

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Сергій КРАВЧУК

«___» _____ 2022 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Інженерія та програмування
інфокомунікацій»**

зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**на тему: «Управління неперервною передачею даних в системах
автомобільних мереж 5G»**

Виконала:

студентка II курсу, групи ТЗ-11мп

Германович Сніжана Сергіївна _____

Керівник:

доцент кафедри ТК НН ІТС, к.т.н., с.н.с.

Міночкін Д.А. _____

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ініціали _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем
Кафедра телекомунікацій

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інженерія та програмування інфокомунікацій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій КРАВЧУК

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Германович Сніжані Сергіївні

1. Тема дисертації «Управління неперервною передачею даних в системах автомобільних мереж 5G», науковий керівник дисертації Міночкін Дмитро Анатолійович, доцент кафедри ТК НН ІТС, к.т.н., с.н.с., затверджені наказом по університету від «28» жовтня 2022 р. № 3995-с.

2. Термін подання студентом дисертації 10.12.2022 р.

3. Об'єкт дослідження: процеси оптимізації хендовера в стільниковій мережі 5G.

4. Предмет дослідження: комплекс питань, пов'язаних з вибором оптимального методу оптимізації хендовера за допомогою методу Q - навчання.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- Розглянути принципи побудови і структуру системи стільникового зв'язку;
- Проаналізувати засоби покращення управління передачею в автомобільних мережах 5G;
- Запропонувати схему управління мобільністю, прогнозу схему хендовера;
- Проектування методу формування хендовера на основі променя доступу 3GPP;

- Експериментально дослідити запропоновану модель виконання хендвера на основі методу променя доступу 3GPP.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу

7. Дата видачі завдання “ 11 ” жовтня 2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Розробка, оформлення, узгодження та затвердження технічного завдання на дипломну роботу	01.11.2021р. – 15.01.2022р.	виконано
2	Пошук та опрацювання літературних джерел з теми дослідження магістерської дисертації	01.02.2022р. – 20.04.2022р.	виконано
3	Аналіз вимог завдання, вибір методів і засобів розв’язання поставленої задачі магістерської дисертації	03.05.2022р. – 03.06.2022р.	виконано
4	Розробка та опис методологію управління хендвер для автомобільних мереж 5G, яка підтримує як прогнозні, так і реактивні сценарії хендвера	03.06.2022р. – 06.09.2022р.	виконано
5	Робота над розробкою алгоритма хендвера для системи 5G за допомогою машинного навчання.	19.09.2022р. – 23.11.2022р.	виконано
6	Оформлення магістерської дисертації	01.12.2022р. – 10.12.2022р.	виконано

Студент

Сніжана ГЕРМАНОВИЧ

Науковий керівник дисертації

Дмитро МІНОЧКІН

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської дисертації: 89 с., 19 рис., 16 табл., 28 джерел.

У типових бездротових стільникових системах хендовер передбачає перепризначення поточного сеансу, який обробляє одну клітина в іншу. Для підтримки збільшеної потужності вимоги та для забезпечення нових варіантів використання наступні покоління бездротових систем матимуть дуже щільне розгортання і вдосконалену можливість формування променя. У таких системах забезпечено кращу мобільність разом із підвищеною продуктивністю, що вимагає вдосконаленої стратегії передачі. У цій роботі детально описано метод оптимізації хендовера в стільниковій мережі 5G. На відміну від традиційного методу, пропонується контролювати передачі між базовими станціями (БС) за допомогою централізованого навчання з підкріпленням (RL), що обробляє звіти про радіовимірювання від UE та обирає відповідні дії з передачі, відповідно до рамок RL для максимізації довгострокової користі.

Мета роботи: вибір методу оптимізації хендовера в стільниковій мережі 5G за допомогою Q - навчання для вирішення проблеми підвищення продуктивності методів використання середовища розповсюдження та розгортання, порівняно із результатами інших існуючих алгоритмів.

Об'єкт дослідження: дослідження процесів оптимізації процесу передачі обслуговування абонента під час виклику або сесії передачі даних від однієї базової станції до іншої в стільниковій мережі 5G.

Предмет дослідження: комплекс питань, пов'язаних з вибором оптимального методу оптимізації хендовера за допомогою методу Q - навчання.

Методи дослідження: метод машинного навчання, Q – навчання, метод управління мобільністю на основі променя доступу 3GPP.

Наукова новизна одержаних результатів: у всіх розглянутих середовищах запропонований метод цієї роботи працює краще, ніж існуючі методи. Результати також вказують на те, що коли промені доступу вузькі та проникають глибоко в сусідні клітини, які будуть загальними в щільних

розгортаннях стільникового зв'язку 5G у діапазоні mmWave, хендовер на основі RL алгоритм працює краще завдяки збільшеній можливості для оптимізації довгострокових посилок.

Результати вказують на приріст продуктивності ланкового променя приблизно від 0,3 до 0,7 дБ для практичного середовища розповсюдження.

Практичне значення одержаних результатів: оцінка продуктивності показала, що вона перевершила існуючі схеми хендовера, підтримуючи задоволеність користувачів на прийнятному рівні та знижуючи. Доведено корисність методу через середню продуктивність каналу зв'язку з використанням напівдетермінованої моделі мобільності в трьох різних середовищах. вартість сигналізації хендовера.

Ключові слова: хендовер, метод Q – навчання, базова станція, мобільність, машинне навчання, навчання з підкріпленням, 5G, формування променя.

ABSTRACT

The text part of the master's thesis: 89 pp., 19 pages, 16 tables, 28 sources.

In typical wireless cellular systems, handover involves reassigning the current session being handled by one cell to another. To support increased power requirements and to enable new use cases, the next generation of wireless systems will have very dense deployments and improved beamforming capabilities. In such systems, better mobility is ensured along with increased performance, which requires an improved transmission strategy. This paper describes in detail the handover optimization method in the 5G cellular network. In contrast to the traditional method, it is proposed to control handovers between base stations (BSs) using centralized reinforcement learning (RL), which processes radio measurement reports from UEs and selects appropriate handover actions according to the RL framework to maximize long-term benefit.

The purpose of the work: the selection of a handover optimization method in a 5G cellular network using Q - learning to solve the problem of improving the performance of methods of using the distribution and deployment environment, compared to the results of other existing algorithms.

The object of the study: to investigate the optimization processes of the subscriber service transfer process during a call or a data transfer session from one base station to another in a 5G cellular network.

The subject of the study: a set of questions related to the choice of the optimal handover optimization method using the Q-learning method.

Research methods: machine learning method, Q-learning, 3GPP access beam-based mobility management method.

Scientific novelty of the obtained results: in all considered environments, the proposed method of this work works better than existing methods. The results also indicate that when the access beams are narrow and penetrate deep into neighboring cells, which will be common in dense 5G cellular deployments in the mmWave band,

the RL-based handover algorithm performs better due to the increased ability to optimize long-range links.

The results indicate a link beam performance gain of approximately 0.3 to 0.7 dB for a practical propagation environment.

Practical significance of the obtained results: the performance evaluation showed that it outperformed the existing handover schemes, maintaining user satisfaction at an acceptable level and reducing the usefulness of the method through the average performance of the communication channel using a semi-deterministic mobility model in three different environments. the cost of handover signaling.

Key words: handover, Q-learning method, base station, mobility, machine learning, reinforcement learning, 5G, beamforming.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
РОЗДІЛ 1	16
ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ І СТРУКТУРА СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ.....	16
1.1 Стільникова мережа.....	16
1.1.1 Стільникова ієрархія.....	17
1.1.2 Глобальна система мобільного зв'язку (GSM)	17
1.2 Технологія підключення внутрішньочастотних хендоверів в контексті 5G	18
1.2.1 Концепція хендовера в бездротовому зв'язку	18
1.2.2 Процедура підключення в GSM	22
1.2.3 Причини передачі.....	23
1.2.4 Традиційний механізм передачі сигналу в GSM	24
1.3 Застосування мобільної мережі 5G	24
1.4 Методи машинного навчання для 5G	27
1.4.1 Основні методи машинного навчання для 5G	29
1.4.2. Сучасні підходи.....	29
1.5 Технології оптимізації для 5G	30
Висновки	33
РОЗДІЛ 2	34
УПРАВЛІННЯ ПЕРЕДАЧЕЮ В АВТОМОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ 5G	34
2.1 Введення.....	34
2.2. Огляд та аналіз існуючих схем управління мобільністю.....	37
2.3. Опис схеми управління хендовера із використанням IVIFN	41
2.3.1. Ікосагональні нечіткі числа з інтервальним значенням.....	41

