максимальним використанням існуючої мідної інфраструктури є більш розумним підходом.

Держава також може змінити розрахунки на користь оптоволокна, здійснюючи дії, спрямовані на зниження капітальних витрат (CAPEX) на впровадження оптоволокна. Деякі з цих дій включають усунення регуляторних бар'єрів (як обговорюється у розділі Рекомендацій у главі 7). Інші можуть передбачати спільне фінансування чи субсидії, якщо це обґрунтовано на основі аналізу витрат і вигод, що враховує додаткові економічні переваги оптоволокна над існуючими мідними мережами ADSL або VDSL, або коаксіальними мережами DOCSIS.

Деякі експерти навіть виступали за більш агресивні політики переходу на оптоволокно (Stanislawski і Krauze, 2012).

Оператори мобільних мереж відіграють і надалі відіграватимуть ключову роль у розширенні доступу до Інтернету. З початку 2010 року кількість користувачів мобільного Інтернету зросла на 2,3 мільярда, причому 75% із них проживають у країнах із низьким і середнім рівнем доходу та вперше отримали доступ до мережі. Інвестиції у розмірі додаткових \$900 мільярдів, заплановані на період з 2016 по 2020 рік, мають на меті забезпечити Інтернет-доступ ще одному мільярду людей.

У більшості країн, що розвиваються, і в сільській місцевості розвинених держав мобільний Інтернет є основним засобом доставки широкосмугового доступу. Навіть у регіонах із розгалуженими фіксованими мережами розвиток мобільних технологій від 3G до 4G і 5G, разом із підвищенням швидкості передачі даних, створює можливість замінити фіксований доступ на мобільний.

Це пояснюється тим, що розгортання мобільних мереж зазвичай швидше та дешевше, а отже, вигідніше для телекомунікаційних операторів порівняно з модернізацією чи розширенням фіксованих ліній.

Оператори мобільного зв'язку використовують широке розповсюдження своїх мереж разом із доступністю та простотою використання, щоб не лише замінити фіксовані мережі, але й розширити послуги до рівня домашнього широкопasmового доступу, який зазвичай реалізується через USB-модеми або пристрої з SIM-картками.

Технології фіксованого бездротового зв'язку існують десятиліттями — оператори, які не могли забезпечити ефективний і доступний фіксований доступ, використовували такі рішення, як WiMAX, а останнім часом — LTE. Хоча WiMAX уже наближається до завершення свого життєвого циклу, LTE має довгострокові перспективи завдяки зусиллям щодо стандартизації 3GPP, які забезпечують зворотну сумісність пристроїв і просту інтеграцію.

Wi-Fi також зазнав еволюції: від технології, орієнтованої на закриті приміщення, до покриття цілих міст, як, наприклад, у Барселоні чи Сінгапурі. Це рішення отримало широке визнання, оскільки у багатьох країнах Wi-Fi не потребує спеціальних ліцензій на спектр і вбудований у повсякденні пристрої.

Водночас технології мобільного широкопasmового зв'язку мають два основні обмеження:

1) їхня продуктивність залежить від доступності спектра і поступається швидкості волоконно-оптичного зв'язку;

2) пропускна здатність мережі розподіляється між змінною кількістю користувачів, що ускладнює гарантії рівня послуг, які доступні у волоконних мережах. З цих причин мобільний широкопasmовий зв'язок у розвинених ринках сприймається як доповнення до фіксованих мереж, а не їхня повна заміна.

Покращення технологій оптоволоконного зв'язку та передачі даних вплинули не лише на наземну інфраструктуру, а й стали рушієм експоненційного зростання пропускної здатності підводних кабелів. Поява нових підводних кабелів або модернізація існуючих, у поєднанні зі зростаючою місцевою

конкуренцією та збільшенням обсягів передачі даних, сприяли зниженню цін у всьому світі.

На рисунку 1.7 показано, як міжнародні ціни на транзит IP-трафіку на основних глобальних маршрутах знижувалися протягом останніх кількох років.

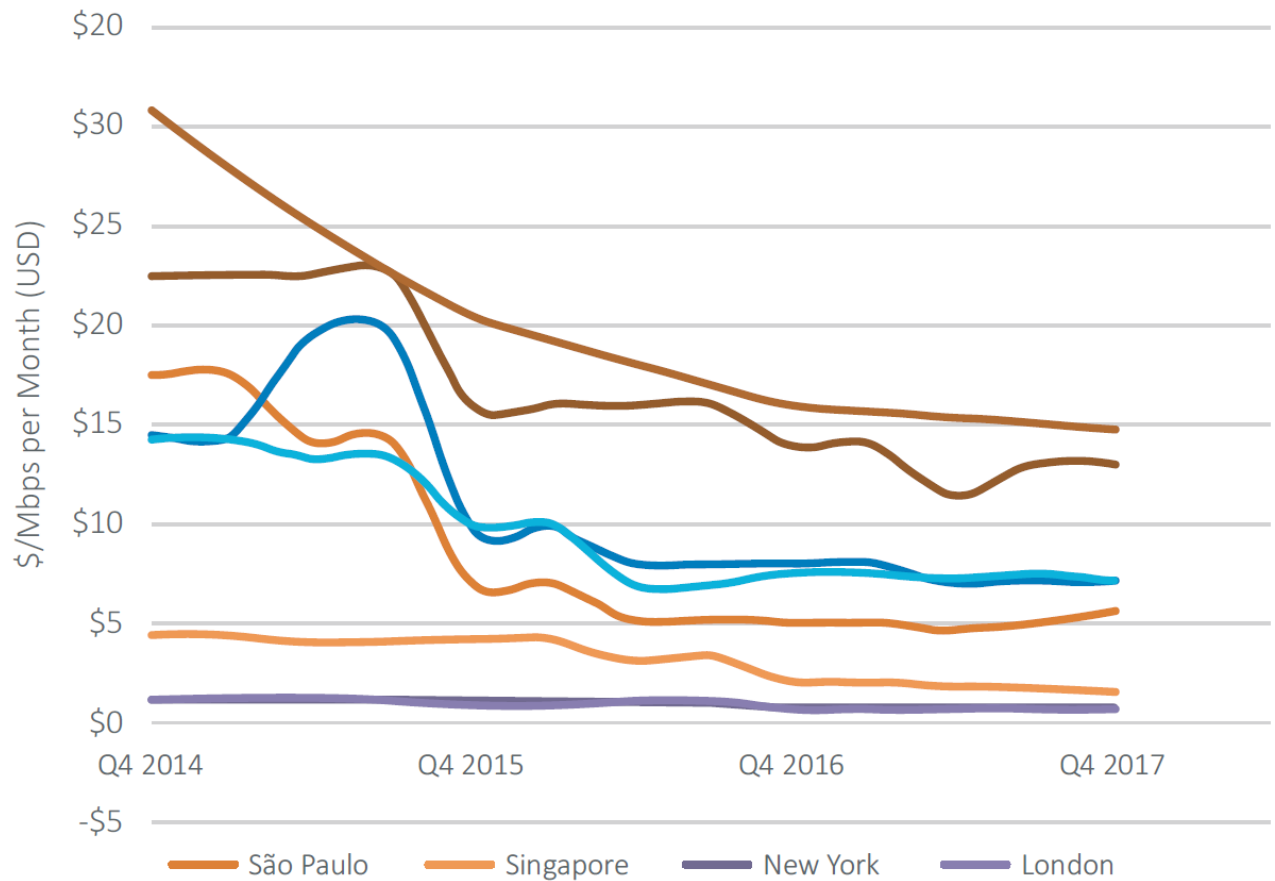


Рисунок 1.7 – Медіанні ціни на IP-транзит 10GigE у ключових містах

Попри загальне зниження цін, вартість глобальної підключеності досі суттєво відрізняється залежно від регіону. Країни південної півкулі стикаються зі значно вищими витратами (рисунок 1.7). Наприклад, вартість транзиту IP становить менше \$1 за Мбіт/с на місяць у Лондоні, Нью-Йорку та Лос-Анджелесі, близько \$2 у Сінгапурі та Токіо. У той же час у Йоганнесбурзі ціна може досягати \$9, а в інших частинах Африки перевищувати \$15. Проте загальна тенденція свідчить про суттєве зростання пропускної здатності та зниження цін

у

всьому

світі.

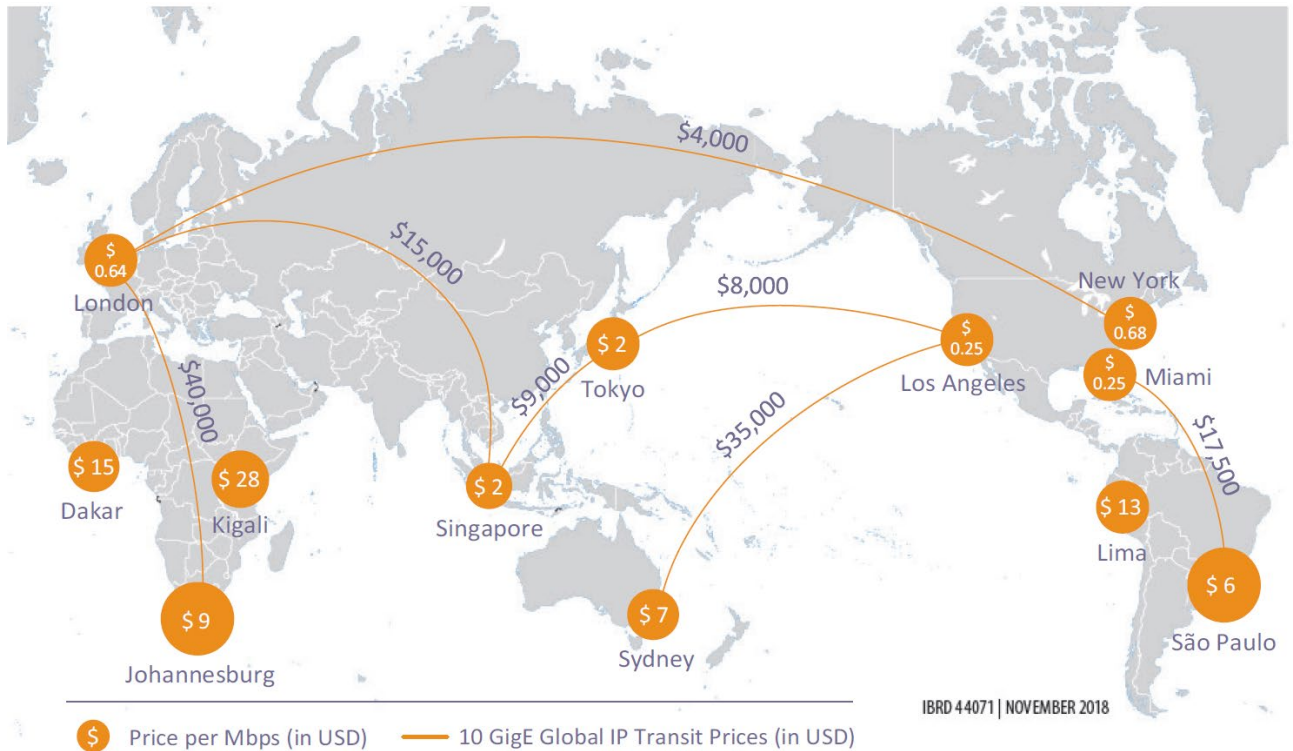


Рисунок 1.8 - Ціни на IP-транзит за Мбіт/с: Північна півкуля проти Південної півкулі

У багатьох країнах, що розвиваються, створено сприятливий цикл: більші обсяги — нижчі витрати — зниження цін — подальше зростання обсягів. Це стало можливим завдяки тому, що збільшена пропускна здатність підводних кабелів ефективно інтегрується в національні ринки через впровадження режимів відкритого доступу, які усувають вузькі місця на станціях прийому кабелів. Розширення наземних міжкордонних мереж також відіграє важливу роль, оскільки такі мережі допомагають об'єднувати трафік, що сприяє подальшому зниженню витрат і збільшенню обсягів.

Водночас у певних менших країнах можуть виникати труднощі: національний трафік може спрямовуватися до дешевших станцій прийому кабелів у сусідніх більших країнах.

Окремо варто зазначити, що для країн, які не мають виходу до моря, повна користь від підводних кабелів реалізується лише за умови доступного та ефективного міжкордонного підключення. Багато проектів, які аналізувалися, були ініційовані політиками, щоб вирішити проблему недостатнього

міжкордонного зв'язку, або приватними компаніями, які побачили можливості в його відсутності.

Інвестиції великих гравців у сфері супутникових технологій, таких як Boeing, Qualcomm, Virgin та SpaceX, розпалюють гонку за глобальне покриття новими супутниковими сузір'ями. Початкові вкладення у ці проекти є значними — вони сягають мільярдів доларів. Проте супутникові оператори спрямовують свої зусилля на завоювання нових масштабних ринків, зокрема мільярдів людей, які наразі не мають доступу до широкосмугового Інтернету. Водночас вони шукають можливості розширити межі доступу для існуючих користувачів, наприклад, забезпечуючи повноцінний широкосмуговий доступ під час авіаперельотів або задовольняючи потреби вузьких, але вигідних нішевих ринків, орієнтованих на бізнес-преміум і урядових клієнтів. Ці перспективи стимулюють амбіційне розгортання нових мереж.

Поштовх до розвитку супутникового Інтернету став можливим завдяки сучасним технологіям. Нові та заплановані до запуску системи значно відрізняються від попередніх завдяки використанню супутників із високою пропускнуою здатністю (HTS) і негеостаціонарним угрупованням супутників на низьких (LEO) і середніх (MEO) орбітах.

Супутники з високою пропускнуою здатністю (HTS), які використовують технологію повторного використання частот та точкових променів, відкривають можливості для широкосмугового доступу, які раніше були недоступні для супутникових систем. Послуги широкосмугового супутникового зв'язку вже довели свою життєздатність як бізнес-модель, і останніми роками було запущено кілька нових систем HTS, з планами запуску ще більшої кількості в майбутньому.

Прикладом такої ініціативи є проєкт Avanti Eсо, спрямований на забезпечення HTS-зв'язку в сільських громадах Африки. Бізнес-модель Avanti Eсо базується на початковій фінансовій підтримці Європейського космічного агентства (ESA) і передбачає співпрацю з громадами, постачальниками послуг, а

також приватними або державними партнерами. Це забезпечує доступність послуг через систему субсидій, підтримуючи їх фінансову стійкість.

Новий підхід до супутникового зв'язку представляють технології LEO (низька навколоземна орбіта) і MEO (середня навколоземна орбіта), які суттєво перевершують геостаціонарні системи високої орбіти за показниками затримки, пропускної здатності та продуктивності. Крім того, супутники LEO і MEO, що розробляються компаніями на кшталт OneWeb і SpaceX, виготовляються масово та за значно нижчою вартістю порівняно з традиційними супутниковими технологіями. Проте жодна повноцінна сузір'я супутників LEO для ширококосмугового зв'язку поки що не була запущена.

Нові гравці, такі як O3b, які впроваджують інноваційні технології протягом останніх років, досягли певних успіхів у міжнародних ринках підключення. Однак їхні амбітні цілі ще не повністю реалізовані.

Супутниковий ширококосмуговий зв'язок, заснований на HTS та системі MEO від O3b, виявився ефективним для подолання вузьких місць у магістральному зв'язку, а також знайшов застосування в нішевих сегментах — для оптових операторів, підприємств і споживачів. Хоча прогнозується, що обсяг трафіку через супутники зростатиме з темпами, подібними до наземних мереж, супутникові рішення, ймовірно, залишатимуться нішевим сегментом.

Оскільки нестаціонарні технології лише починають свій розвиток, їхній успіх і можливість виконати обіцянку забезпечення доступного Інтернету для мільярдів людей, які досі не мають підключення, покаже лише час.