2.4 Запропонована схема управління мобільністю.....	44
2.4.1. Моніторинг швидкості та альтернативної мережі.....	45
2.5. Вибір мережі.....	46
2.6 Поетапний опис виконання хендовера	48
2.6.1 Запропонована прогнозна схема хендовера.....	48
2.6.2 Запропонована схема реактивного виконання хендовера	52
Висновки	55
РОЗДІЛ 3	56
ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНІСТЮ НА ОСНОВІ ПРОМЕНЯ ДОСТУПУ 3GPP.....	56
3.1 Розгляд існуючих алгоритмів управління мобільністю.....	56
3.2 Пропонована методологія формулювання хендовера.....	57
3.3 Навчання з підкріпленням (RL).....	58
3.4 Огляд принципів роботи хендовера із використанням СМAB	61
3.5 Метод підключення заснований на RSRP	63
3.6 Результати використання методу на основі променя доступу 3GPP.....	65
Висновки	71
РОЗДІЛ 4	73
РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	73
4.1 Опис ідеї проекту.....	73
4.1.1 Опис ідеї стартап-проекту.....	73
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	74
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	74
4.4 Аналіз ринкового середовища:	75
4.5 Аналіз умов конкуренції в галузі	76

4.6 Перелік факторів конкурентоспроможності	77
4.7 Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту	77
4.8 SWOT-аналіз та слабкі (Weak) сторони, загрози (Troubles) та можливості (Opportunities)	77
4.9 Альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час.....	78
4.10 Базова стратегія розвитку.....	78
4.11 Вибір стратегії конкурентної поведінки.....	79
4.12 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	79
Висновки	81
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БС	Базова станція
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
ACW	Adaptive Criteria Weights
CDMA	Code Division Multiple Access
CMAB	Contextual Multi-Arm Bandit
EPC	Evolved Packet Core
EUM	Equalized Universe Method
FD	Femto Disregard
FPMIPv6	Fast Proxy Mobile IPv6
GSM	Global System for Mobile
HLR	Home Location Register
HO-CALB	Context-Aware Load Balancing
IFANP	Icosagonal Fuzzy Analytic Network Process
LTE	Long-Term Evolution
MAB	Multi-Arm Bandit
MADM	Multiple Attribute Decision-Making
MAG	Mobility Access Gateway
MAHSCE	Mobility-Aware Handover scheme for Smart Cities Environment
MAHUDVE	Mobility-Aware Handover in Ultra-Dense Vehicular Environment
MDP	Markov Decision Process
MEW	Multiplicative Exponential Weighting
MIH	Media-Independent Handover
MSC	Mobile Switching Center
MSE	Mobility State Estimation
NSA	Non-Stand-alone
OBUs	On-Board Units
OSS	Operating and Support Subsystem

PDF	Probability Density Function
PDSCH	Physical Downlink Shared Channel
PHMVV	Predictive Handover Mechanism for Video streaming in cloud-based urban VANET
PoA	Points of Access
QoS	Quality of Service
RL	Reinforcement learning
RLF	Radio Link Failures
RRC	Radio Resource Control
RSRP	Reference Signal Received Power
SA	Stand-alone
SAW	Simple Additive Weighting
SSIM	Structural Similarity
TDM	Time Division Multiplexing
UDN	Ultra-Dense Networking
UE	User Equipment
VAH	Velocity-Aware Handover
VLR	Visitor Location Register

ВСТУП

Актуальність даної роботи полягає в тому, що технологія 5G стає рушійною силою сучасних телекомунікаційних мереж, що надає високий рівень доступу до зв'язку абонентам та додаткам. Ця технологія дозволяє підвищити продуктивність мереж доступу в галузях енергетики, промисловості, навігації, автомобільних мереж і т.д. Особливо перспективним є напрямок обслуговування мобільних пристроїв, однак для досягнення мети надання високоякісних послуг зв'язку із підвищенням їх ефективності, продуктивності та зниження витрат, необхідно ефективно вирішувати проблеми, що супроводжують ці процеси. Однією з таких проблем є безшовне та безперервне забезпечення мобільності пристроїв. Одним з основних інструментів вирішення цієї проблеми є технологія хендоверу. З розвитком автомобільних мереж зв'язку потреба в ефективному інструменті перепідключення з однієї соти до іншої постає все гостріше. Швидкість руху автотранспорту, забезпечення механізму вибору сот, що можуть надати найкращі показники сигналу постають додатковими ускладнюючими факторами забезпечення ефективного хендоверу. Таким чином постає завдання для покращення показників забезпечення мобільності.

Дисертація була підготовлена відповідно до науково-дослідного плану кафедри телекомунікацій Національного технічного університету України «Київський политехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського.»

Мета роботи: вибір методу оптимізації хендоверу в стільниковій мережі 5G за допомогою Q - навчання для вирішення проблеми підвищення продуктивності методів використання середовища розповсюдження та розгортання, порівняно із результатами інших існуючих алгоритмів.

Завдання роботи:

- Розглянути принципи побудови і структуру системи стільникового зв'язку;

- Проаналізувати засоби покращення управління передачею в автомобільних мережах 5G;
- Запропонувати схему управління мобільністю, прогнозу схему хендовера;
- Проектування методу формування хендовера на основі променя доступу 3GPP;
- Експериментально дослідити запропоновану модель виконання хендовера на основі методу променя доступу 3GPP.

Об'єкт дослідження: опис процесів оптимізації процесу передачі обслуговування абонента під час виклику або сесії передачі даних від однієї базової станції до іншої в стільниковій мережі 5G.

Предмет дослідження: комплекс питань, пов'язаних з вибором оптимального методу оптимізації хендовера за допомогою методу Q - навчання.

Методи дослідження: метод машинного навчання, Q – навчання, метод управління мобільністю на основі променя доступу 3GPP.

Наукова новизна одержаних результатів: у всіх розглянутих середовищах запропонований метод цієї роботи працює краще, ніж існуючі методи. Результати також вказують на те, що коли промені доступу вузькі та проникають глибоко в сусідні клітини, які будуть загальними в щільних розгортаннях стільникового зв'язку 5G у діапазоні mmWave, хендовер на основі RL алгоритм працює краще завдяки збільшеній можливості для оптимізації довгострокових посилок.

Результати вказують на приріст продуктивності ланкового променя приблизно від 0,3 до 0,7 дБ для практичного середовища розповсюдження.

Практичне значення одержаних результатів: оцінка продуктивності показала, що вона перевершила існуючі схеми хендовера, підтримуючи задоволеність користувачів на прийнятному рівні та знижуючи. Доведено корисність методу через середню продуктивність каналу зв'язку з

використанням напівдетермінованої моделі мобільності в трьох різних середовищах.вартість сигналізації хендовера.

Структура та обсяг дисертації: 4 розділи, загальний обсяг – 89 сторінок, 19 рис., 16 таблиць, 28 використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ І СТРУКТУРА СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВГО ЗВ'ЯЗКУ

1.1 Стільникова мережа

Стільникова мережа складається з кількох осередків, охоплює географічний регіон, має базову станцію, яка допомагає користувачам мобільних пристроїв підключатися до мережі, а між мобільною та базовими станціями існує повітряний інтерфейс протоколу фізичного та канального рівня. Усі ці базові станції підключені до Центру комутації мобільних пристроїв, який підключає стільники до глобальної мережі, керує встановленням викликів і обслуговує мобільність.

Існує певний діапазон радіочастот, який виділено базовій станції та певному регіону, і який тепер потрібно надати спільно. Існує 2 способи спільного використання радіочастот мобільного зв'язку з базовою станцією:

Комбінований FDMA/TDMA:

Він ділить спектр на частотний канал і ділить кожен канал на часові інтервали.

Множинний доступ з кодовим розділенням (CDMA):

Дозволяє повторно використовувати той самий спектр для всіх комірок. Покращення чистої ємності. Використовуються дві смуги частот, одна з яких призначена для прямого каналу (від стільникового вузла до абонента), а інша для зворотного каналу (підрозділ до стільникового вузла).

Соти мають довільну форму (близьку до кола), оскільки вони мають однакову потужність з усіх боків і однакову чутливість з усіх боків, але поєднання двох трьох сот разом може призвести до проміжків, що чергуються, або можуть перетинати один одного. Коли кількість абонентів у певній зоні збільшується, необхідно розподілити більше каналів, охоплених цим каналом,

що здійснюється шляхом поділу осередків. Вводиться одна невелика комірка посередині між двома комірками спільного каналу.

1.1.1 Стільникова ієрархія

Фемтосоти - найменша одиниця ієрархії, ці комірки можуть охоплювати лише кілька метрів, де всі пристрої знаходяться у фізичному діапазоні використання.

Пікосоти - розмір цих мереж становить кілька десятків метрів, наприклад, WLAN.

Мікросоти - покривають діапазон у сотні метрів, наприклад у міських районах для підтримки PCS, яка є іншим видом мобільної технології.

Макросоти – охоплюють території порядку кількох кілометрів, наприклад, охоплюють мегаполіси.