Як уже зазначалося, TVWS (телевізійні білі плями) — це бездротова технологія, що використовує незадіяні телевізійні канали у спектрах VHF та UHF. Ці канали зазвичай називають "буферними". У минулому такі буфери розташовувалися між активними телевізійними каналами для запобігання взаємним інтерференціям. Згодом було доведено, що цей незадіяний спектр можна ефективно використовувати для надання ширококосмугового доступу до Інтернету, при цьому не створюючи перешкод для сусідніх телевізійних каналів.

Зазвичай ширина таких каналів становить 8 МГц, що дозволяє забезпечувати пропускну здатність близько 20 Мбіт/с на канал. У залежності від регуляторних органів, може бути доступно від 12 до 40 каналів.

Проте рішення на основі TVWS викликають певні суперечки, оскільки їх можна вважати аномалією, що виникла через неефективний розподіл спектра. З урахуванням вартості та переваг звуження цих буферних каналів і надання більшого спектра для традиційного використання, деякі експерти вважають, що традиційний підхід до розподілу спектра може забезпечити кращі результати для більшої кількості кінцевих користувачів.

Наразі активно ведуться дослідження та розробки нових платформ для забезпечення альтернативного, довгострокового покриття на останній і проміжній милі. Серед них — використання великих повітряних куль (як у проєкті Loon від Google) або дронів (як у проєкті Aquila, підтримуваному Facebook), які літають на великих висотах і можуть покривати великі площі — від 3 000 до 5 000 квадратних кілометрів кожен.

Живлення для таких пристроїв забезпечується за допомогою сонячних панелей, а легке обладнання на борту дозволяє збільшити тривалість польоту. Як повітряні кулі, так і дрони створені для забезпечення широкого покриття, працюючи у взаємодії з іншими апаратами у кластері. Лише одному пристрою в кластері потрібно мати наземне бездротове підключення для передачі даних (backhaul), яке потім розподіляється між іншими одиницями у кластері.

Окремі дрони чи кулі розраховані на роботу приблизно три місяці, після чого їх виводять із обігу та замінюють іншими, забезпечуючи безперервне покриття цільової зони. Після обслуговування вони повертаються до кластера.

Як і у випадку з новітніми супутниками LEO та MEO, ці технології все ще перебувають на етапі розвитку, і їхня комерційна життєздатність та оптимальна ринкова ніша залишаються не визначеними.

2 БІЗНЕС-МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗГОРТАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ

Технологічний прогрес і інновації, як правило, процвітають на ринках, де інвестори та оператори інфраструктури можуть обґрунтувати економічну доцільність своїх зусиль. Це зазвичай означає, що багатші країни та великі міста з відносно високою щільністю домогосподарств першими отримують доступ до технологічних проривів, які зробили широкосмуговий доступ можливим.

Протягом останніх кількох років нові бізнес-моделі забезпечили впровадження цих технологічних досягнень у регіонах, які не були охоплені традиційними підходами. Приватні компанії, уряди та міжнародні організації знаходять рішення для подолання викликів, з якими стикаються громади, що залишаються на "неправильній стороні" цифрового розриву.

Основна мета обговорення бізнес-моделей — допомогти політикам зрозуміти широкий спектр методів, доступних для впровадження інфраструктурних проектів. Важливо пам'ятати про контекст, у якому виникають ці бізнес-моделі, особливо коли йдеться про участь держави. Роль держави може мати як позитивний, так і негативний вплив. Як зазначено в інших публікаціях (наприклад, Kelly і Rossotto, 2012), є ключові кроки, які держава може зробити для привернення уваги, узгодження пріоритетів і визначення своєї ролі в національній політиці у сфері ІКТ/широкосмугового доступу.

Перший крок — це забезпечення регуляторного середовища, яке сприяє розгортанню інфраструктури. Заохочення конкуренції через ліберальні та технологічно нейтральні ліцензії, розумну політику використання спектра та принципи відкритого доступу (за потреби) є ключовими аспектами цієї політики. Зниження вартості входу на ринок шляхом скорочення бюрократичних перешкод — ще один аспект ефективного управління, який може сприяти розгортанню інфраструктури без прямого втручання в цей процес.

Ці дії можуть значною мірою сприяти досягненню цілей розгортання інфраструктури, створюючи сприятливі умови для приватного сектора, щоб

залучити ресурси та застосувати свій досвід для створення стійких бізнесів із того, що інакше могло б вважатися ринковими невдачами.

2.1 Сегментація цільового ринку

У термінах сегментації бізнесу для розгортання інфраструктури визначено п'ять відповідних варіантів: відкритий доступ на оптовій основі; комерційний доступ; пасивне та активне мережеве обладнання, придбане на оптовій основі; повністю вертикально інтегрований підхід; і сегментація, заснована на способі придбання інфраструктури.

Відкритий доступ на оптовій основі відноситься до сценарію, у якому мережеві шари та мережеві послуги надаються на основі відкритого доступу. Відкритий доступ означає, що умови надання послуг інфраструктури пропонуються на справедливій, недискримінаційній, прозорій та розумній основі. Відкритий доступ може застосовуватися лише до фізичної інфраструктури, що називається відкритим доступом пасивного шару (PLOA). Або він може надаватися разом із послугами, що потребують активного обладнання, що називається відкритим доступом активного шару (ALOA).

На противагу відкритому доступу, "комерційний доступ" передбачає диференційоване ставлення до клієнтів. Це диференційоване ставлення може бути простим прагненням до прибутку, наприклад, використанням різної еластичності попиту клієнтів, або може здійснюватися з антиконкурентною метою. Оптові мережеві оператори, які пропонують послуги пасивної та активної інфраструктури та проводять опортуністичну комерційну стратегію, є досить поширеними.

Інший підхід до сегментації для оператора — це використання пасивного та активного мережевого обладнання, придбаного на оптовій основі, обмежуючи власне розгортання інфраструктури до необхідного для надання роздрібних послуг (RSP).

Оптові та роздрібні сегменти часто надаються одним оператором. Повністю вертикально інтегрований підхід об'єднує оптовий комерційний доступ і роздрібні послуги. У концентрованих ринках це збільшує потенціал для зловживання ринковою владою. Однак об'єднання таких сегментів може не викликати конкурентних проблем у багатокористувацькому ринку або ефективно регульованому ринку. Багато ініціатив, орієнтованих на державну політику в країнах, що розвиваються, підтримали створення контрольованих державою оптових суб'єктів виключно з відкритим доступом, щоб створити конкуренцію на основі послуг без важкого регулювання. У цьому звіті розглядається низка таких прикладів.

Останній вимір сегментації ринку — це спосіб придбання інфраструктури. Оптові, роздрібні та вертикально інтегровані оператори можуть будувати, орендувати або отримувати свої потужності шляхом обміну.

Вибір сегментації, яку обирає підприємство, може визначатися ринковими можливостями (наприклад, умовами, на яких доступний існуючий сегмент) або юридичними обмеженнями (наприклад, монополією, наданою єдиному постачальнику інфраструктури пасивного доступу).

Відносні переваги або можливості для сегментації залежать від структури ринку. На рисунку 2.1 показано, як різні підходи до сегментації можуть виглядати в контексті різних структур ринку. Хоча це не є вичерпним відображенням усіх можливих ринкових структур, рисунок 2.1 демонструє різноманітність відносин, які можуть розвиватися в результаті ринкових і регуляторних обставин.

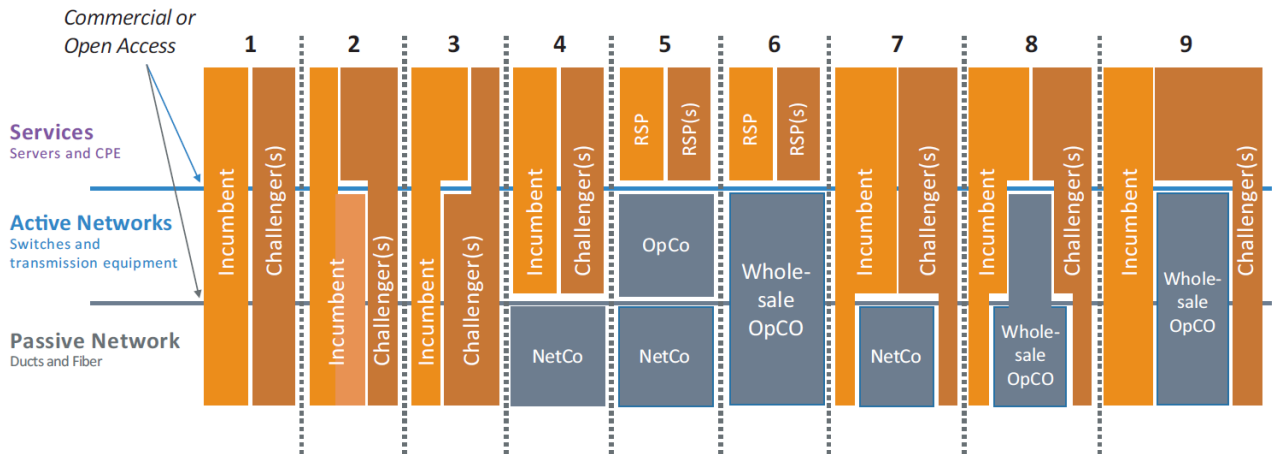


Рисунок 2.1 - Сегментація та структура ринку

Структура ринку 1. Зображує стандартний сценарій конкуренції, заснованої на інфраструктурі, із вертикально інтегрованими домінуючими операторами та новими учасниками. Умови доступу до мережі в цьому випадку не мають значення, оскільки оператори самі забезпечують свої потреби. Такий сценарій часто зустрічається на початкових етапах лібералізації, а також на зрілих етапах у країнах, що розвиваються.

Структура ринку 2. Показує відносини, у яких нові учасники залежать від домінуючого оператора для певних мережевих послуг. Ці послуги можуть бути географічно визначеними (новий учасник використовує послуги домінуючого оператора в районах, де в нього немає мережі) і/або визначеними ієрархією мережі (наприклад, використовуючи власну магістральну мережу, але орендуючи мережу доступу у домінуючого оператора). Якщо інфраструктура домінуючого оператора є вузьким місцем, регулятори можуть запровадити умови відкритого доступу, щоб створити рівні умови для нових учасників.

Структура ринку 3. Спостерігається в ринках, де нові учасники побудували мережі, які перевершують інфраструктуру домінуючих операторів, і можуть надавати їм мережеві послуги. Такий сценарій був типовим у випадках успішної лібералізації, наприклад, із Level 3 у США та Interoute в Європі. У ринках із слабкими державними домінуючими операторами ця структура може розвиватися досить швидко.

Структури ринку 4, 5 і 6. Зображують сценарії, у яких єдиний оператор пасивної мережі (NetCo), єдиний оператор активної мережі (OpCo) або єдиний оптовий постачальник послуг (Wholesale OpCo) обслуговує роздрібних постачальників послуг. Ці структури виникають, коли уряд створює де-юре монополію (наприклад, у Сінгапурі, де ефективно реалізована структура 5) або де-факто монополія виникає в умовах попиту та пропозиції (наприклад, у "білих" або "сірих" зонах за термінологією ЄС). Через монопольний характер таких структур регулятори зазвичай встановлюють певні умови відкритого доступу.

Структури ринку 7, 8 і 9. Демонструють сценарії, у яких оптові мережеві оператори надають послуги ринку на невиключній основі. Постачальники послуг використовують інфраструктуру оптових операторів за необхідності, але також можуть мати власну мережеву інфраструктуру. Якщо уряд не обмежує вхід на ринок, структури 4, 5 і 6 часто еволюціонують у відповідні 7, 8 і 9 унаслідок розвитку інфраструктури та зростання попиту, які змінюють ринкові умови.

Самі по собі жоден із варіантів сегментації ринку не гарантує успіху. Їх ефективність залежить від поточних та змінних умов, які формують структуру ринку. Проте на основі ініціатив або проєктів, розглянутих у цьому звіті, можна зробити кілька спостережень.

У основі будь-якої зі структур, наведених вище, а також численних їх варіантів, лежать ринкові умови, юридичні чи регуляторні можливості, які визначають вибір між орендою, спільним використанням або будівництвом інфраструктури на різних етапах ланцюга створення вартості, як показано на рисунку 3.3.

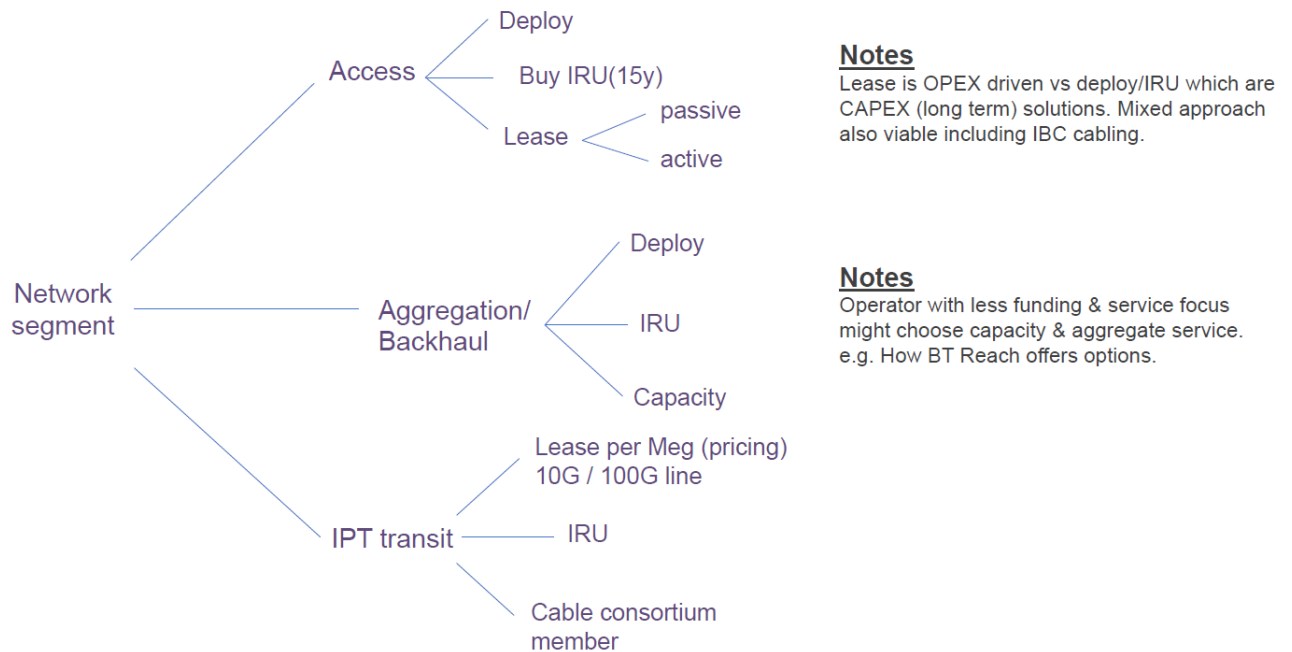


Рисунок 2.2 - Різні способи придбання сегментів мережевої інфраструктури

Стандартною моделлю надання телекомунікаційних послуг є вертикальна інтеграція. Вертикально інтегровані компанії відповідають за розгортання більшості інфраструктури широкосмугового зв'язку у світі. Мобільні оператори з вертикальною інтеграцією (MNO) значною мірою сприяли трансформації середовища ІКТ у країнах, що розвиваються. Проте вони працюють найкраще на ринках, де конкуренція в інфраструктурі усуває домінування на верхніх рівнях і пов'язані з цим ринкові спотворення. Тому вертикальна інтеграція може бути неефективною на ринках із низькою ємністю або в країнах, де регулятори не можуть запобігти антиконкурентній поведінці.

Моделі, орієнтовані лише на оптову торгівлю, незалежно від того, чи це відкритий чи комерційний доступ, можуть бути як успішними, так і ні, з точки зору комерційної вигоди чи державної політики. Наприклад, оптові мережі з відкритим доступом, обмежені пасивною інфраструктурою, частіше зустрічаються там, де обмеження на використання активної інфраструктури компенсуються де-факто або де-юре домінуванням. У таких випадках вони зазвичай не є життєздатними для конкурентного ринку інфраструктури та

небажані, коли ринкові умови дозволяють підтримувати ефективну конкуренцію.

Пасивна інфраструктура, наприклад TowerCos у мобільному секторі, досягла значного успіху завдяки низьким витратам та зміні моделі MNO, коли оператори прагнуть аутсорсити більше мережових функцій для зменшення витрат і зосередження на роздрібній діяльності.

Оптові оператори, які пропонують як активні, так і пасивні продукти, мають кращі бізнес-перспективи, ніж ті, що зосереджуються лише на пасивній інфраструктурі. Є багато прикладів оптових операторів, які успішно працюють на рівні магістральних мереж навіть у нерозвинених ринках. Фіксовані мережі доступу в сільській місцевості зазвичай потребують зовнішньої підтримки для забезпечення платоспроможності.

На ринках із низькою ємністю, де може функціонувати лише одна мережа відкритого доступу, динамічну ефективність можна стимулювати шляхом вимоги розділення активних і пасивних продуктів. Надання постачальникам послуг можливості самостійно забезпечувати активні елементи може змусити оптового оператора знижувати ціни та впроваджувати інновації.

Національна мобільна інфраструктура з відкритим доступом може бути створена державою для забезпечення спільного використання спектра 4G, підвищення конкуренції у сфері широкосмугового доступу та розширення мереж у неохоплених або недостатньо охоплених районах. Приклади, такі як Red Compartida у Мексиці та друга фаза NFON у Руанді, викликали суперечки. З огляду на низькі витрати на розгортання мобільної інфраструктури, держава повинна продемонструвати наявність ринкових невдач, перш ніж втручатися в ініціативу, яка може витіснити приватний сектор.

Хоча останні обговорення моделей, орієнтованих лише на оптову торгівлю, зосереджувалися на мережах відкритого доступу, підхід комерційного доступу був стандартним для ініціатив приватного сектора. У таких випадках оператор, навіть якщо є "нейтральним для перевізників", встановлюватиме ціни відповідно до ринкових умов. Цей підхід виявився успішним у розгортанні

магістральних і транспортних мереж. Успішні оптові оператори з часом починають проникати у вигідні роздрібні сегменти, що може поставити під сумнів їх здатність зберігати недискримінаційні комерційні позиції стосовно конкурентів у роздрібному сегменті.

Нарешті, є багато успішних прикладів у країнах, що розвиваються, де оператори вибірково вирішують, як закуповувати елементи оптової мережі для обслуговування роздрібних клієнтів. Наприклад, Liquid Telecom реалізувала стратегію мінімізації дублювання мереж у своїх регіонах, орендуючи існуючу інфраструктуру, обмінюючись потужностями або здійснюючи поглинання.

Варіанти сегментації ринку, приклади та уроки, викладені та узагальнені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Огляд досвіду отриманого із сегментації ринку

Варіант		Приклади	Уроки, отримані з досвіду
Відкритий доступ на оптовій основі	Пасивний	Oman Broadband Company, OpenNet, Even Telecom, Q.NBN, Est-Win, TowerCos (мобільні пасивні)	Успішні бізнес-кейси виграють від об'єднання попиту конкуруючих клієнтів, що компенсує вузьку спеціалізацію на пасивній інфраструктурі. Однак надання ексклюзивних прав призводить до погіршення результатів.
	Активний + Пасивний	Chorus, Simbanet, Australia NBN, Burundi Backbone System, BoFiNet, Senegal ADIE, Gabon NFON, Lithuanian RAIN, RO-NET, Peru, Європейські PPP мережі, Central African Backbone. Активна і пасивна мобільна інфраструктура: Red Compartida	Значна кількість успішних кейсів, коли фокус на магістральній фіксованій мережі. Невдачі національних фіксованих мереж зазвичай викликані надмірними інвестиціями, відсутністю політичного консенсусу чи серйозними недоліками бізнес-моделі. Мережі доступу в сільській місцевості зазвичай потребують додаткової фінансової підтримки. Дозвіл клієнтам купувати як пасивні, так і активні продукти приносить довгострокові вигоди ринку. Національні мобільні інфраструктури (4G) отримали значно більше критики через сумнівну виправданість ринкових невдач.
Оптовий комерційний доступ			Оскільки це приватні ініціативи, обираються найперспективніші ринки, що підвищує ймовірність успіху. Ці компанії часто переходять у роздрібний сегмент, ставлячи під сумнів нейтральність для операторів.
Роздрібний сегмент		N/A	N/A
Вертикальна інтеграція			Вертикально інтегровані нові мобільні оператори стали механізмом, який спричинив радикальні зміни на телекомунікаційних ринках наприкінці минулого та на початку цього тисячоліття. Однак створення чи посилення домінуючих вертикально інтегрованих структур на слабких ринках є недоцільним.
Змішане будівництво/оренда/обмін			Вертикально інтегровані нові мобільні оператори стали механізмом, який спричинив радикальні зміни на телекомунікаційних ринках наприкінці минулого та на початку цього тисячоліття. Однак створення чи посилення домінуючих вертикально інтегрованих структур на слабких ринках є недоцільним.

2.2 Моделі фінансування

У фінансовому аспекті бізнес-моделі зазвичай передбачають використання кількох підходів. Фінансування телекомунікаційної інфраструктури через приватний капітал або боргові зобов'язання є найпоширенішим варіантом у добре функціонуючих ринках. Проте, коли бізнес-моделі базуються на обмеженій можливості отримання прибутку, приватне фінансування може виявитися проблематичним. У таких випадках роль можуть відігравати уряд і громади, які зазвичай мають інші оцінки ризиків і вимог до прибутковості, ніж приватні інвестори.

Державне фінансування через інвестиції у формі акціонерного капіталу чи боргу спостерігається в більшості проєктів, розглянутих у цьому звіті. Фінансування громади, яке може включати внески місцевих жителів, підприємств і муніципалітетів, відіграє важливу роль у заповненні прогалин у розгортанні мереж доступу в сільській місцевості.

Фінансування від постачальників обладнання може бути ключовим, коли більш вигідні умови надаються разом із придбанням капітального обладнання. Крім того, фінансування від міжнародних фінансових установ (DFI) є важливим на ринках, де капітал будь-якого типу — приватний чи державний — є обмеженим. Таксономія фінансових рішень наведена в таблиці 3.2. Зазвичай для будь-якого проєкту використовується кілька інструментів фінансування.

Таблиця 2.2

Класифікація фінансових рішень

Приватне	Державне	Громадське	Постачальники (Vendor)	Міжнародні фінансові установи (DFI)
• Проектні облігації • Прямі позики • Синдиковані позики • Корпоративні облігації • Субординовані облігації • Лістинг акцій • Некотовані акції • Гранти у межах соціальної відповідальності (CSR)	• Акціонерний капітал • Борговий капітал • Субординовані позики • Мінімальні гарантії • Договори купівлі • Фінансування інфраструктурних облігацій • Проектне фінансування ДПП • Проектне фінансування ДПП	• Громадські облігації • Громадські внески • Акціонерний капітал від абонентів • Фінансування від абонентів	• Фінансування на умовах угоди • Варіант фінансування лізингу • Гарантовані банком позики • Документарні акредитиви	• Фінансування інвестиційних проєктів • Трастові фонди та гранти • Фінансування політики розвитку • Позики та акціонерний капітал для приватного сектору • Синдиковані кредити • Змішане фінансування на пільгових умовах

Як і інші елементи бізнес-моделей, форма фінансування сама по собі зазвичай не визначає успіх чи невдачу підприємства. Однак приватне фінансування зазвичай асоціюється зі швидшим розгортанням. Приватний капітал і боргові домовленості можуть бути розроблені в залежності від конкретного проєкту для задоволення різних потреб потенційних інвесторів, наприклад, стратегічних чи інституційних.

Залучення державного фінансування може накладати додаткові обмеження на дохідність, оскільки умови державної допомоги фактично діють як форма регулювання ставок. Успішні випадки, що включають значне державне

фінансування та/або фінансування від DFI (міжнародних фінансових установ), зазвичай супроводжуються активною участю приватного сектора. Розмежування фінансування та права власності між державними та приватними суб'єктами потребує обережності, щоб уникнути конфлікту інтересів.

Громадське фінансування, природно, має невеликий масштаб і обмежується локальними проєктами.

Фінансування постачальниками часто поєднується з іншими формами фінансування. Випадки, коли використовується лише фінансування постачальника, зазвичай трапляються тоді, коли:

- а) профіль ризику є надто високим для приватного фінансування;
- б) постачальник зацікавлений у демонстрації життєздатності нової технології та готовий брати на себе додаткові ризики.

Резюме отриманих уроків щодо джерел фінансування наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Огляд уроків, отриманих щодо джерел фінансування

Джерело фінансування	Приклади	Уроки, отримані з досвіду
Приватне	Liquid Telecom, CSquared, Even Telecom, Baltic Optical Network, Subsea cables, Madagascar Axian, Philippines NBN; TOP-IX; RUNE	Асоціюється з швидшим розгортанням і більшою прибутковістю. Фінансування може бути адаптоване під роль і профіль ризику/доходності інвестора. Можливі різноманітні комбінації у межах PPP-режимів.
Державне	BoFiNet, Rwanda NBFON, Senegal ADIE, Gabon NFON, Lithuania RAIN, RO-NET, OpenNet/Netlink, Chorus	Успіхи частіше пов'язані з поєднанням державного та приватного фінансування або з моделлю DBO. Може передбачати умови (щодо ціноутворення чи прибутковості), які обмежують дохідність для інвесторів. Потрібна обережність при розмежуванні фінансування та власності, щоб уникнути конфлікту інтересів між державним і приватним секторами.
Громадське	LeverettNet, iProvo, Endaga, Rhizomatica, Isizwe	Обмежене, але часто важливе джерело для ініціатив на останній милі.
Фінансування постачальниками	Senegal ADIE, Village Telco, Kalo	Найкраще використовувати як частину ширшої фінансової стратегії. Випадки лише фінансування постачальниками зазвичай обмежуються проєктами типу "доказ концепції"
Міжнародні фінансові установи (DFI)	Gambia ECOWAN, Central African Backbone	Поєднання DFI з приватним фінансуванням може суттєво підвищити ймовірність успіху.

2.3 Аналіз стратегій управління та експлуатації

Варіанти управління та експлуатації варіюються залежно від умов. У розвинених ринках інфраструктура зазвичай проектується, будується, експлуатується та належить приватному сектору. У випадках масштабного розгортання, що охоплює кілька ринків, часто створюється приватний консорціум. Приватна інфраструктура може керуватися різними способами, наприклад, будівництво та експлуатацію можуть здійснювати різні комерційні суб'єкти.

На слабких ринках може бути необхідною певна форма державної участі. Один із підходів — це управління інфраструктурою державою як громадською послугою, хоча за відсутності стимулів до отримання прибутку це часто призводить до слабких фінансових результатів. Підхід державного управління та експлуатації (DBO) є крайнім прикладом державного втручання. У деяких випадках, коли приватний капітал і технічні можливості є дуже обмеженими, майже немає іншого вибору, окрім як покладатися на значну участь держави.

Інший варіант — спільне управління з приватним сектором, яке ефективно контролюється через контракт, лізинг, концесію або спеціально створену компанію (SPV) з державною власністю.

Моделі контрактів, оренди чи концесій передбачають, що держава передає (у різному ступені) контроль над управлінням приватному підряднику.

1) У разі договору на обслуговування чи управління (operate and maintain contract) держава оплачує підряднику експлуатацію існуючої інфраструктури (або надання певних послуг у межах загальної експлуатації інфраструктури).

2) За умов оренди держава фінансує будівництво всієї мережі, яка потім передається приватному підряднику на умовах оренди з визначеним терміном. Операційні витрати несе підрядник, який також отримує доходи від оптових послуг. У свою чергу, підрядник сплачує державі орендну плату, а власником активів залишається держава.

3) У разі концесії приватний підрядник може самостійно фінансувати будівництво інфраструктури.

Модель спеціально створеної компанії (SPV) — це повністю інтегрована співпраця між різними державними і приватними сторонами, які створили нове спільне підприємство. Управління, власність і фінансування розподіляються між державними та приватними структурами.

Ролі державного і приватного секторів можуть змінюватися з часом. Наприклад, спочатку держава може виконувати функції проектування, будівництва та експлуатації, поки ринкова можливість не стане зрозумілою, після чого об'єкт може бути комерціалізований. Навпаки, приватний сектор може спочатку побудувати й експлуатувати мережу, а потім передати її державі.

Прикладом цього є ініціатива Тонга з підводного кабелю, де держава ініціювала та контролювала будівництво кабелю і управляла компанією протягом перших кількох років, поки у 2017 році вона не була приватизована.

Приватне управління та експлуатація зазвичай виявляються найефективнішими: Розгортання проєктів проходить швидше, а прибутковість є вищою. Державне управління завжди супроводжується державним фінансуванням і володінням, оскільки приватний сектор і навіть міжнародні фінансові установи (DFI) зазвичай уникають співпраці з державними організаціями. Через те, що держава фінансує, управляє та володіє мережею, усі фінансові, операційні та комерційні ризики лягають на уряд. Існує довгий список державних DBO-проєктів, які зіткнулися зі серйозними проблемами в реалізації, зокрема Gambia ECOWAN, Senegal ADIE, Q.NBN у Катарі та NBN в Австралії.

Для того щоб модель державного управління була успішною на національному рівні, може знадобитися незвичайний рівень політичної єдності, міжурядової координації та використання синергії, наприклад, залучення інших державних комунальних служб для підтримки створення нової мережі та зниження витрат на її розгортання. Це вдалося зробити у випадку з Oman Broadband Company. У Литві проєкт RAIN отримав переваги від високого рівня технічної компетенції в міністерстві, чого часто бракує урядам у країнах, що

розвиваються, зі скромним кадровим потенціалом у цій сфері. Оман і Литва можуть вважатися винятками, які підтверджують правило на користь приватного управління для розгортання інфраструктури в країнах, що розвиваються.

У випадках, коли необхідна участь держави в управлінні розгортанням та експлуатацією інфраструктури, ініціативи виграють від залучення експертизи та ресурсів приватного сектора через лізинг, концесії або моделі державно-приватного партнерства (PPP) із використанням SPV.

Резюме уроків, отриманих щодо варіантів управління, наведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Огляд уроків, отриманих щодо варіантів управління

Варіант	Приклади	Отримані уроки
Приватна компанія	Philippines NBN, Ufinet, Interoute, Liquid Telecom	Асоціюється з швидшим розгортанням та більшою прибутковістю.
Приватний консорціум	Subsea Cables (за винятком MainOne), WIOCC, Baltic Optic Network, JADI	Особливо корисно у багатокраїнових транскордонних проєктах, де важливе залучення міжнародних партнерів.
Державне управління	Gambia ECOWAN, Senegal ADIE, Rwandan NBFON, Q.NBN, Oman Broadband Company (OBC), Lithuanian RAIN, Australian NBN, Tonga Submarine	Більшість випадків не виправдали очікувань.
Оренда/концесія	Red Compartida, Simbanet VLS, Peru National Backbone, Gabon NFON, Lithuanian RAIN, Chorus UFB, RO-NET	Приватний сектор краще експлуатує та управляє комерційною мережею.
SPV (спеціально створена компанія)	Liberia ACE, Central African Backbone, Burundi Backbone System	Змішана власність і управління показали успіх в умовах обмеженого капіталу.

2.4 Основні джерела генерації прибутку

Підхід до генерації доходу формує четвертий елемент бізнес-моделі. Якщо ринок достатньо активний, стандартне ціноутворення на основі обсягу чи використання може бути достатнім для досягнення бізнес-цілей. Однак ціноутворення в сфері телекомунікацій давно характеризується схемами, спрямованими на залучення споживачів з низьким рівнем використання чи високими витратами в межах мережі.