Мегасоти - покривають загальнонаціональні території із радіусом дії в сотні кілометрів, наприклад, використання супутників.

1.1.2 Глобальна система мобільного зв'язку (GSM)

GSM використовує 124 частотних канали, кожен з яких використовує 8-слотову систему мультимплексування з тимчасовим розподілом (TDM). Існує смуга частот, яка також є фіксованою. Передача та прийом не відбуваються в одному часовому інтервалі, оскільки радіостанції GSM не можуть одночасно передавати та приймати, потрібен час, щоб перейти від одного до іншого. Дані передається за 547 мікросекунд, але передавач може надсилати лише один пакет даних кожні 4,615 мікросекунд, оскільки він ділиться каналом із сімома іншими станціями. Загальна швидкість кожного каналу становить 270 833 біт/с, розділена між вісьмома користувачами, що дає 33,854 Кбіт/с валово.

Канал керування (CC) – окрім каналів користувача, є кілька каналів керування, які використовуються для керування системою.

Канал управління трансляцією (BCC) – це безперервний потік вихідних даних ідентифікаційної інформації базової станції та стану каналу. Усі мобільні

станції відстежують рівень свого сигналу, щоб побачити, коли вони переїхали в нову комірку.

Виділений канал управління (DCC) використовується для оновлення місцезнаходження, реєстрації та налаштування викликів. Зокрема, кожна базова станція підтримує базу даних мобільних станцій. Інформація, необхідна для підтримки цієї бази даних, надсилається по виділеному каналу управління.

Загальний канал керування складається з трьох підканалів:

Пейджинговий канал базова станція використовує для сповіщення про вхідні дзвінки. Кожна мобільна станція постійно стежить за дзвінком, на який вона повинна відповісти.

Канал довільного доступу, який дозволяє користувачам запитувати слот на виділеному каналі керування. Якщо два запити збігаються, вони спотворюються, і їх потрібно повторити пізніше.

Канал надання доступу є оголошеним призначеним слотом.

1.2 Технологія підключення внутрішньочастотних хендоверів в контексті 5G

1.2.1 Концепція хендовера в бездротовому зв'язку

У мережі радіоресурси та фіксовані лінії зв'язку в процесі виклику не залишаються зайнятими постійно. Хендовер (передача з'єднання), або хендофф (handoff) - це перемикання каналів та ліній у міру переміщення рухомого об'єкта по різних каналах і осередках стільникової мережі. Виявлення та вимірювання рівня радіосигналів для хендовера становлять одну з основних функцій рівня управління радіоресурсами RRM (RadioResourcesManagement).

Хендовер прийнято розділяти на чотири типи, зазначені відповідними цифрами на рис. 1.1:

1. Зміна каналів у межах однієї базової станції.
2. Зміна каналів однієї базової станції на канал іншої станції, яка перебуває під керуванням того ж BSC.

3. Перемикання каналів між базовими станціями, контрольованими різними BSC, але одним MSC
4. Перемикання каналів між базовими станціями, які відповідають як різні BSC, а й різні MSC.

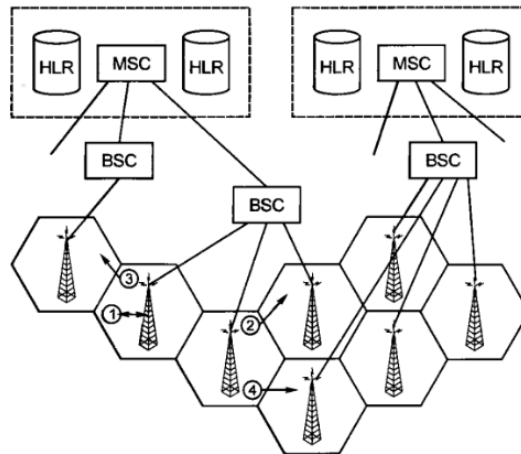


Рис. 1.1 Варіанти хендовера

У перших двох випадках, званих внутрішніми хендоверами, щоб знизити навантаження на комутатор і службові лінії зв'язку, процес зміни каналів управляється BSC, а MSC лише інформується про результат. Перші два типи передачі з'єднання охоплюють лише один контролер базової станції. Щоб зберегти здатність обміну сигналами, достатньо взаємодії BSC без використання управління з центру комутації мобільного зв'язку (MSC). Після завершення передачі з'єднання (хендовера) необхідно повідомити про цю подію MSC. Останні два типи передачі з'єднання називаються зовнішніми передачами з'єднання та обробляються MSC, що беруть участь у з'єднанні. Хендовер може бути ініціалізований мобільною станцією або MSC. Як зазначалося, MS по широкомовному каналу управління (BCCH) проводить сканування не менше 16 сусідніх стільників, формується список шести кращих кандидатів на можливу передачу з'єднання, засновану на отриманій напруженості поля сигналів. Ця інформація передається до BSC та MSC не менше одного разу на секунду для використання алгоритмом передачі з'єднання.

Алгоритм визначення моменту часу, коли має бути прийняте рішення про передачу з'єднання (хендовер), не визначено у рекомендаціях GSM. Є два основні алгоритми, що тісно пов'язані з управлінням потужністю. Це пояснюється тим, що базова станція зазвичай "не знає", чи є погана якість сигналу наслідком завмирання через багатопроменевість або наслідком переміщення мобільної станції до іншого осередку, що особливо часто має місце для невеликих міських осередків.

Алгоритм "мінімально допустима характеристика" віддає пріоритет управлінню потужністю, а не передачі з'єднання (хендоверу): коли сигнал погіршується до певного рівня, рівень потужності мобільної станції збільшується за допомогою управління. якщо подальше збільшення потужності не покращує сигнал, починається передача з'єднання (хендовер). Це найбільш простий і найбільш загальний метод, але він створює ефект "розпливчастої межі" стільники, коли мобільна станція передає сигнали, використовуючи пікову потужність при переході деякої відстані поза межею осередку вихідної стільники в іншу соту.

Алгоритм "бюджету потужності" представляє пріоритет хендоверу, при цьому метою є підтримка або поліпшення якості сигналу при тому самому або нижчому рівні потужності, при цьому методі відсутня проблема "розпливчастої межі" стільники, що зменшує міжканальні перешкоди, але дуже ускладнює алгоритм.

Розглянемо процес обміну сигналами, показаний на рис. 1.2 як хендовер 4-го типу. Нижче наводиться його опис.

1. Коли MS увімкнена, вона періодично сповіщає про якість сигналів BTS1 за допомогою повідомлення про вимірювання. Це повідомлення передається у кожному SACCH (низькошвидкісний суміщений канал управління) з періодичністю 480 мсек. Повідомлення про вимір містить характеристики якості сигналів сусідніх осередків.

2. Якщо якість сигналу хороша, то MS не робить жодних дій. Коли MS досягає межі між зонами обслуговування MSC2 та MSC1, вона сповіщає BTS1 про те, що отримала слабкий сигнал.

3. BTS1 приймає рішення про ініціалізацію процесу хендовера для того, щоб покращити якість обслуговування MS, та передає результати вимірювань, включаючи вимірювання якості сигналів сусідніх осередків BSC1.

4. BSC1 проводить аналіз результатів вимірювання для того, щоб визначити зону обслуговування з найкращою якістю.

5. Якщо BSC1 вирішує запросити хендовер, то він передає MSC1 номер використовуваної стільниці, список цільових сот з кращими показниками, ніж у використовуваної стільниці. При цьому станція BTS2 включена до списку цільових сот. BSC1 включається таймер для того, щоб обмежити час очікування початку хендовера (надходження сигналу від MSC1 про початок процесу хендовера).

6. MSC1 передає запит на хендовер до MSC2. При цьому з регістра MSC1 (це може бути VLR або HLR) передаються дані маршрутизації та аутентифікації. На MSC1 включається таймер для того, щоб обмежити час очікування початку хендовера в зоні обслуговування MSC2 (час відповіді BSC2).

7. Запит на передачу з'єднання обробляється на MSC2 як новий вихідний дзвінок, і вибирається канал нового дзвінка. Нові дані записуються в VLR MSC2, який забезпечує присвоєння номера рухомої станції, що «блукає» (MSRN – Mobile Station Roaming Number). Процедурою автентифікації під час обробки виклику керує VLR MSC2.

8. Передається підтвердження запиту хендовера від MSC2 (початок хендовера) до MSC1. На MSC1 відключається таймер, що обмежує час очікування початку хендовера (див. п. 6), оскільки отримана команда початку хендовера. Якщо MSC1 був центром візиту, дані на VLR

MSC1 стираються. Якщо він був домашнім центром, поточна адреса VLR абонента, що міститься в HLR, оновлюється.