Дворівневе ціноутворення (субсидоване ціноутворення доступу, поєднане з прибутковим використанням) є традиційним ринковим рішенням цієї проблеми. Також регулювання у цьому секторі часто вимагає усереднення цін. Для великих інфраструктурних проєктів або у випадках, коли залучення користувачів може затягнутися, можуть знадобитися додаткові інновації у сфері доходів. Наприклад, авансові платежі є стандартною практикою для підводних кабелів. Якщо планується надання державних послуг, обсяги зобов'язань уряду або авансові платежі можуть стати ще одним рішенням чи частиною комплексу рішень.

Проте у певний момент вищі витрати та/або менш заможний попит роблять внутрішні рішення щодо доходів недостатніми. У таких випадках типовою відповіддю є субсидії доходів. Субсидії можуть бути як періодичними грантами чи звільненнями від платежів (наприклад, податкові канікули), наданими постачальнику послуг, так і спрямованими на стимулювання попиту через ваучери для споживачів.

1. Нарешті, в деяких спільнотах на ринках, що розвиваються, існують менш традиційні підходи:

2. Постачальники послуг вимагають мінімальної покупки конкретного контенту;

3. Рішення для двосторонніх ринків, де, наприклад, кінцевий користувач переглядає рекламу під час використання послуги, а реклама сприяє фінансуванню впровадження інфраструктури;

4. Приватні актори, які прагнуть досягнення «подвійної мети», фактично субсидують операції без наміру компенсувати збитки від прибутковості послуги (навіть у довгостроковій перспективі). Натомість вони очікують створення вартості через бренд чи у непов'язаних ринках.

Більшість інфраструктурних проєктів використовують традиційну модель, яка базується на оплаті за доступ та використання послуг, як основне джерело доходів. Авансові платежі забезпечують необхідний стартовий фінансовий потік і допомагають зменшити ризики на етапі запуску великих проєктів. Участь держави, зокрема попередня оплата, часто відіграє важливу роль у реалізації масштабних проєктів національного рівня, однак її значущість залежить від рівня залучення уряду до використання створеної мережі.

Субсидії постачальникам послуг варто надавати у межах тендерних процедур, щоб обрати найбільш економічно ефективного виконавця. Водночас, надмірні субсидії можуть спричинити неефективне використання ресурсів, тому їх обсяг має бути чітко регламентованим. Економічна доцільність передбачає, що субсидії краще спрямовувати безпосередньо кінцевим споживачам, адже саме їхній попит має визначати розподіл ресурсів. Такий підхід особливо актуальний в умовах конкуренції між різними постачальниками послуг.

Коли йдеться про спільнотні мережі з мінімальними витратами на створення, відкриваються нові можливості для отримання доходів. Це, у свою чергу, розширює перспективи забезпечення інфраструктурою малозабезпечених регіонів, створюючи умови для їхнього розвитку.

Таблиця 2.5

Огляд досвіду отриманого щодо генерації доходів

Опції	Приклади	Висновки
Магістралі і використання	Підводні кабелі, Балтійська оптична мережа, Liquid Telecom, Interoute, JADI, RCN, Ufinet, WIOCC, Gambia ECOWAN	Стандартне ціноутворення для інфраструктурних послуг забезпечує стабільність доходів.
Авансові платежі	Liberia ACE, підводні кабелі	Альтернатива грантам на капітальні витрати (CapEx), знижує ризики запуску проєкту, забезпечуючи початковий фінансовий потік.
Державні контракти	Simbanet, BoFiNet	Можуть мінімізувати ризики доходів, але обмежені можливостями уряду використовувати мережу або його бюджетом.
Субсидії	Для постачальників: Germany Länder, Chorus UFB, Rhizomatica	Найефективніше реалізуються через тендер або як фіксована сума. Постійні субсидії можуть стимулювати неефективність. Субсидії попиту, наприклад ваучери, є економічно вигіднішими.
Контентні/ Двосторонні/ Подвійні моделі доходів	Для споживачів: Airband, Sugarnet	Використовуються рідко, зазвичай у проєктах останньої милі. Зосереджені на створенні очевидної користі для кінцевих користувачів.

3 МОДЕЛІ БІЗНЕСУ ДЛЯ ТРАНСКОРДОННИХ І НАЦІОНАЛЬНИХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ

Транскордонна інфраструктура визначається як підключення, встановлене між національними мережами двох або більше країн. У цьому розділі розглядаються підводні та наземні волоконно-оптичні кабелі. Традиційні супутникові технології та транскордонні мікрохвильові системи тут не розглядаються, оскільки ці варіанти з низькою пропускнуою здатністю не вважаються ефективними замінами волоконно-оптичним кабелям і наразі є другорядними варіантами для розгортання широкосмугових послуг.

3.1 Підводні транскордонні проєкти

Підводні проєкти можна розглядати як альтернативу наземним з'єднанням, які є привабливими завдяки нижчій вартості покриття дуже великих відстаней. Наприклад, нещодавно запущений проєкт SEA-ME-WE-5, зображений на рисунку 3.1, демонструє цей підхід.



Рисунок 3.1 - Маршрут SEA-ME-WE 5

Наземний еквівалент з'єднання між Мелака (Малайзія) та Тулоном (Франція) мав би пройти через понад 20 країн, що зіткнулося б із високими

витратами на будівництво і різноманітними місцевими ринковими обмеженнями в кожній юрисдикції. Натомість підводний маршрут може простягатися від Малайзії до Франції майже виключно через міжнародні води, за винятком перетину Єгипту. Як наслідок, прокладання наземного кабелю виявляється значно дорожчим порівняно з підводним, для забезпечення аналогічної пропускної здатності.

Після визначення маршруту ініціатори зазвичай прагнуть залучити представників країн уздовж шляху, маючи кілька цілей:

- Максимізація кількості точок підключення, що розширює бізнес-можливості;
- Створення резервних маршрутів, що підвищує надійність;
- Зменшення витрат на володіння інфраструктурою;
- Полегшення перетину територіальних вод, які неможливо уникнути.

Окрім невеликої кількості вузьких приватних проєктів, таких як MainOne, підводні кабелі зазвичай фінансуються, реалізуються та управляються великими консорціумами. Історично склалося так, що така форма співпраці дозволяла національним телекомунікаційним мережам створювати спільну платформу для забезпечення міжнародного зв'язку з нижчою вартістю і вищою якістю передачі голосу та даних. Останнім часом до існуючих консорціумів також приєдналися нові приватні оператори та групи. Вони прагнуть або отримати міжнародну пропускну здатність для своїх власних операцій (наприклад, MTN у Західноафриканській кабельній системі, WACS), або запропонувати конкурентоспроможні оптові рішення іншим (наприклад, TTCL у Східноафриканській підводній системі, EASSy).

Капітальні витрати у таких проєктах повністю покриваються членами консорціуму згідно з їхньою угодою про будівництво і технічне обслуговування (Construction and Maintenance Agreement, C&MA). Кожному члену виділяється певний обсяг пропускної здатності, визначений як Мінімальні інвестиційні одиниці (Minimum Investment Units, MIUs) або Мінімальні одиниці призначення (Minimum Assignable Unit, MAUs), відповідно до їхнього фінансового внеску.

У деяких випадках члени консорціуму класифікуються за рівнями (А, В, С, D, або Е) і отримують погоджену знижку. Таблиця 3.1 демонструє приклад структурування знижок, яке заохочує залучення більшої кількості учасників і максимізує їхній вклад та активну участь.

Таблиця 3.1

Приклад структури рівнів консорціуму

Рівень	Початкові інвестиції (\$ мільйонів)	Ціновий коефіцієнт	Вартість за STM1 від кінця до кінця (\$ тисяч)
Tier A	> 50	1.0	214
Tier B	40–50	1.2	256
Tier C	30–40	1.4	299
Tier D	15–30	1.7	363
Tier E	< 15	2.0	428

Як показано в таблиці 3.1, вартість одиниці пропускної здатності для учасника рівня С буде в 1,4 рази вищою, ніж для учасника рівня А. Цей принцип також може стимулювати дрібніші сторони об'єднуватися, щоб представити одного учасника високого рівня, отримуючи доступ до дешевшої пропускної здатності.

Для типового консорціуму, окрім початкових інвестицій, кожен оператор бере участь у покритті витрат на експлуатацію та технічне обслуговування (O&M), згідно зі своєю часткою у кабелі.

Кожен оператор може активувати свої виділені MIUs/MAUs на запит до центрального офісу консорціуму. Це неминуче включає використання деяких послуг, які надаються на станціях підключення, що веде до додаткових орендних платежів, заздалегідь узгоджених у рамках C&MA.

Станції підключення зазвичай не включаються у загальні інвестиції в кабель. Партнери підключення (як правило, але не завжди, члени консорціуму) покривають витрати на будівництво та експлуатацію станцій. Ці витрати компенсуються консорціумом або одноразовим платежем на дату готовності до експлуатації (RFS), або протягом терміну служби кабелю шляхом щомісячних внесків від кожного підключеного оператора.

Консорціум зазвичай створює спеціальний внутрішній комітет або підрозділ, відповідальний за фінансову сторону розгортання кабелю, і впроваджує складний механізм для забезпечення повного повернення інвестицій від партнерів підключення.

Нарешті, консорціум рідко виконує функцію фінансування і зазвичай не може брати на себе боргові зобов'язання. Таким чином, члени консорціуму повинні окремо шукати фінансування, якщо це необхідно.

Основні канали фінансування для проєктів підводних кабелів:

1. Фінансування проєкту від міжнародних фінансових інститутів (DFIs), державних агентств експортного кредитування або звичайних банків.
2. Фінансування від постачальників, яке передбачає короткострокові сприятливі умови оплати за довгостроковими кредитами, гарантованими фінансовими установами постачальників.
3. Документарні кредити, які є борговими зобов'язаннями, наданими банком або фінансовою установою виключно для придбання конкретного товару, з оплатою безпосередньо постачальнику.
4. Авансові платежі від продажів до дати готовності до експлуатації (pre-RFS) та продажів з невідчужуваними правами користування (IRU), які зменшують потребу в іншому фінансуванні.

Контрприкладом типового консорціумного підходу до проєктів підводних кабелів є компанія MainOne, яка забезпечує з'єднання між Західною Африкою та Європою. MainOne почала свою діяльність як відносно невеликий оператор, що надавав послуги зв'язку для провайдерів у Гані та Нігерії. Компанія компенсувала свій малий масштаб завдяки впровадженню низки ефективних елементів бізнес-моделі. Наприклад:

Значні частини розгортання було аутсорсовано спеціалізованим партнерам.

Фінансування було отримано на сприятливих умовах через Панафриканський фонд розвитку інфраструктури.

Для збільшення масштабу MainOne реалізувала стратегію роботи з іншими сегментами, надаючи міські волоконно-оптичні послуги в Нігерії та Гані, а також послуги дата-центрів, хмарних технологій і керованої безпеки.

Ключовим чинником, що визначає цінність підводного кабелю для національних економік, є реалізація вузла підключення кабелю. Були численні випадки, коли потенціал підводного кабелю не був повністю реалізований через монополізацію вузла підключення вертикально інтегрованим національним оператором.

Одним із значних інноваційних рішень, реалізованих уздовж кабелю ACE (наприклад, у Ліберії, Сан-Томе і Принсіпі, Гамбії тощо), стало створення SPV (Special Purpose Vehicle) із фінансовою участю приватного та державного секторів. Ці SPV мали завдання забезпечити доступ до потужностей підводного кабелю для всіх провайдерів на основі відкритого доступу. Державну участь часто підтримували сприятливі умови фінансування від Світового банку.

Такі SPV зазвичай не мають стимулів для антиконкурентної поведінки, що сприяє повнішій реалізації переваг підводного кабелю для внутрішніх ринків.

Схожі проєкти були реалізовані в Тихоокеанському регіоні, наприклад, у Тонга, де державно-приватні партнерства забезпечують зв'язок із більшими системами підводних кабелів, такими як Southern Crossing. Ці компанії з підводного зв'язку надають місцевим провайдерам відкритий доступ до міжнародних мереж за розумними тарифами.

Участь міжнародних фінансових установ (DFI) була вирішальною для таких проєктів через високі початкові витрати та невизначений попит. Ці інституції допомогли знизити фінансові ризики, сприяючи розвитку інфраструктури зв'язку в регіонах із обмеженим доступом до сучасних технологій.

3.2 Наземні транскордонні проєкти

Хоча підводні проєкти спрямовані на вирішення проблем довготривалих транскордонних витрат завдяки дешевшому розгортанню, наземні транскордонні проєкти зазвичай мають інший концептуальний підхід. Ці проєкти часто виглядають як серія двосторонніх ініціатив із взаємоз'єднання. Зокрема, ініціативи базуються на:

1. органічному зростанні невеликого гравця, що виходить на міжнародний рівень (наприклад, Liquid Telecom, Interoute, і Ufinet);
2. взаємоз'єднанні різних незалежних мереж у декількох країнах (наприклад, Baltic Optical Network, JADI, RCN, транскордонний WIOCC);
3. великих проєктах розвитку, що фінансуються фондами, з регіональним охопленням (наприклад, Central Africa Backbone).

У випадку розширення малого гравця приватний оператор може почати або з національної мережевої ініціативи (наприклад, Liquid Telecom в Африці), або з самого початку з наміром створення транскордонного зв'язку (наприклад, Interoute в Європі).

Liquid Telecom, який розпочав свою діяльність у Зімбабве, протягом перших 10 років залишався національною мережею. Досягнувши певного рівня зрілості та фінансової стабільності, Liquid (тоді відомий як Econet) почав шукати можливості зростання в сусідніх країнах і ініціював міжнародну експансію через придбання, з метою підвищення вартості, використання досвіду і виходу на нові території.

Історія Interoute була складною, оскільки компанія з'явилася в період лібералізації ринку в Європі. Вона постраждала від обвалу телекомунікаційного ринку та надлишку потужностей на початку 2000-х років, але зберегла свої амбіції з'єднати всі основні ділові центри Європи, пропонуючи нейтральні транскордонні оптові та корпоративні послуги.

Міжнародне зростання такого типу зазвичай відбувається через придбання операторів в інших країнах або через отримання ліцензій на нових ринках. Як

результат, такі великі транскордонні наземні оператори зазвичай мають складні фінансові стратегії та оптимізовані податкові структури.

Ufinet розширила свою діяльність подібно до Liquid Telecom і Interoute, але зосередилася переважно на телекомунікаційних активах, пов'язаних із газовими та енергетичними компаніями. Ufinet виникла внаслідок комерціалізації телекомунікаційних активів іспанської газової компанії Union Fenosa. Пізніше компанія розширила свою діяльність у Центральній Америці через придбання та нові інвестиції у волоконно-оптичні мережі. Ufinet позиціонує себе як нейтральний оператор основних і транскордонних мереж і успішно скористалася можливостями, створеними лібералізацією ринку

Великі транскордонні мережі часто формуються шляхом з'єднання різних існуючих національних мереж.

Два проєкти на Близькому Сході — кабель Jeddah-Amman-Damascus-Istanbul (JADI) і Regional Cable Network (що з'єднує ОАЕ, Саудівську Аравію, Сирію, Йорданію і Туреччину) — були створені для вирішення проблем вузьких місць у транскордонному зв'язку в регіоні

Балтійська волоконно-оптична мережа — це об'єднання телекомунікаційних мереж енергетичних компаній трьох балтійських країн: Естонії, Латвії та Литви. Ця мережа є альянсом, а не комерційною організацією. Вона знайшла ринкову можливість надавати послуги клієнтам за межами своїх кордонів, щоб краще конкурувати з традиційними телекомунікаційними гравцями

WIOCC є прикладом досягнення регіональної синергії та масштабу через консорціум. Як згадувалося раніше, 14 невеликих операторів (приватних і державних) створили консорціум, здатний отримати більшу частку EASSy, WACS і Europe India Gateway (EIG). Їхня співпраця сприяла наземному розширенню, і зараз WIOCC управляє основною мережею, що простягається від Південної Африки до Кенії.