9. MSC1 передає повідомлення BSC1 про те, що з'єднання закінчено.

10. BSC1 звільняє канал, інформує MSC1 у тому, що роз'єднання закінчено.

11. MSC1 звільняє обладнання та передає MSC2 сигнал закінчення процедури.

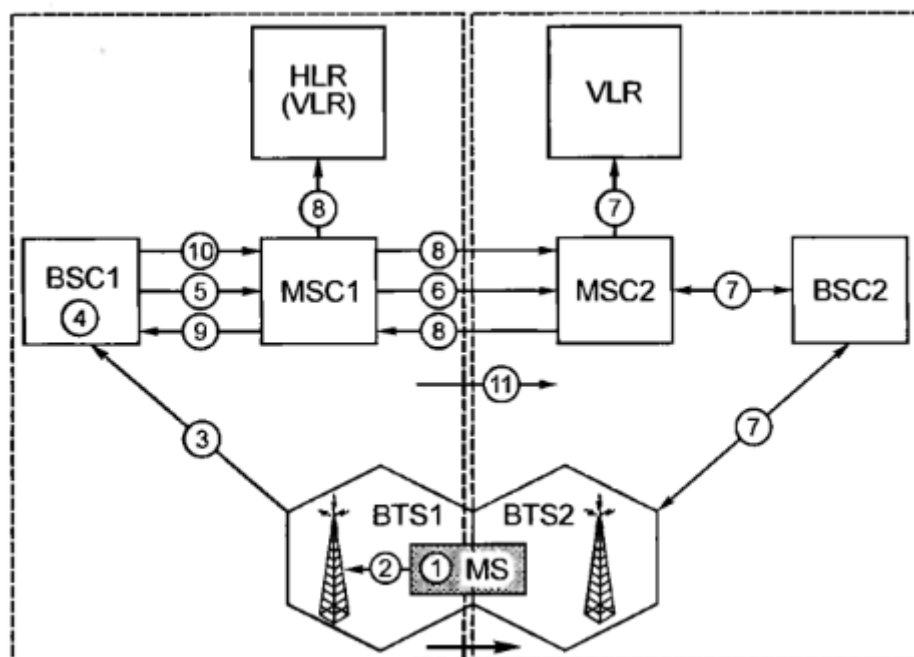


Рис. 1.2 Обмін сигналами при хендовері

1.2.2 Процедура підключення в GSM

Метою процедури передачі є збереження поточних викликів під час переміщення мобільної станції з однієї комірки в іншу. У звітах про вимірювання GSM для виконання передачі, яка здійснюється обслуговуючим BSC, який не має прямих відомостей про якість радіозв'язку. Ці звіти про вимірювання містять якість радіосигналу низхідної лінії зв'язку від BTS до MSC виклику та до п'яти сусідніх стільників. Обслуговуюча BTS вимірює вихідну лінію зв'язку від MSC до BTS якості радіосигналу виклику та пересилає у звітах про вимірювання. Інформація у звітах про вимірювання BSC може вирішити, чи потрібна

передача в іншу соту. Ці звіти про вимірювання періодично передаються від MSC до BSC по каналу SACCH, призначеному для кожного зв'язку для кожного з'єднання. Тривалість повторення SACCH створює фіксовану часову сітку 480 мс у звітах про вимірювання.

1.2.3 Причини передачі

У стільниковій мережі GSM для прийняття рішення про передачу зазвичай використовується ряд різних показників продуктивності. Ці показники продуктивності дають основу після багатьох досліджень мікростільникового хендоверу та накладеного хендовера системи. Нижче наведено короткий огляд цих показників ефективності.

1. Імовірність блокування нового виклику через велике навантаження на пропускну здатність BSC. У цій ситуації мобільна станція передається сусідній комірці на основі якості сигналу і пропускну здатності.

2. Імовірність того, що виклик перервано через збій хендовера. Ця метрика може бути отримана безпосередньо з ймовірності блокування хендовера та ймовірності хендовера.

3. Імовірність того, що допущений виклик не буде розірвано до його завершення.

4. Імовірність того, що передача виконана, коли умови прийому є неадекватними.

5. Імовірність того, що передача не може бути успішно завершена.

6. Кількість хендоверів за одиницю часу. У поєднанні із середньою тривалістю дзвінка можна визначити середню кількість хендоверів на дзвінок і ймовірність хендовера.

7. Тривалість під час передачі обслуговування, протягом якого мобільна станція не підключена до жодної з базових станцій. Ця метрика продуктивності значною мірою залежить від топології мережі та обсягу передачі.

8. Відстань, на яку пересувається мобільна одиниця від точки, в якій має відбутися передача, до точки, в якій відбувається.

1.2.4 Традиційний механізм передачі сигналу в GSM

У стільниковій мережі GSM як мобільна станція, так і BTS регулярно вимірюють потужність радіосигналу. Мобільна станція постійно передає свої звіти про вимірювання на BTS. Якщо BTS виявляє зниження радіосигналу нижче мінімального рівня, ініціюється запит на передачу. Потім BTS інформує BSC про запит, який потім перевіряє, чи можливо перевести виклик у нову сусідню комірку. Насправді BSC перевіряє, чи є вільний канал у новій сусідній комірці. чи ні. У цій ситуації BSC не розрізняє запити каналу ні на новий виклик, ні на передачу. Якщо в новій сусідній комірці доступний вільний канал, тоді запит на передачу обслуговування може бути задоволений, і мобільна станція перемикається на нову комірку. Якщо в сусідній комірці немає вільного каналу, то це збільшує ймовірність припинення виклику передачі обслуговування. Недоліком цієї процедури передачі обслуговування є той факт, що запит на передачу обслуговування для каналу такий самий, як і для нових викликів. У звичайному механізмі хендовер дуже проблематичний з точки зору якості обслуговування користувачів, оскільки користувач може віддати перевагу блокуванню нового виклику, а не перериванню виклику в середині передачі.

1.3 Застосування мобільної мережі 5G

Високошвидкісна мобільна мережа: 5G є прогресом у порівнянні з усіма попередніми технологіями мобільних мереж, які пропонують дуже високу швидкість завантаження 0 від 10 до 20 Гбіт/с. Бездротова мережа 5G працює як оптоволоконне підключення до Інтернету. 5G відрізняється від усіх звичайних технологій мобільної передачі та забезпечує ефективне підключення голосу та високошвидкісного передавання даних. 5G пропонує дуже низьку затримку зв'язку менше мілісекунди, корисну для автономного водіння та критично важливих додатків. 5G використовуватиме міліметрові хвилі для передачі даних, забезпечуючи вищу пропускну здатність і високу швидкість передачі

даних, ніж нижчі діапазони LTE. Оскільки 5 Gі є швидкою мобільною мережевою технологією, вона забезпечить віртуальний доступ до високої обчислювальної потужності та безпечний і безпечний доступ до хмарних служб і корпоративних програм. Маленька комірка є однією з найкращих функцій 5G.

Розваги та мультимедіа: В одному аналізі 2015 року було виявлено, що понад 50 відсотків мобільного інтернет-трафіку використовувалося для завантаження відео. Ця тенденція, безумовно, посилиться в майбутньому, що зробить потокове відео більш поширеним. 5G запропонує високошвидкісну поточкову передачу відео 4K із кришталево чистим звуком і створить віртуальний світ високої чіткості на вашому мобільному телефоні. 5G принесе користь індустрії розваг, оскільки він пропонує 120 кадрів на секунду з високою роздільною здатністю та ширшим динамічним діапазоном потокового відео, а також доступ до телеканалів HD на мобільних пристроях без будь-яких перерв. 5G забезпечує зв'язок високої чіткості з низькою затримкою, тому доповнену реальність (AR) і віртуальну реальність (VR) буде дуже легко впроваджувати в майбутньому. Ігри віртуальної реальності сьогодні є модними, і багато компаній інвестують у HD ігри віртуальної реальності.

Інтернет речей — об'єднання всього: мобільна мережа 5G відіграє важливу роль у розвитку Інтернету речей (IoT). IoT з'єднає багато речей з Інтернетом, наприклад прилади, датчики, пристрої, об'єкти та програми. Ці програми будуть збирати багато даних з різних пристроїв і датчиків. 5G забезпечить дуже високошвидкісне підключення до Інтернету для збору, передачі, контролю та обробки даних. 5G — це гнучка мережа з невикористаним доступним спектром, і вона пропонує дуже недороге розгортання, тому це найефективніша технологія для IoT. У багатьох сферах 5G надає переваги IoT:

Розумні будинки : розумна побутова техніка та продукти сьогодні користуються попитом. Мережа 5G робить розумні будинки більш реальними, оскільки пропонує високошвидкісне підключення та моніторинг розумних

пристроїв. Розумна побутова техніка легко доступна та налаштована з віддалених місць за допомогою мережі 5G, оскільки вона пропонує дуже високу швидкість зв'язку з низькою затримкою.

Розумні міста: бездротова мережа 5G також допомагає розробляти програми для розумних міст, такі як автоматичне керування дорожнім рухом, оновлення погоди, місцеве мовлення, енергозбереження, ефективне електропостачання, розумна система освітлення, управління водними ресурсами, управління натовпом, контроль надзвичайних ситуацій тощо.

Промисловий IoT: бездротова технологія 5G надасть багато функцій для галузей майбутнього, таких як безпека, відстеження процесів, розумне пакування, доставка, енергоефективність, автоматизація обладнання, прогнозне обслуговування та логістика. Технологія розумних датчиків 5G також пропонує розумніші, безпечніші, економічні та енергозберігаючі промислові операції IoT.

Розумне землеробство: технологія 5G відіграватиме вирішальну роль у сільському господарстві та розумному землеробстві. Датчики 5G і технологія GPS допоможуть фермерам відстежувати живі атаки на посіви та швидко керувати ними. Ці розумні датчики також можна використовувати для зрошення, контролю шкідників, комах і електроенергії.

Автономне водіння: бездротова мережа 5G пропонує високошвидкісний зв'язок із дуже низькою затримкою, що важливо для автономного водіння. Це означає, що бездротові мережі 5G незабаром оживуть безпілотні автомобілі. За допомогою 5G автономні автомобілі можуть легко спілкуватися з розумними дорожніми знаками, об'єктами та іншими транспортними засобами, що рухаються по дорозі. Функція низької затримки 5G робить самостійне керування більш реальним, оскільки кожна мілісекунда важлива для автономних транспортних засобів, прийняття рішень здійснюється за мікросекунди, щоб уникнути аварій.

Охорона здоров'я та критично важливі програми:

Технологія 5G принесе модернізацію в медицину, де лікарі та практики зможуть виконувати передові медичні процедури. Мережа 5G забезпечить зв'язок між усіма аудиторіями, тому відвідувати семінари та лекції буде простіше. Завдяки технології 5G пацієнти можуть зв'язуватися з лікарями та отримати їхні поради. Вчені створюють розумні медичні пристрої, які можуть допомогти людям із хронічними захворюваннями. Мережа 5G сприятиме розвитку індустрії охорони здоров'я завдяки інтелектуальним пристроям, Інтернету медичних речей, розумним датчикам, технологіям отримання медичних зображень високої чіткості та системам розумної аналітики. 5G допоможе отримати доступ до хмарного сховища, тому отримати доступ до даних охорони здоров'я буде дуже легко з будь-якої точки світу. Лікарі та практикуючі медики можуть легко зберігати та обмінюватися великими файлами, як-от звіти МРТ, за лічені секунди за допомогою мережі 5G.

Супутниковий Інтернет: у багатьох віддалених районах наземні базові станції недоступні, тому 5G відіграватиме вирішальну роль у забезпеченні зв'язку в таких районах. Мережа 5G забезпечуватиме підключення за допомогою супутникових систем, а супутникова система використовує групу невеликих супутників для забезпечення підключення в міських і сільських районах по всьому світу.

1.4 Методи машинного навчання для 5G

Різні методи машинного навчання (ML) застосовуються в мережах 5G і мобільному зв'язку. Вони забезпечують вирішення багатьох складних проблем, які потребують багато ручного налаштування. Методи ML можна в цілому класифікувати як контрольоване, неконтрольоване та навчання з підкріпленням. Давайте обговоримо кожен метод навчання окремо та її вплив на мережу.

Навчання під наглядом, де користувач працює з позначеними даними; деякі проблеми з мережею 5G можна додатково класифікувати як проблеми класифікації та регресії. Деякі проблеми регресії, такі як планування вузлів у

5G і доступність енергії, можна передбачити за допомогою алгоритму лінійної регресії (LR). Для точного прогнозування смуги пропускання та розподілу частот застосовується статистична логістична регресія (SLR). Деякі контрольовані класифікатори застосовуються для прогнозування попиту на мережу та розподілу мережевих ресурсів на основі продуктивності підключення; це означає налаштування топології та швидкість передачі даних. Машина опорних векторів (SVM) і алгоритми апроксимації на основі NN використовуються для навчання каналу на основі спостережуваної інформації про стан каналу.

У неконтрольованому навчанні, коли користувач працює з даними без міток, застосовуються різні методи кластеризації для підвищення продуктивності мережі та з'єднання без перерв. Кластеризація K-means зменшує переміщення даних, зберігаючи вміст центрів обробки даних у кластерах. Він оптимізує оцінку хэндовера на основі моделі мобільності та вибору вузлів ретрансляції в мережі V2V. Ієрархічна кластеризація зменшує збій мережі шляхом виявлення вторгнення в мобільну бездротову мережу; неконтрольоване м'яке кластеризування допомагає зменшити затримку шляхом кластеризації туманних вузлів. Непараметрична байєсовська техніка неконтрольованого навчання зменшує трафік у мережі, активно обслуговуючи запити та вимоги користувача.

У разі невизначеного середовища в бездротовій мережі 5G для вирішення деяких проблем використовуються методи навчання з підкріпленням (RL). Актор-критичне підкріплення навчання використовується для планування користувачів і розподілу ресурсів у мережі. Процес прийняття рішень Маркова (MDP) і частково спостережуваний MDP (POMDP) використовуються для прийняття рішень про передачу на основі якості досвіду (QoE) для Hetnets. Керує прийомом пакетних викликів у HetNets і процесом доступу до каналу для вторинних користувачів у когнітивній радіомережі (CRN). RL використовується для визначення каналу зв'язку та мобільності та прискорює швидкість навчання вторинного користувача за допомогою стратегії захисту від

перешкод. RL використовується в різних параметрах додатків мережі 5G, таких як розподіл ресурсів і безпека.

1.4.1 Основні методи машинного навчання для 5G

Машинне навчання є частиною штучного інтелекту. Він обробляє та аналізує дані, автоматизуючи систематичну модель, яка знаходить закономірності та приймає рішення з мінімальним втручанням людини. Як показано на рисунку 1.3.

У ML визначена модель, яка відповідає бажаним вимогам, за допомогою яких можна отримати бажані результати. На наступному етапі перевіряється точність отриманих результатів.

ML відіграє важливу роль в аналізі мережі 5G для виявлення загроз, прогнозування навантаження на мережу, остаточного упорядкування та формування мережі. Пошук кращого балансу між потужністю, довжиною антен, площею та товщиною мережі перетинався зі спонтанним використанням послуг у всесвіті окремих користувачів і типів пристроїв.

1.4.2. Сучасні підходи

У Фанг Г., Ванг Х., Томасин С. «Машинне навчання для інтелектуальної автентифікації в бездротових мережах 5G і поза ними.» автор вперше описує вимоги до традиційних процедур автентифікації та переваги інтелектуальної автентифікації. Інтелектуальний метод автентифікації було створено для покращення практики безпеки в системах бездротового зв'язку 5G і не тільки. Після цього парадигми машинного навчання для інтелектуальної автентифікації були організовані в параметричні та непараметричні методи дослідження, а також підходи до навчання під наглядом, без контролю та підкріплення. Як результат, методи машинного навчання забезпечують нову парадигму автентифікації за різноманітних мережевих умов і нестабільної динаміки. Крім того, оперативна розвідка для управління безпекою для отримання економічно ефективної, більш надійної, безмодельної, безперервної та з урахуванням ситуації автентифікації.

У Алаве И., Ксентини А., Хаджадж-Аул Ю., Бертин П. «Покращення прогнозування трафіку для масштабованості базової мережі 5G: підхід машинного навчання.» автори запропонували модель на основі машинного навчання для прогнозування трафіку в певному місці. Вони використовували набір даних про трафік мобільної мережі, щоб навчити модель, яка може обчислювати загальну кількість запитів користувачів за раз. Щоб запустити екземпляри функції керування доступом і мобільністю (AMF) відповідно до вимоги, оскільки не було прогнозів щодо запиту користувача, продуктивність автоматично знижується, оскільки AMF не обробляє ці запити одночасно. Раніше методи, засновані на порогових значеннях, використовувалися для прогнозування трафіку, але цей підхід зайняв надто багато часу; тому автори запропонували ML на основі алгоритму RNN для прогнозування навантаження трафіку, що дає ефективні результати.

У Бега Д., Грамаглія М., Бенчс А., Скіанкалепор В., Коста-Перес Х. «Підхід машинного навчання до оптимізації ринку інфраструктури 5G.» автори обговорювали питання доступу до зрізів мережі, розподіл ресурсів між абонентами та те, як максимізувати прибуток провайдерів інфраструктури. Автор запропонував алгоритм керування допуском до зрізу мережі, заснований на SMDP (процес прийняття рішень), який гарантує найкращу політику прийняття та задоволеності абонентів (орендарі). Вони також запропонували новий N3AC, алгоритм на основі нейронної мережі, який оптимізує продуктивність у різних конфігураціях, значно перевершує практичні та прості підходи.