Третій тип наземних транскордонних мереж зазвичай ініціюється і фінансується DFIs (Міжнародними фінансовими інституціями). Зазвичай такі

проекти мають економічно не вигідні умови і можливі лише за ініціативи DFI. Такі проекти несуть високий фінансовий ризик і мало приваблюють типових інвесторів. Тому їх слід розглядати в контексті спроби отримати ширші економічні вигоди, а не як ринкові ініціативи.

Central Africa Backbone є прикладом такого проекту, в якому Світовий банк намагався забезпечити волоконно-оптичний зв'язок для найбідніших країн світу. Магістральний кабель проходить від Чаду до Демократичної Республіки Конго і, після завершення у 2019 році, потребував понад 10 років для реалізації, головним чином через фінансові труднощі.

Великі проекти, фінансовані фондами розвитку, зазвичай будуються з нуля. Співпраця з виробниками обладнання є поширеною практикою, оскільки це служить флагманським проектом для постачальника, дозволяючи отримати привабливе фінансування, що знижує ризик для ініціатора DFI.

Таблиця 3.2 узагальнює основні характеристики бізнес-моделей цих транскордонних ініціатив. Хоча, як зазначалося вище, є певні відмінності, бізнес-моделі на цьому рівні ланцюга створення вартості інфраструктури є досить уніфікованими. Проте, спускаючись до останньої милі, виклики стають складнішими, а бізнес-моделі — більш різноманітними та інноваційними.

Таблиця 3.2

Бізнес-моделі в обстежених транскордонних мережах

Проект/ Кейс	Сегментація	Фінансування	Управління	Генерація доходів
EASSy	Оптовий комерційний доступ до підводного кабелю	Консорціум, DFI	Консорціум	Традиційна, обсягове зобов'язання
MainOne	Оптовий комерційний доступ, нейтральний оператор	Приватний і державний	Приватний	Традиційна, обсягове зобов'язання
WACS	Оптовий комерційний доступ до підводного кабелю	Консорціум	Консорціум	Традиційна, обсягове зобов'язання
Liberia ACE Landing	Оптовий відкритий доступ через станцію підключення	Приватний, державний, DFI	SPV	Традиційна, обсягове зобов'язання
Tonga Subsea Cable	Оптовий відкритий доступ до підводного кабелю та станції	Державний, DFI	Спочатку державний, зараз приватний	Традиційна
Liquid Telecom	Оптовий комерційний доступ, нейтральний оператор	Приватний	Приватний	Традиційна
WIOCC	Оптовий комерційний доступ через наземні транскордонні мережі	Приватний	Приватний	Традиційна
Interoute	Оптовий комерційний доступ, нейтральний оператор	Приватний	Приватний	Традиційна
Central Africa Backbone	Оптовий відкритий доступ	DFI, державний	Державно-приватне партнерство (PPP)	Традиційна, субсидії
JADI	Оптовий комерційний доступ через наземні транскордонні мережі	Приватний	Приватний	Традиційна, обсягове зобов'язання
BON	Оптовий комерційний доступ, нейтральний оператор	Приватний	Приватний	Традиційна

3.3 Національні проекти магістральних мереж

Національна магістральна мережа — це сукупність високошвидкісних з'єднань і вузлів, які об'єднують регіональні та локальні мережі по всій країні. Ці з'єднання забезпечують агрегацію та маршрутизацію трафіку між регіональними і локальними мережами, а також із міжнародними ринками.

У країнах із достатнім обсягом трафіку та конкуренцією може існувати більше однієї магістральної мережі, яка поширюється на великі та малі міста. У таких умовах обсяг трафіку достатньо великий, щоб виправдати паралельні інвестиції в магістральні мережі, і конкуруючі оператори, які мають доступні мережі, зазвичай мають власні магістральні мережі.

У менш розвинених країнах зазвичай існує лише одна національна магістральна мережа, часто з обмеженим охопленням. Інвестиції в мережі доступу породжують додаткові потреби в магістральній пропускній здатності, так само, як побудова магістральних об'єктів може сприяти розвитку мереж доступу. За останні два десятиліття політики в країнах, що розвиваються, часто сприяли створенню національних магістральних мереж, щоб позбавити провайдерів мереж доступу додаткових витрат, пов'язаних із підключенням різних локальних мереж. Ці додаткові витрати можуть включати:

а) необхідність платити домінуючому оператору за існуючі магістральні об'єкти за цінами, які можуть не відповідати витратам;

б) будівництво власних об'єктів для транспортування, що може становити невелику частку загального національного трафіку магістралі.

Цей розділ досліджує бізнес-моделі, які використовувалися для розгортання таких магістралей у випадках, коли домінуючий провайдер не пропонував розумних умов доступу або коли відповідна інфраструктура просто була відсутня.

Хоча існують альтернативи волоконно-оптичним кабелям, такі як мікрохвильові з'єднання та супутниковий зв'язок, вони не виявилися

реалістичними для передачі даних у широкосмугових мережах. Традиційний супутниковий зв'язок повільний і вразливий до кліматичних умов. Нові супутникові технології в контексті останньої милі розглядаються в розділі 5. Мікрохвильові з'єднання часто використовуються для менш завантажених маршрутів, але зазвичай не підходять для високошвидкісних магістральних вимог.

У міру переходу від транскордонного підключення до національних магістралей економіка розгортання мереж стає більш проблематичною. У країнах, що розвиваються, можуть бути регіони, які навіть при агрегації не генерують обсягів трафіку, достатніх для переконання приватних інвесторів. Тому не дивно, що в цьому просторі з'являється ширший спектр бізнес-моделей, оскільки учасники шукають більш креативні способи виправдати інвестиції (див. рисунок 4.5).

У Ботсвані зусилля щодо розширення та модернізації національної магістральної мережі почалися з реструктуризації державної компанії Botswana Telecommunications Corporation (BTC) напередодні її приватизації. Уряд мав дві основні цілі:

1. Зберегти те, що вважалося стратегічним національним активом, у державних руках.
2. Зменшити ринкову владу домінуючого оператора, пов'язану з його вертикальною монополією у секторі.

Для цього міжнародна підключеність до кабелів EASSy та WACS, а також національні магістральні активи BTC були передані BoFiNet до виходу BTC на публічний ринок. Це рішення стало компромісом між бажанням приватизувати домінуючого оператора та прагненням уряду зберегти певні стратегічні активи під контролем держави. BoFiNet працює на основі відкритого доступу.

Габон обрав інший шлях: залучення міжнародної компанії для побудови та управління Національною волоконно-оптичною мережею. Уряд витратив близько 60 мільйонів доларів на будівництво мережі, зберігши активи у власності держави. Французька компанія Axione була залучена як партнер для

управління мережею за семирічним контрактом середньострокової дії. Держава покриває капітальні витрати (CAPEX), тоді як оператор відповідає лише за експлуатаційні витрати (OPEX). Станом на 2017 рік станція підключення працює успішно, але магістральна мережа, що з'єднує понад 20 міст і сіл, перебуває на стадії тестування. Послуги включатимуть магістральний транспорт, оренду темного волокна, розміщення обладнання та транзитні послуги для мобільних операторів і провайдерів Інтернету на умовах відкритого доступу.

За підтримки Світового банку уряд Малаві провів тендер на укладення 10-річного контракту на проектування, будівництво та управління національною магістральною мережею. SimbaNET проклала 900 км волоконно-оптичних кабелів і створила віртуальну станцію підключення у країні, яка не має виходу до моря. Ця станція включає центр операцій мережі (NOC), який взаємодіє із підводними кабелями TEAMS, EASSy, SEACOM і WACS через Танзанію та Замбію. Уряд забезпечив гарантований мінімальний рівень продажів, щоб покращити бізнес-модель. SimbaNET зобов'язана надавати послуги на умовах відкритого доступу.

Проект RAIN схожий на VoFiNet: держава зберігає власність і управління мережею через Міністерство транспорту та зв'язку. Державна компанія Placiajuostis internetas керує мережею, але експлуатаційне обслуговування передано приватним підрядникам. Ціни встановлюються на рівні, що забезпечує однакову доступність послуг у сільській місцевості та в містах. Державна допомога фінансується через Європейський фонд регіонального розвитку (ERDF) та національний бюджет Литви.

Національний оператор Telma був приватизований у 2004 році та став частиною групи Axian, яка побудувала 8800 км волоконно-оптичних кабелів. Крім того, Axian управляє телекомунікаційними вежами через TowerCo of Madagascar. У партнерстві з іншими компаніями Telma отримала субсидії для будівництва веж у віддалених районах, які забезпечать послуги понад двом мільйонам нових абонентів.

Компанія Southern Telecom використала положення Закону про телекомунікації 1996 року для надання послуг громадським і приватним провайдерам. Компанія також забезпечує приватні мобільні мережі для клієнтів у віддалених районах.

Філіппіни мають кілька національних магістральних мереж: PLDT, Globe Telecom та NGCP. Уряд зосереджується на розвитку мереж середнього та останнього етапу, зокрема з'єднанні магістральних мереж для покращення доступу у важкодоступних регіонах.

Обмежені успіхи:

Гамбія: ECOWAN, фінансована Ісламським банком розвитку, мала забезпечити недорогий відкритий доступ, але через високу вартість та низьку якість послуг мережа залишається недовантаженою.

Сенегал: Державна мережа, призначена для урядових установ, страждає від недостатнього обслуговування і залежить від субсидій.

Бурунді: Проєкт BBS, що фінансувався консорціумом операторів і урядом за підтримки Світового банку, зіткнувся з фінансовими проблемами через невиконання зобов'язань деякими учасниками.

Уряд Руанди уклав угоду з Korea Telecom, яка побудувала 2300 км волоконно-оптичної мережі. Мережа забезпечує доступ до міжнародних кабелів і пропонує послуги на основі відкритого доступу. Однак монополія КТ на 4G LTE викликала суперечки з місцевими операторами, які віддають перевагу розвитку власних мереж.

Державна компанія Broadband InfraCo, попри перевагу існуючої інфраструктури, зіткнулася з труднощами через політизацію та конкуренцію на ринку.

.

4 БІЗНЕС-МОДЕЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СЕРЕДНЬОЇ ТА ОСТАННЬОЇ МИЛІ

Цей розділ зосереджується на розгортанні інфраструктури для економічно недоцільних регіонів, які потребують іншого підходу в порівнянні з традиційними інвестиціями, що керуються ринковими механізмами. У ньому розглядаються бізнес-моделі та/або унікальні технології, які можуть знизити або компенсувати відносно високу вартість підключень.

4.1 Фіксовані мережі доступу

Обслуговування сільських районів широкосмуговими технологіями завжди було викликом, особливо на ранніх етапах впровадження, коли основною проблемою є високі витрати. У сільській місцевості розкидане розташування будинків збільшує вартість розгортання мережі на кожного користувача.

Два основних чинники, які впливають на вартість розгортання фіксованого широкосмугового доступу:

1. Середня фронтальна відстань будинку (відстань від будинку до головної дороги або основної магістралі).
2. Рівень підключення (частка підключених користувачів у даному регіоні).

Зазвичай у сільській місцевості фронтальна відстань більша, а рівень підключення нижчий через менший попит з боку менш заможних споживачів. Це значно збільшує одиничні витрати. Це стосується всіх фіксованих дротових технологій, таких як волокно, коаксіал або навіть мідь, хоча мідь може мати перевагу, якщо вона вже була встановлена для надання послуг традиційної телефонної мережі (PSTN).

Проте волоконно-оптичне підключення до приміщення (FTTH) вважається «технологією майбутнього» завдяки своїй пропускній здатності, яка досягає

рівня петабіт на секунду (Pbit/s). З великою ймовірністю ця технологія не буде перевершена навіть такими новими рішеннями, як 5G.

Прокладання FTTH у сільській місцевості було рідкісним через високу вартість. Фронтальні відстані в сільських районах є більшими, що збільшує витрати на прокладання кабелю на будинок як для земляних робіт, так і для кабелів.

Втім, у сільській місцевості можливо прокладати волокно на існуючих опорах (наприклад, для електромереж), що значно знижує витрати. У деяких сільських селах, де будинки розташовані досить щільно, витрати можуть бути порівняними з міськими. Однак, волокно до останньої милі має сенс лише за умови наявності волокна на середній милі чи магістралі, що може бути основною перешкодою через високі витрати на ці сегменти.

Коаксіальний кабель, що використовує стандарт DOCSIS, зазвичай використовується кабельними операторами для надання послуг телебачення та широкосмугового доступу. Встановлення таких мереж у сільській місцевості зазвичай має аналогічну вартість, як і FTTH, через схожі вимоги до інфраструктури.

Переваги коаксіалу:

1. Більш зручний для використання на опорах.
2. Може забезпечувати пропускну здатність понад 1 Гбіт/с.

Однак коаксіал має певні недоліки:

1. Менша довговічність порівняно з волокном.
2. Обмеження технології на високих частотах.

Коаксіал виправданий у випадках модернізації існуючих мереж, але менш ефективний для нових проектів.

Технологія VDSL є популярним вибором для операторів, які вже розгорнули мідні кабелі для надання телефонних послуг. У цьому випадку вуличні шафи обладнуються новими платами VDSL, а волокно прокладається до цих шаф (FTTC).

Особливості VDSL:

1. Підходить для коричневих зон, де мідні кабелі вже присутні.

2. Пропускна здатність зазвичай становить близько 40 Мбіт/с, але може бути збільшена за допомогою нових технологій (наприклад, G.fast), що потребують скорочення довжини лінії до кількох сотень метрів.

VDSL використовується у сільській місцевості, але часто потребує державних субсидій. Наприклад, ініціатива Broadband Delivery UK (BDUK) використовувала VDSL для забезпечення доступу в сільських районах.

У рамках цього дослідження було розглянуто 12 мереж фіксованого широкосмугового доступу. Основні висновки:

Приватні моделі управління зазвичай є ефективнішими, ніж державні.

Приклади державного управління, такі як NBN (Австралія), Burlington Telecom, iProvo і Q.NBN, показали низьку ефективність.

Успішні державні проекти, такі як LeverettNet і France Limousin, продемонстрували переваги за умови концесій чи аутсорсингу.

У сільських мережах, таких як France Limousin, Польські сільські мережі, Німецька програма Länder та RUNE, зазвичай потрібні субсидії для подолання фінансових розривів.

Таблиця 4.1

Бізнес-моделі в обстежених мережах фіксованого доступу

Кейс	Сегментація	Фінансування	Управління	Генерація доходів
Australia NBN	Відкритий оптовий доступ	Державні акції та боргове фінансування	Державне	Традиційна
Burlington Telecom	Вертикально інтегрована	Власність міста до 2017, потім приватна	Публічне до 2017, зараз приватне	Традиційна
Chorus	Відкритий оптовий доступ	Приватний капітал і борг	Приватне	Традиційна
CSquared	Оптовий комерційний доступ	Приватний капітал і інвестиції DFI	Приватне	Традиційна
France Limousin	Відкритий оптовий доступ	Державне та регіональне фінансування	Приватне через концесію DBO	Традиційна , субсидія
German Länder	Вертикально інтегрована і відкритий оптовий доступ	Приватний капітал	Приватне	Традиційна , субсидії федерального уряду
iProvo	Відкритий оптовий доступ	Муніципальне фінансування до купівлі Google	Публічне до 2014, зараз приватне	Традиційна
LeverettNet	Вертикально інтегрована	Державний грант	Концесії та оренда приватним компаніям	Традиційна
Oman Broadband Company	Відкритий оптовий доступ	Державне фінансування	Державне	Традиційна , початкова субсидія
OpenNet/ Netlink	Відкритий оптовий доступ	Приватний капітал і бо	Приватне	Традиційна , початкова субсидія
Poland Rural	Відкритий оптовий доступ	Приватний капітал і борг	Приватне	Традиційна , субсидія
Q.NBN	Відкритий оптовий доступ	Державний капітал	Державне	Традиційна , початкова субсидія
RUNE	Відкритий оптовий доступ	Приватний капітал	Приватне	Традиційна

4.2 Бездротові мережі доступу

Розвиток мобільних широкосмугових технологій від 3G до 4G і 5G дозволив мобільним технологіям задовольняти більшість поточних вимог до широкосмугового доступу. У деяких країнах ці технології отримали основну частку ринку, випередивши мідні мережі традиційних операторів (чому також сприяло небажання операторів інвестувати у волоконно-оптичні мережі). Постійні інвестиції мобільних операторів у розширення та модернізацію своїх мобільних широкосмугових мереж ще більше сприятимуть підвищенню рівня підключення в сільській місцевості.

Однак у певних країнах із низьким середнім доходом на одного користувача (ARPU) мобільне підключення не зможе поширитися за межі основних міст без застосування інноваційних технологій і бізнес-моделей. Фіксований бездротовий доступ передбачає встановлення стаціонарної антени, яка є частиною рішення, що збільшує потенціал пропускної здатності. Ці технології визнані ключовим компонентом національних широкосмугових планів для досягнення сільських районів.

Нещодавно з'явилися кілька ініціатив, які використовують окремий виділений LTE-спектр і наявні мобільні щогли для забезпечення фіксованого бездротового доступу в сільській місцевості. Ці ініціативи, навіть обмежені за масштабом, виявилися успішними у забезпеченні продуктивності, порівнянної з мідними мережами (наприклад, ADSL/VDSL), за допомогою встановлення фіксованих антен на об'єктах користувачів.

Wi-Fi є усталеною, відносно недорогою бездротовою технологією. Завдяки низькій вартості обладнання, доступності спектру та великій кількості пристроїв із підтримкою Wi-Fi було запущено кілька інноваційних бізнес-моделей, і деякі з них починають демонструвати свою життєздатність.

Субсидовані безкоштовні послуги. Ця модель передбачає, що місцева влада фінансує будівництво та експлуатацію мережі Wi-Fi. Окупність забезпечується за рахунок зростання податкових надходжень, які виникають

завдяки економічним вигодам від наявності підключення в межах юрисдикції місцевої влади.

Приклад: Ініціатива Isizwe забезпечує безкоштовний Wi-Fi для громад у Південній Африці.

Моделі оплати через дії. Ці моделі пропонують клієнтам виконати певні дії для отримання блоків часу або обсягу підключення.

Приклади дій: Переробка певної кількості пластику (наприклад, 1 кг пластику обмінюється на 100 мегабайт даних). Виконання та проходження мікронавчальних курсів.

Ці опції надають користувачам можливість оплачувати підключення немонетарним способом. З огляду на те, що витрати на Wi-Fi знижуються, такі дії можуть обмінюватися на значну кількість підключення. Цей підхід також дозволяє ефективно використовувати державні або благодійні кошти для досягнення результатів, використовуючи підключення як нагороду.

Ці моделі оплати через дії є відносно новими та ще не підтвердили свою ефективність, але вони мають великий потенціал.

Ці моделі дозволяють громадам із мінімальним або відсутнім покриттям створювати локальні мережі для обслуговування своєї території з низькими витратами та без потреби у значному досвіді. Вони розроблені для того, щоб зменшити постійні витрати на телекомунікації для місцевих жителів, дозволяючи їм здійснювати безкоштовні внутрішньомережеві дзвінки в межах громади.

Village Telco: Ця ініціатива є прикладом моделі, що дозволяє створювати локальні мережі. Однак успіх таких моделей був обмеженим через потребу в більшій пропускній здатності даних і пов'язані з цим обмеження магістрального підключення (backhaul).

Rhizomatica: Ще один приклад ініціативи, яка забезпечує можливість створення бездротових мереж, що належать громадам, у районах, де немає доступу до зв'язку.

Після вирішення проблем із магістральним підключенням такі моделі мають великий потенціал для побудови локальних мереж окремими громадами

Моделі з дуже низькою вартістю

Коли магістральне підключення вже наявне, з'являється можливість пропонувати користувачам доступ до інтернету за мінімальну плату через короткострокові пакети.

Приклад: Poa! Networks у Кенії. Ця компанія пропонує користувачам купувати доступ до інтернету на одну годину за 10 кенійських шилінгів (~\$0,10) із можливістю оплати через мобільний телефон. Ця модель успішно сприяє збільшенню підключень.

Моделі з низькою вартістю в поєднанні з локальними мережами дозволяють громадам ефективно розширювати доступ до інтернету, навіть у віддалених або недосяжних регіонах.

Інші помітні приклади використання Wi-Fi

AirJaldi:

1. Використовує стандартне Wi-Fi обладнання для надання послуг у сільських районах Індії.

2. Охоплює дев'ять мереж у п'яти штатах Індії.

3. Покриває площу 24,200 квадратних кілометрів із понад 100,000 користувачів.

VAST Networks:

Пропонує інфраструктуру Wi-Fi операторського класу з відкритим доступом.

Причини обмеженого поширення або невдач Wi-Fi

Попри численні успішні приклади, Wi-Fi не став широко поширеним або не завжди виправдовував очікування через низку комерційних, концептуальних і технічних аспектів:

Wi-Fi насправді не є останньою милею:

Це покриття лише кількох сотень метрів і залежить від правильної топології та щільності, щоб забезпечити якісну послугу.

Сильна залежність від магістрального підключення (backhaul):

Воно часто недоступне, що ускладнює роботу мережі.

Чутливість до покращення мобільного зв'язку:

Надійне підключення 3G або 4G може бути таким же швидким, як Wi-Fi, якщо магістральне підключення слабке.

Менша швидкість порівняно з волокном і менше покриття, ніж у мобільних мереж:

Wi-Fi часто недостатньо швидкий, щоб замінити фіксований широкосмуговий доступ, і недостатньо масштабний, щоб замінити мобільні мережі.

Неправильне уявлення про легкість встановлення:

Wi-Fi легко встановити вдома, але міські розгортання вимагають належного планування радіочастот, щоб забезпечити якісну послугу.

Користувачі вважають, що Wi-Fi безкоштовний.

Проблеми із системами:

Білінгові системи були громіздкими, а методи оплати складними.

Великі оператори не підтримують розгортання Wi-Fi:

Деякі оператори активно перешкоджають розгортанню Wi-Fi через ризик зменшення доходів від мобільного зв'язку.

Покриття повинно супроводжуватися іншими ініціативами:

Наприклад, навчання користувачів і надання релевантного контенту, що часто ігнорується.

ТВ-білі частоти як недорогога альтернатива для покриття сільських районів

ТВ-білі частоти (TVWS) є цікавою недорогою альтернативною технологією для покриття сільських районів, яка в останні роки отримала певний імпульс завдяки стандартизації Інститутом інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE). Проте наразі відсутні приклади масштабних впроваджень.

Основною перевагою цієї технології є те, що частоти в діапазоні 450–800 МГц дозволяють передавати сигнал без прямої видимості (NLOS), із низьким енергоспоживанням, на відносно великі відстані — зазвичай до 15 кілометрів. Цей спектр забезпечує глибоке покриття для підключення до Інтернету у віддалених громадах через пагорби та лістя. Ще однією перевагою є те, що ця технологія корисна у віддалених регіонах зі складним рельєфом, знову ж таки завдяки функції NLOS. Додаткова перевага нижчих частот полягає в хорошому проникненні сигналу в приміщення.

Невеликим недоліком є те, що через відносно низькі частоти доступна пропускна здатність обмежена, хоча багато виробників зараз стверджують, що можливі пропускні здатності до 100 Мбіт/с на спільній основі.

Технологія отримала поштовх після завершення розробки стандарту IEEE 802.11af, або бездротових регіональних мереж (WRAN), опублікованого в 2014 році. Цей стандарт дозволяє спільне використання спектру між пристроями TVWS і ліцензованими службами, гарантуючи, що основний постачальник телевізійних послуг не зазнає перешкод. У результаті багато виробників тепер випускають стандартизоване обладнання, зокрема Carlson Communications, Redline, Adaptrum та інші.

Зазвичай технологія TVWS може поєднуватися зі стандартами DOCSIS 3.0 для надання послуг у домівках, використовуючи недорогі модеми як кінцеві пристрої.

TVWS є цікавою технологією для віддалених сільських районів, які складаються з малих і ізольованих сіл. Завдяки функції NLOS антени можуть розташовуватися у зручніших місцях, і висота антени не повинна бути такою великою, як у інших технологій, що значно знижує витрати. Технологія повільно набирає обертів, але на сьогодні здебільшого використовується у випробувальних або спеціалізованих ситуаціях, таких як 4Afrika у Mawingu. Ще одним прикладом є TENET, яка співпрацює з телевізійними мовниками для надання послуг освітнім і дослідницьким установам у Південній Африці.

Рішення TVWS не обходяться без суперечок, оскільки вони, можливо, є результатом неефективного розподілу спектра. Можливо, враховуючи витрати та вигоди від звуження цих буферних каналів і розширення доступного спектра, традиційніші методи розподілу могли б забезпечити кращі рішення для більшої кількості кінцевих користувачів.

Як і у всіх розгортаннях у сільській місцевості, одним із ключових компонентів буде середня миля, а також магістральне підключення, і буде складно забезпечити комерційно життєздатне автономне рішення. Цікаво, що TVWS зараз досліджується як технологія для середньої милі в сільських районах, де потрібна пропускна здатність може бути більш скромною.

Поточні бізнес-моделі супутникового зв'язку

Існує низка супутникових систем, які використовують відносно нові технології високої пропускної здатності для забезпечення магістрального зв'язку та послуг доступу в тих місцях, де волоконно-оптичні та наземні бездротові засоби зв'язку недоступні або надто дорогі для розгортання.

Avanti Eco:

Надає доступ через:

Вертикально інтегровану модель (безпосереднє обслуговування кінцевих користувачів).

Оптову модель для місцевих постачальників послуг.

Скористалася стартовим грантом від Європейського космічного агентства.

Планує надати доступ для понад 500,000 громад у Африці в найближчі кілька років.

O3b (скорочення від "The Other 3 Billion"):

Успішно надає магістральний зв'язок у віддалені місця протягом кількох років.

Забезпечує бездротовий магістральний зв'язок для державних постачальників послуг в Африці, на островах Тихого океану, а також для окремих секторів, таких як морський транспорт і енергетика.

4.3 Виклики для ініціатив середньої милі доступу в сільських районах

Розвиток середнього сегменту мереж для охоплення сільських територій зазвичай фінансується державними програмами. Однак у цьому процесі часто виникають затримки та проблеми з ефективним використанням коштів. Основна мета таких проєктів — з'єднати центральну національну мережу з окремими «островами» мереж доступу. Це дозволяє підводити інфраструктуру ближче до місцевих спільнот, звідки вона розподіляється до домогосподарств і підприємств.

Часто реалізація таких проєктів здійснюється через субсидування національного оператора телекомунікацій або створення нової організації, яка відповідає за будівництво і експлуатацію інфраструктури (див. таблицю 4.2).

Таблиця 4.2

Бізнес-моделі в обстежених ініціативах середньої ділянки мережі

Випадок	Сегментація	Фінансування	Управління	Генерація доходу
Est-Win	Оптова пасивна інфраструктура з відкритим доступом	Переважно державне фінансування	Приватне представництво основних операторів у країні	Традиційна, зобов'язання щодо обсягів
RO-NET	Оптова інфраструктура з відкритим доступом	Модель DBO (проектування, будівництво, експлуатація) державного фінансування	Традиційне управління	Традиційна
TOP-IX	Оптова інфраструктура з відкритим доступом	Приватне фінансування	Пошук стратегічного інвестора	Традиційна

Послуги можуть надаватися у вигляді пасивної інфраструктури (наприклад, темне волокно, як у проєкті Est-Win в Естонії) або активної (як у випадку з RO-NET у Румунії). При цьому забезпечується нейтральний доступ для різних операторів, а ціноутворення базується на собівартості чи принципі

«собівартість плюс». Розподіл ресурсів мережі зазвичай здійснюється за принципом «перший прийшов — перший отримав», але іноді виникають скарги на упереджений розподіл.

Фінансування будівництва мереж може бути двох типів: заздалегідь виділені кошти, як у випадку з Естонією, або будівництво за рахунок оператора, який потім відшкодовує витрати через публічні фонди. Іноді кошти спрямовуються на оновлення існуючої інфраструктури, що викликає невдоволення інших операторів через порушення початкової мети. Наприклад, в Естонії проєкт середнього сегменту використовувався для підключення мобільних веж, а не для розвитку волоконно-оптичних мереж у сільській місцевості

У Румунії реалізацію проєкту RO-NET довірили Romtelecom і Cosmote, які належать до групи Deutsche Telekom, що згодом об'єдналася в одну компанію.

Цікавим прикладом є проєкт TOP-IX, який реалізується в рамках ініціативи Connected Communities Initiative (CCI) Європейської комісії у співпраці зі Світовим банком. TOP-IX керує точкою обміну інтернет-трафіком і нейтральною магістральною мережею з понад 30 точками присутності (POP) в регіоні П'ємонт, Італія. У рамках цього проєкту прокладено понад 1000 кілометрів волоконно-оптичних ліній, що забезпечують доступ до інтернету для понад 200 000 користувачів. Планується створення ще 50 точок присутності із загальним бюджетом у 12 мільйонів євро. Для розширення мережі будуть використані недовантажені активи комунальних підприємств, такі як волоконно-оптична інфраструктура, канали та інші елементи цивільної інфраструктури. Основним партнером проєкту виступає італійський оператор електромереж Terna. Завдяки такій моделі очікується залучення приватних інвестицій для подальшого розвитку мереж у сільських районах.

Ініціатива CCI також підтримує інші проєкти, наприклад, у регіоні Фріулі-Венеція-Джулія (FVG) в Італії та в сільських районах Португалії. У рамках проєкту GANDHI у FVG створять спеціальну організацію для управління технологічно нейтральним оптовим доступом до широкосмугового інтернету за

умовами, встановленими регулятором AGCOM. Реалізація відбуватиметься у співпраці між регіоном FVG, командою Insiel та обраними операторами новітніх мереж (NGA). У Португалії проєкт DStelecom передбачає розгортання інфраструктури у чотирьох регіонах з обмеженим доступом до інтернету — Алентежу, Алгарве, Нижньому Міньо та Північному регіоні. DStelecom отримав фінансування від великого європейського інфраструктурного фонду Cube Infrastructure Managers.

4.4 TowerCo і моделі спільного використання мобільної інфраструктури

Моделі спільного використання інфраструктури для мереж останньої та середньої милі охоплюють широкий спектр підходів — від пасивного використання фізичних активів, таких як вежі, до інтегрованих рішень, як спільне використання магістральних ліній або мереж доступу радіозв'язку (RAN).

Пасивне використання інфраструктури є найпоширенішим варіантом. Цей підхід передбачає спільне використання кількома мобільними операторами фізичних об'єктів, таких як вежі, джерела енергопостачання та технічні приміщення, що дозволяє знизити витрати та уникнути дублювання інфраструктури. На початкових етапах розвитку ринку оператори зазвичай будують власні мережі, але з часом, коли ринок стає зрілішим, вони усвідомлюють переваги економії витрат і добровільно переходять до спільного використання інфраструктури. Часто регулятори заохочують або навіть зобов'язують операторів ділитися інфраструктурою, щоб зменшити вплив на довкілля та вирішити естетичні проблеми. У багатьох країнах з'явилися спеціалізовані компанії, такі як TowerCo, які управляють спільною інфраструктурою. Наприклад, в Індії Bharti Airtel, Vodafone і Idea Cellular створили Indus Towers для управління та розвитку інфраструктури. У сільській місцевості популярною є модель спільних підприємств, коли кілька операторів об'єднуються для будівництва та експлуатації нових веж. Проте навіть за

спільної моделі високі початкові витрати залишаються серйозним бар'єром, який часто долається завдяки державним фінансовим стимулам.