1.5 Технології оптимізації для 5G

Методи оптимізації можуть бути застосовані для виявлення проблем NP-Complete або NP-Hard у технології 5G. У цьому розділі коротко описано різні дослідницькі роботи, запропоновані для технології 5G на основі методів оптимізації.

У Зі Р., Гі Х., Томпсон Дж., Ванг С.Х., Ванг Н., Ган Т. «Оптимізація енергоефективності систем радіочастотного ланцюга 5G.» технологія Massive MIMO використовується в мобільній мережі 5G, щоб зробити її більш гнучкою та масштабованою. Реалізація MIMO в 5G потребує значної кількості радіочастот у радіочастотному ланцюзі, що збільшує вартість і енергоспоживання мережі 5G. У цьому документі пропонується рішення, яке підвищує економічність і енергоефективність за допомогою багатьох радіочастотних ланцюгів для мережі бездротового зв'язку 5G. Вони дають оптимізовану енергоефективну техніку для антени MIMO та мережі мобільного зв'язку 5G на основі технології mmWave. Запропонований алгоритм енергоефективного гібридного попереднього кодування (ЕЕНР) для підвищення енергоефективності бездротової мережі 5G. Цей алгоритм мінімізує вартість РЧ-ланцюга з великою кількістю РЧ-ланцюгів.

У Аброл А., Джа Р. К. «Оптимізація живлення в мережах 5G: крок до екологічного спілкування.» автори обговорювали зростаючий попит на енергоефективність у мережах наступного покоління. За останнє десятиліття вони з'ясували речі в бездротовій передачі, що засвідчило зміну в напрямку пошуку екологічних комунікацій для системи наступного покоління. Також було розглянуто важливість прийняття правильної метрики ЕЕ. Крім того, вони працювали над різними підходами, які можна застосувати в майбутньому для підвищення енергоспоживання мережі, і представили короткий підсумок роботи, яка була завершена раніше для підвищення енергопродуктивності мережі за допомогою цих можливостей. Також було охарактеризовано дизайн системи для розробки ЕЕ з використанням вибору реле, а також спостереження за різними алгоритмами, що застосовуються для ЕЕ в екосистемах на основі реле.

У Перес-Ромеро Дж., Саллент О., Феррус Р., Агусті Р. «Планування та оптимізація мережі радіодоступу 5G на основі знань.» автори представили, як підхід на основі ШІ використовується для налаштування функціональних можливостей самоорганізуючої мережі (SON) для проектування та оптимізації

мережі радіодоступу (RAN). Вони використали підхід машинного навчання, щоб передбачити результати для функцій 5G SON. По-перше, дані були взяті з різних джерел; потім для отримання результатів було застосовано моделі машинного навчання на основі прогнозування та кластеризації. Кілька пристроїв на основі штучного інтелекту використовувалися для отримання аналізу знань для безперебійного виконання функцій SON. На основі результатів вони перевірили, як самооптимізація, самотестування та самопроектування виконуються для SON. Автор також описує, як запропонований механізм класифікує в різних порядках.

У Ляхеткангас Э., Паюкоски К., Вихриэля Дж., Берардинелли Г., Лаурідсен М., Тиірола Э., Могенсен П. «Досягнення низької затримки та споживання енергії шляхом оптимізації режиму 5G TDD.» дослідники досліджували роботу OFDM у різних канальних середовищах. Вони також з'ясували зміни в тривалості кадру конструкції рами 5G TDD. Рознос піднесучих є вигідним для отримання малої довжини кадру з контрольними витратами. Вони запропонували різні методи для зменшення тривалого захисного періоду (GP) і циклічного префікса (CP), як-от повне використання інтервалу між кількома піднесучими, управління та частини даних кадру на кінці приймача, різноманітне використання тимчасового випередження (TA) або повний контроль гнучкого розмір CP.

Висновки

Цей розділ основну інформацію про мобільну мережу 5G та її функції. Ці функції роблять 5G більш надійною, масштабованою, ефективною технологією. Розвиток зв'язку 5G принесе нові покращення в порівнянні з існуючими системами.

5G забезпечує високу швидкість передачі даних, покращену якість обслуговування (QoS), низьку затримку, високе покриття, високу надійність та економічно доступні послуги. 5G надає послуги, розділені на три категорії: Екстремальний мобільний широкосмуговий доступ (eMBB). Це неавтономна архітектура, яка пропонує високошвидкісне підключення до Інтернету, більшу пропускну здатність, помірну затримку, потокове відео UltraHD, медіа віртуальної реальності та доповненої реальності (AR/VR) і багато іншого. Зв'язок масивного машинного типу (eMTC), 3GPP випускає його у своїй 13-й специфікації. Він забезпечує далекосяжний і широкосмуговий зв'язок машинного типу за дуже рентабельною ціною з меншим енергоспоживанням. eMTC пропонує послугу з високою швидкістю передачі даних, низьким енергоспоживанням, розширене покриття через меншу складність пристрою через операторів мобільного зв'язку для додатків IoT. Наднадійний зв'язок із низькою затримкою (URLLC) пропонує низьку затримку та надвисоку надійність, багату якість обслуговування (QoS), що неможливо з традиційною архітектурою мобільної мережі. URLLC розроблений для взаємодії на вимогу в режимі реального часу, як-от дистанційна хірургія, зв'язок між транспортними засобами (V2V), індустрія, інтелектуальні мережі, інтелектуальна транспортна система тощо.

РОЗДІЛ 2

УПРАВЛІННЯ ПЕРЕДАЧЕЮ В АВТОМОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ 5G

2.1 Введення

У типовому 5G автомобільна мережева архітектура, автомобільне обладнання включає бортові пристрої (OBU) та мобільне користувальницьке обладнання (UE). Транспортні засоби взаємодіють один з одним, а також мають доступ до мережних інфраструктур. Мережі доступу зазвичай будують інфраструктуру туману, який взаємодіє із хмарним середовищем, пропонуючи автомобільні послуги. Багато автомобільних користувачів можуть обслуговуватися з кожного транспортного засобу, при цьому кожен користувач може одночасно використовувати декілька послуг з різними обмеженнями. У цьому мережному середовищі виникають підвищені вимоги до зв'язку автомобільних користувачів і, таким чином, потрібна збільшена кількість ресурсів доступу до мережі. Для вирішення цієї проблеми використовується технологія Ultra-Dense Networking (UDN). Щільні мережеві інфраструктури доступу 5G можуть бути реалізовані там, де підвищена кількість точок доступу (PoA) та може надати безліч комунікаційних ресурсів для користувачів. Що стосується принципів роботи UDN, кілька різних технологій можуть співіснувати серед мережного доступу. Показово, що макростільники та фемтосоті які створюють середовище доступу до мережі, можуть реалізовувати такі технології, як IEEE 802.11p Wireless Access for Vehicular Environment (WAVE), довгостроковий стандарт 3GPP. Evolution Advanced (LTE-A) та IEEE 802.16 Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX). Крім того, щодо принципів проектування 5G Core (5GC), у базовій мережі автомобільної архітектури 5G застосовуються методи віртуалізації для управління ресурсами та управління мобільністю. Зв'язок між функціями віртуальної мережі досягається за допомогою інтерфейсів прикладного програмування RESTful (RESTful API) протоколами на основі HTTPS/JSON.