Ще одним прикладом спільного використання інфраструктури є магістральні лінії, де оператори домовляються спільно будувати або використовувати існуючу інфраструктуру для з'єднання сайтів радіозв'язку з основними точками мережі. Наприклад, у Німеччині Telefonica та Vodafone домовилися про спільне фінансування та будівництво магістральних ліній, що дозволило значно оптимізувати витрати. Географічний роумінг — це ще одна модель, яка дозволяє операторам ділитися мережами в регіонах, де одному з них економічно недоцільно забезпечувати покриття. Це може бути добровільна домовленість, як у випадку з ініціативою GSMA у Танзанії, де спільна тристороння мережа забезпечила 4G-покриття для 72 000 людей. Також існує національний роумінг, коли держава зобов'язує основних операторів надавати доступ до своєї мережі новим гравцям, щоб забезпечити загальнонаціональне покриття.

Окрім цього, мобільні оптові мережі є поширеною практикою, коли мобільні оператори надають свою інфраструктуру віртуальним операторам (MVNO), які пропонують послуги без власних мереж. Новіша модель — єдина оптова мережа, яка забезпечує послуги всім операторам, фактично перетворюючи їх на віртуальних операторів у певних аспектах. Прикладом є мексиканський проєкт Red Compartida, що демонструє цю модель і забезпечує національне покриття через спільну інфраструктуру.

Попри всі переваги, основним викликом залишається високий рівень початкових інвестицій, який може обмежити впровадження таких моделей. Водночас державна підтримка може зробити їх більш життєздатними. Загалом, моделі спільного використання інфраструктури дозволяють знижувати витрати, уникати дублювання, мінімізувати екологічний вплив і забезпечувати розширення мереж у регіонах із низькою щільністю населення. Співпраця

операторів у таких ініціативах, як Indus Towers та GSMA, довела ефективність цих підходів для сталого розвитку телекомунікаційної інфраструктури.

4.5 Технології з бізнес-моделями, що перебувають у процесі розробки

Останніми роками з'явилося кілька конкурентних проєктів низькоорбітальних супутникових систем (LEO), які мають потенціал змінити традиційне уявлення про супутниковий інтернет як дорогий і повільний варіант, що використовується лише в крайньому разі. Більшість із цих проєктів орієнтовані на надання оптових послуг доступу до інтернету національним операторам, таким як провайдери інтернету (ISP) чи мобільні оператори (MNO). Окрім того, супутникові провайдери планують співпрацювати з місцевими партнерами для забезпечення таких послуг, як: (i) управління відносинами з клієнтами та виставлення рахунків; (ii) доставка та встановлення обладнання для користувачів; (iii) отримання ліцензій на надання послуг у межах країни. Однак усі ці ініціативи наразі знаходяться на стадії розробки концепцій і технічного тестування, а бізнес-моделі та ціноутворення поки не розкриті чи не остаточно визначені.

Кожен із супутникових провайдерів має свої особливості щодо послуг та цільової аудиторії. Наприклад, прямий доступ до домівок (DTH) пропонує компанія OneWeb, яка планує забезпечити користувачів доступним інтернетом із глобальним покриттям. Система передбачає просте встановлення обладнання, яке може бути змонтоване самостійно. Водночас компанія вказує, що для окремих сільських регіонів може знадобитися субсидування таких послуг. За даними OneWeb, більшу частину пропускної здатності 648 супутників вже зарезервовано, однак фінансові деталі не розголошуються.

Інший підхід представляють провайдери, які зосереджуються на послугах магістрального підключення. Компанії, такі як LeoSAT і Kalo, пропонують підключення для сіл, мобільних базових станцій або бізнес-користувачів. Ця модель є більш комерційно привабливою, оскільки витрати на послугу

розподіляються між кінцевими користувачами (наприклад, у межах села чи мобільної станції) або ж покриваються клієнтом із вищою платоспроможністю.

Для користувачів, що потребують зв'язку в русі, розробляються послуги мобільного широкосмугового інтернету. Наприклад, Kalo пропонує рішення для транспортних засобів, таких як автомобілі чи човни, із використанням інноваційних антен, які забезпечують високошвидкісний супутниковий зв'язок під час руху.

Також існують системи, відомі як моторизовані антени наземних станцій (MESA), які відстежують нахилені орбіти супутників для забезпечення доступу до інтернету в сільських районах. Одним із прикладів є Concero Connect, яка спеціалізується на такому типі послуг.

Таким чином, сучасні низькоорбітальні супутникові системи розробляються з метою значно покращити доступ до інтернету, особливо для віддалених і сільських регіонів, де традиційні технології залишаються недоступними або занадто дорогими. Однак конкретні бізнес-моделі та фінансова життєздатність цих проєктів потребують подальшого уточнення та адаптації до умов ринку.

Короткострокові рішення розроблені для швидкого забезпечення покриття на визначеній території на тимчасовий період — від кількох годин до кількох місяців. Для їх роботи часто потрібні місцеві джерела живлення та канали зворотного зв'язку. Радіус покриття одного пристрою зазвичай невеликий, але пристрої можна об'єднувати в мережу для збільшення зони охоплення. До таких технологій належать прив'язані дрони, які літають на висоті до 300 метрів і кріпляться до землі кабелем, що передає живлення і забезпечує з'єднання. Один дрон покриває близько 1,3 квадратних кілометрів, працює до трьох днів і зазвичай обладнаний антенами 4G LTE або Wi-Fi, що дозволяє користувачам підключатися без спеціального обладнання. Безприв'язані дрони працюють на вищих висотах і забезпечують ширше покриття, але мають короткий час польоту — зазвичай кілька годин. Прив'язані аеростати Helikite, наповнені гелієм, можуть підніматися до двох кілометрів і залишатися в повітрі до трьох місяців,

забезпечуючи більшу зону покриття та використовуючи 3G або 4G антени із супутниковими каналами зворотного зв'язку. Ці технології ефективні у випадках ліквідації наслідків катастроф, коли пошкоджена інфраструктура потребує тимчасового відновлення зв'язку, під час тимчасового збільшення пропускну здатності для заходів, таких як спортивні події чи концерти, або для запланованого тимчасового покриття у віддалених районах. Їх також використовують для військових застосувань, наприклад, забезпечення зв'язку та спостереження.

Попри ефективність, короткострокові рішення наразі застосовуються лише для тимчасового забезпечення потреб і не використовуються для довготривалого покриття останньої милі. Довгострокові рішення, такі як ініціативи Loon і Aquila, спрямовані на створення платформ для постійного покриття останньої та середньої милі. Проєкт Loon, який пройшов успішне тестування в різних країнах, використовує повітряні кулі, що можуть залишатися у повітрі до 90 днів, надаючи покриття на великих територіях. Натомість Aquila розглядалася як рішення для забезпечення магістрального з'єднання в сільських районах. Проте Facebook припинив розробку власних апаратів для Aquila і перейшов до співпраці з іншими компаніями, які розробляють високоплатформні технології.

Бізнес-моделі для цих ініціатив ще формуються. Loon планує надавати послуги через місцевих операторів на умовах розподілу доходу, тоді як Aquila розроблялася як рішення для усунення прогалин у магістральному з'єднанні. Технологічно обидва проєкти спрямовані на забезпечення покриття 3G/4G або Wi-Fi на великих територіях. Їхня комерційна структура відрізняється від традиційних мереж: великі початкові інвестиції у дослідження та розробку компенсуються меншими витратами на розгортання та обслуговування. Такі системи можна швидко переналаштувати для використання в інших регіонах, якщо початкова зона покриття виявиться неефективною.

Довгострокові рішення відкривають нові бізнес-моделі, зокрема ризикове будівництво, яке дозволяє тестувати покриття у віддалених або економічно малоперспективних районах, та розподіл ризиків між контент-провайдерами й

операторами інфраструктури. Наприклад, Google пропонує модель розподілу доходу, коли місцевий оператор займається продажами і підтримкою клієнтів, а прибуток розподіляється між ним і Google. Крім того, такі рішення можуть охоплювати декілька країн, відкриваючи можливості для міжнародного використання інфраструктури зворотного зв'язку або для використання дешевших супутникових рішень. Це також створює умови для конкуренції у сфері магістральних ліній, оскільки такі системи можуть легко переходити на нові технології чи інфраструктуру. Окрім цього, моделі, орієнтовані на контент, дозволяють знижувати витрати для кінцевих користувачів за рахунок субсидій з боку контент-провайдерів, що робить доступ до інтернету значно дешевшим або навіть безкоштовним.

Довгострокові рішення для останньої милі обіцяють суттєво змінити підхід до розгортання мереж, знижуючи витрати та розширюючи доступ до технологій у віддалених регіонах. Вони поєднують інновації в техніці та бізнесі, пропонуючи нові можливості для глобального покриття і сталого розвитку телекомунікаційної інфраструктури.

ВИСНОВКИ

Ефективне розгортання інфраструктури та планування спектру вимагають глибокого розуміння динаміки ринку, регуляторного середовища та доступних варіантів фінансування. Успішна стратегія потребує ретельного врахування конкурентоспроможності ринку, участі приватного сектору, типу інфраструктури, регуляторного контролю, можливостей уряду та доступу до фінансування. Враховуючи ці фактори, країни можуть ефективно використовувати розвиток інфраструктури для досягнення бажаних соціально-економічних та технологічних цілей.

Успішне втручання держави у розгортання інфраструктури широкопasmового зв'язку є складним завданням, що вимагає комплексного підходу та врахування численних факторів. Важливо, щоб держава не просто інвестувала кошти, а й створювала сприятливе середовище для розвитку цифрової інфраструктури. Це передбачає активне залучення приватного сектору до проєктів, де це можливо, через механізми державно-приватного партнерства, що дозволить розділити ризики та залучити додаткову експертизу. У разі наявності державних компаній у галузі зв'язку, необхідно розглянути можливість їх структурних перетворень для підвищення ефективності та конкурентоспроможності. Співпраця з комунальними службами та використання їх інфраструктури (стовпи, канали, будівлі) може суттєво знизити витрати на розгортання мереж. Будь-яке втручання держави повинно ґрунтуватися на ретельному економічному обґрунтуванні, що враховує не лише прямі витрати та доходи, а й соціально-економічні вигоди від розвитку широкопasmового доступу. При цьому важливо уникати дублювання існуючої інфраструктури та враховувати попередній досвід, як успішний, так і невдалий. Держава повинна діяти стратегічно, сприяючи ефективному використанню ресурсів, заохоченню інновацій та створенню сталого підґрунтя для розвитку цифрової інфраструктури в країні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Aizawa, Motoko. A Scoping Study of PPP Guidelines [Електронний ресурс] / Motoko Aizawa // DESA Working Paper No. 154 ST/ESA/2018/DWP/154. – New York: Department of Economic and Social Affairs, United Nations, 2018. – Режим доступу: http://www.un.org/esa/desa/papers/2018/wp154_2018.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

2. Altán Redes. ALTÁN Redes Launches Operation of Red Compartida, Surpassing its Coverage Commitments [Електронний ресурс] / Altán Redes. – March 22, 2018. – Режим доступу: <http://altanredes.com/en/2018/03/23/altan-redes-inicia-operaciones-la-red-compartida-superando-compromisos-cobertura/>. – Дата звернення: 21.01.2025.

3. Arthur D. Little. Utilities' Contribution to National Fiber Development: How Utilities and Telecom Operators Can Cooperate to Accelerate Fiber Deployment [Електронний ресурс]. – July, 2017. – Режим доступу: http://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/adl_utilities_contribution_to_fiber_deployment.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

4. Cwele, Siyabonga. Minister Cwele Budget Vote Speech 2014 [Електронний ресурс] / Siyabonga Cwele. – July 16, 2014. – Режим доступу: https://www.dtps.gov.za/index.php?option=com_content&view=article&id=348:minister-cwele-budget-vote-speech-2014&catid=9&Itemid=136. – Дата звернення: 21.01.2025.

5. Department of Communications (South Africa). National Integrated ICT Policy Green Paper [Електронний ресурс]. – December, 2013. – Режим доступу: https://www.gov.za/sites/www.gov.za/files/37261_gon44.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

6. Department of Communications (South Africa). South Africa Connect: Creating Opportunities, Ensuring Inclusion [Електронний ресурс]. – November 20, 2013. – Режим доступу: https://www.dtps.gov.za/index.php?option=com_phocadownload&view=category&d

ownload=90:broadband-policy-gg37119&id=21:broadband&Itemid=333. – Дата звернення: 21.01.2025.

7. Department of Telecommunications and Postal Services (South Africa). National Integrated ICT Policy Green Paper [Електронний ресурс]. – Pretoria: Department of Telecommunications and Postal Services, 2014. – Режим доступу: https://www.dtps.gov.za/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=22:national-integrated-ict-policy-green-paper&Itemid=143. – Дата звернення: 21.01.2025.

8. Department of Telecommunications and Postal Services (South Africa). National Integrated ICT Policy White Paper [Електронний ресурс]. – September 28, 2016. – Режим доступу: https://www.dtps.gov.za/images/phocagallery/Popular_Topic_Pictures/National_Integrated_ICT_Policy_White.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

9. Ericsson. The Ericsson Mobility Report [Електронний ресурс]. – Stockholm: Ericsson, June 2017. – Режим доступу: <https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2017/ericsson-mobility-report-june-2017.pdf>. – Дата звернення: 21.01.2025.

10. European Commission. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects: Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014-2020 [Електронний ресурс]. – Brussels: Directorate-General for Regional and Urban Policy, European Commission, 2014. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

11. European Commission. Commission Welcomes Political Agreement to Boost Mobile Internet Services with High-Quality Radio Frequencies [Електронний ресурс]. – December 14, 2016. – Режим доступу: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-4405_en.htm. – Дата звернення: 21.01.2025.

12. Facebook. State of Connectivity 2015: A Report on Global Internet Access [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу:

<https://fbnewsroomus.files.wordpress.com/2016/02/state-of-connectivity-2015-2016-02-21-final.pdf>. – Дата звернення: 21.01.2025.

13. Fiber to the Home Council Middle East and North Africa (FTTH Council MENA). Aligning Regulation with National Fiber Access Strategy [Електронний ресурс]. – Amman: FTTH Council MENA, 2015. – Режим доступу: https://www.ftthcouncilmena.org/uploads/documents/studies-white-papers/RandP2015_White_Paper.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

14. GeSI (Global e-Sustainability Initiative). #SMARTer2030: ICT Solutions for 21st Century Challenges [Електронний ресурс]. – Brussels: GeSI, 2015. – Режим доступу: http://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

15. GSA (Global mobile Suppliers Association). Initiative to Develop the Global 5G Market in the 28 GHz Spectrum Band [Електронний ресурс]. – Communiqué, June 12, 2017. – Режим доступу: <https://gsacom.com/paper/initiative-develop-global-5g-market-28-ghz-spectrum-band/>. – Дата звернення: 21.01.2025.

16. GSMA. Wholesale Open Access Networks [Електронний ресурс]. – London: GSMA, 2017. – Режим доступу: https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/07/GSMA_SWN-8-pager_R3_Web_Singles.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

17. GSMA. Enabling Rural Coverage: Regulatory and Policy Recommendations to Foster Mobile Broadband Coverage in Developing Countries [Електронний ресурс]. – London: GSMA, 2018. – Режим доступу: https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2018/02/Enabling_Rural_Coverage_English_February_2018.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

18. ICASA (Independent Communications Authority of South Africa). Notice Inviting Comments Regarding the Draft Spectrum Assignment Plan for the Combined Licensing of the 800 MHz and 2.6 GHz Bands [Електронний ресурс] // Government Gazette. – Vol. 558, No. 34872. – December 15, 2011. – Режим доступу:

<https://archive.opengazettes.org.za/archive/ZA/2011/government-gazette-ZA-vol-558-no-34872-dated-2011-12-15.pdf>. – Дата звернення: 21.01.2025.

19. ICASA (Independent Communications Authority of South Africa). Strategic Plan for the Fiscal Years 2015-2019 [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу: <https://www.icasa.org.za/uploads/files/ICASA2015-19StratPlan.pdf>. – Дата звернення: 21.01.2025.

20. IFC (International Finance Corporation). Inclusive Business Company Profile: Dialog [Електронний ресурс]. – Washington, DC: International Finance Corporation, August 2012. – Режим доступу: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/48aa51ce-f76a-4226-b56e-230420d1609b/Dialog.pdf?MOD=AJPERES>. – Дата звернення: 21.01.2025.

21. IFC (International Finance Corporation). Inclusive Business Case Study: Millicom [Електронний ресурс]. – Washington, DC: International Finance Corporation, September 2014. – Режим доступу: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/0e492208-1039-4010-892c-c6c3ba3f1e41/Millicom.pdf?MOD=AJPERES>. – Дата звернення: 21.01.2025.

22. Internet Society. Policy Brief: Spectrum Approaches for Community Networks [Електронний ресурс]. – Reston, VA: Internet Society, 2017. – Режим доступу: <https://www.internetsociety.org/policybriefs/spectrum/>. – Дата звернення: 21.01.2025.

23. Internet Society. Policy Brief: Spectrum Approaches for Community Networks [Електронний ресурс]. – Reston, VA: Internet Society, 2017. – Режим доступу: <https://www.internetsociety.org/policybriefs/spectrum/>. – Дата звернення: 21.01.2025.

24. OECD. New Approaches to Spectrum Management [Електронний ресурс]. – OECD Digital Economy Papers, No. 235. – Paris: OECD, 2014. – Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1787/5jz44fnq066c-en>. – Дата звернення: 21.01.2025.

25. OECD. Mobile Multiple Play: New Service Pricing and Policy Implications [Електронний ресурс]. – Paris: OECD, 2017. – Режим доступу: <https://www.oecd->

ilibrary.org/science-and-technology/mobile-multiple-play_231042710767. – Дата звернення: 21.01.2025.

26. Ofcom. Simplifying Spectrum Trading: Spectrum Leasing and Other Market Enhancements [Електронний ресурс]. – London: Ofcom, 2011. – Режим доступу: https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0030/62778/statement-spectrum-leasing.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

27. Ofcom. Spectrum Management Strategy: Ofcom's Approach to and Priorities for Spectrum Management over the Next Ten Years [Електронний ресурс]. – London: Ofcom, 2013. – Режим доступу: https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0025/81394/spectrum_management_strategy.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

28. Pupillo, Lorenzo. Duct and Pole Sharing: An Operator's Perspective [Електронний ресурс] / Lorenzo Pupillo // OECD Workshop on Fibre Investment and Policy Challenges, Stavanger, April 10-11, 2008. – Режим доступу: [доступу немає]. – Дата звернення: 21.01.2025.

29. Republic of Rwanda. National Broadband Policy for Rwanda [Електронний ресурс]. – October, 2013. – Режим доступу: http://www.mitec.gov.rw/fileadmin/Documents/Policies_and_Regulations/ICT_Policies/National_Broadband_Policy.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

30. Rwanda Development Board. KT Corporation and Rwanda Government Sign Shareholders Agreement to Establish a JV Company [Електронний ресурс]. – June 10, 2013. – Режим доступу: <http://www.rdb.rw/news-pages/news-details/article/kt-corporation-and-rwanda-government-sign-shareholders-agreement-to-establish-a-jv-company.html>. – Дата звернення: 21.01.2025.

31. SCT. The Ministry of Communications and Transportation of Mexico (SCT) Announces the Result of the International Tender for Red Compartida [Електронний ресурс]. – November 17, 2016. – Режим доступу: http://www.sct.gob.mx/red-compartida/boletin_prensa/16-11-16_Comunicado_POST_Dictamen_Economico_ENG_v1.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

32. SCT and IFT. Red Compartida: General Criteria [Электронный ресурс]. – July 17, 2015. – Режим доступа: http://www.sct.gob.mx/red-compartida/descargaPDF/Eng_Criterios_de_las_pre-bases_de_la_licitacion.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025

33. SSG Advisors. Business Models for the Last Billion: Market Approaches to Increasing Internet Connectivity [Электронный ресурс]. – Washington, DC: SSG Advisors, 2016. – Режим доступа: https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/15396/Connecting_the_Next_Four_Billion-20170221_FINAL.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

34. World Economic Forum. Internet for All: An Investment Framework for Digital Adoption [Электронный ресурс]. – Geneva: World Economic Forum, 2017. – Режим доступа: http://www3.weforum.org/docs/White_Paper_Internet_for_All_Investment_Framework_Digital_Adoption_2017.pdf. – Дата звернення: 21.01.2025.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Методика підвищення ефективності та пропускної здатності
національних транспортних мереж»

Виконав:

здобувач вищої освіти група ІСДМ-62

Дмитро БАРСЬКИЙ

Керівник:

Андрій АРОНОВ
К.Т.Н.



Актуальність дослідження зумовлена стрімким розвитком інформаційних технологій та збільшенням обсягів даних у мережах через хмарні сервіси, стрімінгові платформи, соціальні мережі та Інтернет речей. Це створює виклики для телекомунікацій, вимагаючи підвищення пропускної здатності та ефективності. Сучасні застосунки, як-от відеоконференції, онлайн-ігри, телемедицина, потребують стабільного зв'язку з мінімальними затримками. Впровадження 5G, оптичних мереж, NFV і SDN відкриває нові можливості, але потребує вдосконалення методів управління. Зростання кіберзагроз підкреслює важливість кібербезпеки, а оптимізація мереж сприяє економії ресурсів та зниженню витрат операторів. Таким чином, розробка методів підвищення ефективності телекомунікаційних мереж є важливим завданням для суспільства.

Мета: розробити методику підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж через:

- Аналіз та класифікацію існуючих методів оптимізації мереж.
- Визначення ключових факторів впливу на ефективність та пропускну здатність із врахуванням сучасних технологій (5G, хмарні сервіси, IoT).
- Створення моделі оцінки ефективності та пропускної здатності мереж на основі цих факторів.
- Розробку комплексу технічних, програмних і організаційних заходів для підвищення ефективності.
- Розробку алгоритмів оптимізації мережевих параметрів для різних сценаріїв.
- Експериментальну перевірку ефективності методики на модельних чи реальних мережах.



Об'єкт дослідження: Процеси функціонування та управління телекомунікаційними мережами, що спрямовані на забезпечення і збільшення ефективної передачі даних.

Предметом дослідження: є методика підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж.

Аналіз існуючих перспективних процесів розширення доступу до широкосмугового інтернету

Різноманітність форм доступу: Широкосмуговий інтернет впроваджується через різні технології: оптоволоконний зв'язок, мідні кабелі, мобільні мережі, Wi-Fi, супутники та інші альтернативи, зокрема дрони та повітряні кулі.

Роль радіочастотного спектра: Спектр є ключовим ресурсом для забезпечення бездротових послуг, які забезпечують мобільність і є економічно вигідними у встановленні.

Еволюція технологій: Основні технології включають DSL, оптоволоконний зв'язок, супутникові системи, 3G/4G/5G, які поступово замінюють старі підходи через вищу пропускну здатність і ефективність.

Політика управління спектром: Гнучкі регуляторні моделі є необхідними для оптимального використання спектра, стимулювання конкуренції та впровадження нових технологій, як-от 5G і IoT.

Мобільний інтернет як основа доступу: У країнах, що розвиваються, мобільні мережі є головним способом підключення до широкосмугового інтернету через свою доступність і мобільність.

Соціально-економічні переваги: Інвестиції у розвиток інтернет-мереж сприяють покращенню економічного розвитку та доступності для населення, особливо в сільських районах.

Бізнес-моделі для розгортання інфраструктури

Різноманітність бізнес-моделей: Розглянуто вертикальну інтеграцію, відкритий доступ і моделі спільного використання інфраструктури. Вертикальна інтеграція домінує у світі, але її ефективність залежить від ринкових умов і конкуренції.

Фінансування: Основні джерела фінансування включають приватний капітал, державні інвестиції, міжнародні організації та спільне фінансування. У регіонах із низькою прибутковістю роль уряду або громад часто є ключовою.

Роль держави: Регуляторна політика, яка заохочує конкуренцію та знижує бар'єри для входу на ринок, є важливим елементом для ефективного розгортання інфраструктури.

Моделі розподілу ризиків: Співпраця між урядами, приватними інвесторами та місцевими громадами дозволяє знижувати ризики при будівництві інфраструктури в економічно складних регіонах.

Вплив на цифрову нерівність: Ефективні бізнес-моделі спрямовані на подолання цифрового розриву, забезпечуючи доступ до широкосмугового інтернету в регіонах, де це було економічно не вигідно за традиційних підходів.

Бізнес моделі для транскордонних і національних волоконно-оптичних мереж

Транскордонні проекти: Реалізація підводних кабельних систем забезпечує міжнародну передачу даних з високою пропускнуою здатністю. Стабільність і безпека таких мереж залежать від міждержавного співробітництва, юридичних рамок і довгострокових інвестицій.

Наземні транскордонні мережі: впровадження наземних волоконно-оптичних ліній є критичним для інтеграції регіональних ринків і зменшення залежності від інших каналів зв'язку. Виклики включають узгодження стандартів, розподіл витрат і забезпечення конкурентних умов.

Національні мережі магістрального зв'язку: Моделі передбачають партнерство між державним і приватним секторами для зниження витрат і швидшого впровадження. Особлива увага приділяється доступності мережі в регіонах із низькою щільністю населення.

Економічна ефективність: Спільне використання інфраструктури (наприклад, TowerCo) значно знижує витрати операторів і забезпечує швидший доступ до послуг. Інноваційні підходи, такі як державне стимулювання, сприяють подоланню бар'єрів для інвестування.

Технологічні виклики: Успішне розгортання волоконно-оптичних мереж залежить від технічної інтеграції з існуючою інфраструктурою та впровадження новітніх стандартів.

Бізнес-моделі та технології для середньої та останньої милі

Фіксовані мережі доступу: Розгортання широкосмугових мереж у сільській місцевості стикається з високими витратами через розріджену щільність населення. Інноваційні моделі субсидій, як-от ваучери або державна підтримка, допомагають подолати бар'єри витрат.

Бездротові мережі доступу: Супутникові системи (Avanti Ego, O3b) використовуються у віддалених районах, де традиційні технології недоступні або надто дорогі. Технології TVWS досліджуються для середньої милі у сільській місцевості, пропонуючи доступ з меншою пропускнуою здатністю.

Виклики для середньої милі: Основний бар'єр — висока вартість будівництва та відсутність привабливості для приватних інвесторів у регіонах з низьким трафіком.

TowerCo і моделі спільного використання: Спільне використання інфраструктури, наприклад веж для мобільного зв'язку, знижує витрати та сприяє уникненню дублювання мереж.

Нові бізнес-моделі та технології: Дрони, кулі та новітні супутникові системи (LEO, MEO) розглядаються як довгострокові рішення для останньої милі. Моделі з розподілом прибутку між операторами та провайдерами контенту (наприклад, Google) сприяють доступності послуг для кінцевих користувачів.

Висновки

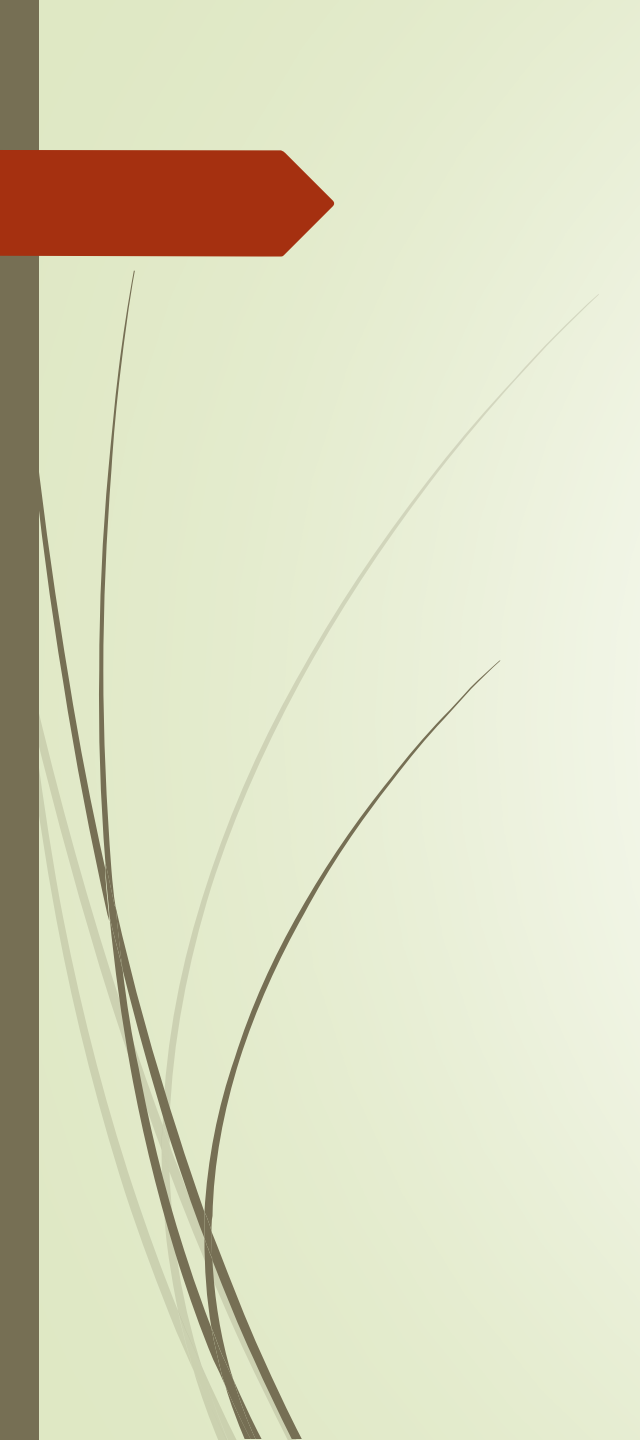
Мета роботи полягає в розробці методики підвищення ефективності та пропускної здатності телекомунікаційних мереж з урахуванням сучасних технологій, таких як 5G, IoT, хмарні обчислення, а також зростаючих обсягів трафіку.

У ході дослідження **проведено аналіз бізнес-моделей** для розгортання мереж та їх класифікацію за ефективністю у різних умовах. Виявлено ключові фактори, що впливають на ефективність мереж, зокрема рівень доходів, щільність населення, доступ до інфраструктури та використовувані технології.

Розроблено **модель оцінки ефективності та пропускної здатності мереж**, а також алгоритми оптимізації їх параметрів для різних сценаріїв використання. Інноваційні підходи включають впровадження 5G, оптичних мереж, технологій віртуалізації мережевих функцій (NFV) і програмно-конфігурованих мереж (SDN), а також моделей спільного використання інфраструктури (TowerCo) для зменшення витрат.

Практична значущість роботи полягає у **можливості для операторів зв'язку знижувати витрати, оптимізувати ресурси, підвищувати продуктивність і пропонувати вигідніші тарифи.**

Запропоновані рекомендації з планування мереж, вибору обладнання, моніторингу та управління сприятимуть розвитку інформаційного суспільства. Робота спрямована на зменшення цифрового розриву, підвищення доступності зв'язку в регіонах із низькою щільністю населення та покращення якості життя користувачів завдяки сучасним комунікаційним послугам.



Дякую за увагу!