В результаті, реалізація нових алгоритмів маніпулювання мережею стає незалежною від конкретного базового обладнання, що оптимізує підтримку

гетерогенних мережових технологій. Співіснування різноманітних технологій бездротового доступу вказує на необхідність ефективного керування мобільністю транспортних засобів. Ця потреба спричинила використання IEEE Media Independent Handover (MIH) та Fast Proxy Mobile IPv6 (FPMIPv6) стандарти передачі мобільності. Зокрема, протокол MIH визначає операції хендвера у різних мережах доступу. Його архітектура забезпечує загальні інтерфейси, що не залежать від типу автомобільного обладнання та мереж доступу, підтримують події канального рівня та пошук мережної інформації. З іншого боку, два опорні сценарії підключення представлені у FPMIPv6, прогнозуючий та реактивний сценарій, залежно від швидкості автомобіля. У прогнозованому сценарії транспортний засіб перед відключенням від його попередньої мережі надсилає звіт про індикацію передачі на свій шлюз доступу до мобільних пристроїв (MAG) оголошення нової мережі, обраної як ціль для виконання хендвера. У випадку, якщо транспортний засіб підключається до нової мережі без вказівки свого МАГ у попередньої мережі виконується реактивна операція FPMIPv6. Транспортні засоби завжди повинні бути підключені до найбільш відповідної мережі доступу для виконання обмеження QoS їхніх послуг. Щоб вирішити цю проблему, багатоатрибутне прийняття рішень (MADM) можуть застосовуватись для вибору найкращої альтернативи серед мереж-кандидатів, беручи до уваги набір критеріїв оцінки. Відомі методики включають аналітичний ієрархічний процес (АНР), аналітичний мережовий процес (АНР), просте адитивне зважування (SAW), нечітке SAW (FSAW), мультиплікативне експоненційне зважування (MEW) та метод переваги порядку за подібністю до ідеального рішення (ТОПСІС). У цьому розділі описано методологію підтримки хендверів на транспортних засобах 5G мережі. Підтримуються як прогнозуючий, так і реактивний режими хендвера. Під час руху транспортного засобу аналізується траєкторія, швидкість та виконується альтернативний процес моніторингу мережі. Цей процес застосовує метод оцінки стану мобільності (MSE) LTE, який був покращений, щоб полегшити процес прийняття рішення, враховуючи, що обидві макросоти

та фемтосоти можуть обслуговувати територію кожного транспортного засобу. Таким чином, швидкість автомобіля постійно контролюється та характеризується як Нормальна, Середня чи Висока, з урахуванням кількості хендоверів, виконаних транспортним засобом протягом ковзного тимчасового вікна. Більш того, він ранжує мережі-кандидати, беручи до уваги швидкість транспортного засобу, мережу характеристичні критерії, критерії поведінки постачальника та критерії енергозбереження. Зокрема, якщо швидкість автомобіля Нормальна, всі мережі, включаючи макростільники та фемтосоти, розглядаються як мережеві альтернативи. З іншого боку, якщо швидкість автомобіля Середня, деякі фемтосоти вздовж траєкторії руху транспортного засобу пропускаються, щоб підключитися ставка має бути знижена. Нарешті, якщо швидкість транспортного засобу висока, лише доступні макрокомірки розглядаються як мережеві альтернативи. Крім того, в прогнозованій сценарії хендовер щоразу, коли рівень задоволеності користувачів падає нижче за заданий поріг, ініціюється хендовер та виконується процес вибору мережі. Відповідно, у реактивній роботі хендовера, коли користувач транспортного засобу втрачає зв'язок зі своєю обслуговуючою мережею, він підключається до доступної мережі, що отримала більш високий рейтинг під час процесу вибору мережі. Обговорювана схема реалізує кілька характеристик, зокрема:

- Послуги управління хендовера, а саме моніторинг швидкості та альтернативної мережі, ініціація хендовера, вибір мережі та виконання хендовера виконуються в хмарі для зниження навантаження на транспортний засіб;
- Для перенесення мобільності підтримуються як передиктивні, так і реактивні режими хендовера;
- Швидкість автомобіля враховується для того, щоб зайві перепідключення не потрапляли до клітин ближньої дії (таких як фемтосоти), яких слід уникати, оскільки транспортний засіб, що рухається з високою

швидкістю, буде залишатися протягом короткого періоду часу у межах своєї зони дії;

- Ініціювання хендовера виконується з урахуванням задоволеності користувача, яка оцінюється з використанням параметрів відношення сигнал-шум плюс перешкода (SINR) і якості обслуговування (QoS), що сприймається, через те, що користувачі, які сприймають хороше SINR може не задовольнятися QoS, яке вони також сприймають зі своїх діючих мереж;
- При виборі мережі враховуються критерії, що суперечать один одному, для різних типів додатків і користувацьких угод про рівень обслуговування, щоб задовольнити вимоги вимогливих послуг;
- Схема хендовера застосовує покращену версію структури MHN та протоколу FPMIPv6.

2.2. Огляд та аналіз існуючих схем управління мобільністю

Загалом процес підключення зазвичай складається з ініціації хендовера, вибору мережі, та підпроцеси виконання хендовера. У дослідницькій літературі запропоновано кілька схем хендовера, що підтримують вищезгадані функції управління мережею.

У роботі Пачеко, Л.; Медейрос, І.; Сантос, Х.; Олівейра, Х.; Розаріо, Д.; Серкейра, Е.; Нето, А. "Алгоритм передачі для обміну відео через автомобільні мережі" автори запровадили необхідність Quality of Service (QoS) та Quality of Service. Параметри досвіду (QoE) у алгоритмах управління мобільністю.[16] У цьому підході алгоритм QoE для потокової передачі відео в автомобільних мережах 5G (HOVe) пропонується в щоб покращити загальну продуктивність хендовера. Процес аналітичної ієрархії (АНР) метод використовується для визначення важливості поточних показників, включаючи радіоресурси, рухомість автомобіля, QoE. і т. д. Структурна подібність (SSIM) оцінюється як метрика QoE. Пропонований алгоритм перевершує стандартний алгоритм LTE з урахуванням RSSI для відеосервісів.

У роботі Пулнісай, П.; Панчалард, Р. "Точка запуску передачі для високошвидкісних мобільних пристроїв" [18] автори запропонували схему запуску ГО, засновану на динамічних умовах. Важливим аспектом процесу хендовера є імпульс тригерної події, яка ініціює ГО. Неточний тригер може призвести до перебоїв в обслуговуванні, втрати даних, затримка та збій радіоканалу. Запропонована схема використовує IEEE 802.21 Media. Незалежна передача обслуговування (МІН) та її служби, що є подією відключення каналу. А динамічне значення розраховується для коригування точки спрацьовування під час доставки хендовера відповідно до поточної швидкості мобільного вузла.

Агабозоргі, С.; Баяті, А.; Нгуєн, К.к.; Деспінс, К.; Черієт, М. «До механізму передбачуваної передачі в програмно визначених корпоративних мережах Wi-Fi» [19] автори представили метод машинного навчання для прогнозування необхідності передача обслуговування підтримки QoE користувачів. Пропонований метод використовує опору алгоритм векторної регресії (SVR) для періодичної оцінки хендовера для кожного мобільного вузла. Алгоритм отримує потужність сигналу, пропускну здатність та оцінку попереднього хендовера, як входні критерії. Мобільний вузол ініціюється для виконання хендовера до нової мережі, якщо вартість передачі перевищує порогове значення, задане системною поведінкою.

Міхалас, А.; Сгора А.; Вергадос, Д.Д. «Інтегрований підхід до керування мобільністю МІН-FPMIPv6 для пакетної системи архітектури» [20] було запропоновано методологія FPMIPv6, доповнена МІН. Зокрема, були розглянуті функціональні можливості Evolved Packet Core (EPC). А [21] схема реалізує протокол IEEE 802.11 МІН в архітектурі EPC для безперешкодного хендовара було описано. Крім того, було запропоновано використовувати тимчасовий прапор для усунення як ефекту пінг-понгу, так і помилкові хендовери за рахунок збереження початкових та перехідних прив'язок в ЛМА.

У Сміда, Є.Б.; Фантар С.Г.; Юсеф, Х. «Механізм передавання передавання для потокового відео в хмарному міському vanet» механізм

попереджувачого хендовера для потокового відео в міських мережах хмар. [22] Запропоновано метод VANET (PHMVV) з урахуванням списку альтернативних точок доступу. PHMVV враховує такі параметри, як швидкість транспортного засобу, його відстань від кожного PoA, напрямок його руху та якість каналу для кожного PoA. Відповідно, коли транспортний засіб наближається до альтернативного PoA з кращою якістю зв'язку, ніж його поточний PoA, транспортний засіб виконує перепідключення.

Далла Сіа, М.; Мейсон, Ф.; Перон, Д.; К'яріотті, Ф.; Поліс, М.; Махмуді, Т.; Зорзі, М.; Занелла, А. «Передача з урахуванням мобільності стратегії в розумних містах» було описано схему передачі обслуговування з урахуванням мобільності для середовища розумних міст (MAHSCE). Зокрема дані про дорожній рух збиралися зі Smart Міста. [23]

Кумар, Х.; Сінгх, М.К.; Гупта, М.; Мадаан, Дж. «Рух до розумних міст: рішення, які ведуть до трансформації розумних міст рамка» середовище з використанням датчиків. [24] Механізм ініціювання хендовера з урахуванням дорожнього руху, а також SNR, який сприймає транспортний засіб зі свого поточного PoA. Крім того, щоб знизити швидкість хендовера, фемтосоти не вважаються мережевими альтернативами, коли швидкість транспортного засобу вища за 16 м/с. Однак слід зазначити, що автори не дали пояснення щодо вибору цього конкретного порогового значення. Тому в нашій роботі також здійснювався моніторинг швидкості руху автомобіля і був реалізований інший підхід до цього завдання з урахуванням принципи роботи методики LTE MSE. [14]

У Капур, С.; Грейс, Д.; Кларк, Т. «Схема вибору базової станції для хендовера в ультращільному міському стільниковому міському центрі з надвисокою щільністю транспортне середовище» було запропоновано метод Mobility-Aware Handover в Ultra-Dense Vehicular Environment (MAHUDGE). Враховується напрямок, у якому рухається кожен транспортний засіб для вибору найбільш відповідного PoA. Зокрема, аналізується рухливість

транспортного засобу, для створення набору мережних альтернатив. Що стосується цільової мережі для виконання хендовера, були оцінені три варіанти, включаючи мережеву комірку, наступну комірку в тому же або протилежному напрямку транспортного засобу, і комірка з найменшим навантаженням.

Брахім, М.Б.; Мир, З.Х.; Знайді, В.; Фіلالі, Ф.; Хамді, Н. "Передача відео з урахуванням якості обслуговування через гібридну бездротову мережу для підключені транспортні засоби" схема управління мобільністю з контекстно-залежним балансуванням навантаження (HO-CALB). [28] Було запропоновано застосування HO-CALB до мережевої архітектури, де і Wi-Fi, і мережі WiMAX співіснують. Коли якість обслуговування, що сприймається кожним користувачем, падає нижче зумовленого граничне значення, буде ініційований хендовер. Після цього при виборі мережі трафік даних навантаження розподіляється на WiMAX та Wi-Fi PoA з урахуванням доступних пропускна спроможність кожного з них.

Аршад, Р.; ЕльСаві, Х.; Sorour, S.; Аль-Наффурі, Т.Й.; Алуїні, М.С. «Керування передачею з урахуванням швидкості в дворівневому стільниковому зв'язку мережі" був описаний метод передачі обслуговування з урахуванням швидкості (VAN). Перший рівень складається з макроосередків, а другий рівень містить Фемтостіни. Крім того, використовуються чотири механізми хендовера. Перший з них називається Механізм Best Connected (BC), який застосовується до користувачів з низькою мобільністю або статичними користувачі. У цьому випадку всі осередки мережі, доступні в зоні дії кожного користувача, включаючи обидві Макросоти та фемтосоти розглядаються як мережі-кандидати. Користувач обирає найближчий макроосередок, якщо $P_1 \cdot B_1 \cdot R_1^{-\eta} > P_2 \cdot B_2 \cdot R_2^{-\eta}$, інакше вибирається найближча фемтосота, як цільова мережа для хендовера. Параметр P є потужністю передачі. Крім того, параметр B являє собою коефіцієнт усунення. R представляє відстань користувача, а η – показник ступеня втрат на шляху для кожного рівня. Другий рівень називається Femto Skipping (FS) і він використовується машинами із Середньою рухливістю. В цьому випадку деякі фемтосоти пропускаються для зменшення швидкості

перепідключення, коли $P_1 \cdot B_1 \cdot R_1^{-n} < P_2 \cdot B_2 \cdot R_2^{-n}$. Крім того, третій рівень називається механізмом Femto Disregard (FD) та застосовується до користувачів транспортних засобів, з високою мобільністю. В цьому випадку всі фемтосоти пропускаються. Зрештою, четвертий ярус називається механізмом пропуску макросів (MS) і застосовується до користувачів з надзвичайно високим мобільністю, в той час як у цьому випадку всі фемтосоти, а також деякі макростільники не вважаються альтернативними мережами.

2.3. Опис схеми управління хендовера із використанням IVIFN

Схема управління хендовера використовує нечіткі ікосагональні числа з інтервальним значенням (IVIFN) для представлення значень критеріїв, що розглядаються як процеси ініціації та вибору мережі. Для створення IVIFN, Equalized застосовується EUM. Таким чином, створені нечіткі числа рівномірно розподілені всередині певної області $[0, 1]$. Крім того, ваги критеріїв для обох ініціацій хендовера та вибір мережі оцінюються за допомогою Спосіб мережевого процесу (IFANP).

Під час ініціації хендовера використовується ікосагональна нечітка система виведення MIFIS, що використовується для ухвалення рішення про те, коли має бути ініційований хендовер. Крім того, при виборі мережі найбільш підходяща мережа вибирається шляхом застосування динамічного ікосагонального нечіткого TOPSIS із методом Adaptive Criteria Weights (DIFT-ACW). У цій роботі такі критерії як швидкість транспортного засобу, обмеження QoS автомобільних користувацьких послуг, користувацька угода про рівень обслуговування та енергія користувача обладнання, що залишилася, враховується при виборі мережі. Крім того, в особливих випадках (наприклад, при надзвичайних ситуаціях) ступінь складності ситуації в оточуючому середовищі також враховується.

2.3.1. Ікосагональні нечіткі числа з інтервальним значенням

Нечітку логіку можна використовувати для вирішення проблем, враховуючи приблизну інформацію, тоді як нечітке число представлено

набором дійсних значень, що вказують на невизначену величину. У роботі використовувалися ікосагональні нечіткі числа, що забезпечують підвищену точність обчислень. Ікосагональне нечітке число можна визначити як вектор $x = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, v_A, v_{A1}, v_{A2}, v_{A3}, v_{A4}, v_{A5}, v_{A6}, v_{A7}, v_{A8})$ з функцією:

$$(2.1) \quad \mu(x) = \begin{cases} v_{A1} \cdot \frac{x-x_1}{x_2-x_1}, & \text{if } x_1 \leq x < x_2; \\ v_{A1}, & \text{if } x_2 \leq x < x_3; \\ v_{A2} - (v_{A2} - v_{A1}) \cdot \frac{x-x_3}{x_4-x_3}, & \text{if } x_3 \leq x < x_4; \\ v_{A2}, & \text{if } x_4 \leq x < x_5; \\ v_{A3} - (v_{A3} - v_{A2}) \cdot \frac{x-x_5}{x_6-x_5}, & \text{if } x_5 \leq x < x_6; \\ v_{A3}, & \text{if } x_6 \leq x < x_7; \\ v_{A4} - (v_{A4} - v_{A3}) \cdot \frac{x-x_7}{x_8-x_7}, & \text{if } x_7 \leq x < x_8; \\ v_{A4}, & \text{if } x_8 \leq x < x_9; \\ v_A - (v_A - v_{A4}) \cdot \frac{x-x_9}{x_{10}-x_9}, & \text{if } x_9 \leq x < x_{10}; \\ v_A, & \text{if } x_{10} \leq x < x_{11}; \\ v_A - (v_A - v_{A5}) \cdot \frac{x-x_{12}}{x_{11}-x_{12}}, & \text{if } x_{11} \leq x < x_{12}; \\ v_{A5}, & \text{if } x_{12} \leq x < x_{13}; \\ v_{A5} - (v_{A5} - v_{A6}) \cdot \frac{x-x_{14}}{x_{13}-x_{14}}, & \text{if } x_{13} \leq x < x_{14}; \\ v_{A6}, & \text{if } x_{14} \leq x < x_{15}; \\ v_{A6} - (v_{A6} - v_{A7}) \cdot \frac{x-x_{16}}{x_{15}-x_{16}}, & \text{if } x_{15} \leq x < x_{16}; \\ v_{A7}, & \text{if } x_{16} \leq x < x_{17}; \\ v_{A7} - (v_{A7} - v_{A8}) \cdot \frac{x-x_{18}}{x_{17}-x_{18}}, & \text{if } x_{17} \leq x < x_{18}; \\ v_{A8}, & \text{if } x_{18} \leq x < x_{19}; \\ v_{A8} \cdot \frac{x-x_{20}}{x_{19}-x_{20}}, & \text{if } x_{19} \leq x < x_{20}; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

де $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}$ та $v_A, v_{A1}, v_{A2}, v_{A3}, v_{A4}, v_{A5}, v_{A6}, v_{A7}, v_{A8} \in [0, 1]$.

Інтервальне нечітке число (IVFN) визначається як $A = [A^L, A^U]$, де параметр A^L позначає нижнє нечітке число та параметр A^U позначає верхню одиницю. IVFN замінюють чіткі числа інтервалами в $[0, 1]$. Загалом, вони

корисні для розв'язання проблем прийняття рішень з кількома атрибутами (MADM) через те, що нечітку інформацію краще виражати за допомогою інтервалів, ніж за допомогою чітких значень. Зокрема, IVFS A визначається таким чином:

$$A = \{(x, [\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)])\} \quad (2.2)$$

$$\mu_A^L(x), \mu_A^U(x) : X \rightarrow [0, 1] \forall x \in X, \mu_A^L(x) \leq \mu_A^U(x) \quad (2.3)$$

$$\mu_A(x) = [\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)] \quad (2.4)$$

$$A = \{(x, \mu_A(x))\}, x \in (-\infty, \infty) \quad (2.5)$$

Ікосагональне нечітке число з інтервальним значенням (IVIFN) є найбільш загальним випадком IVFN (рис. 2.1), який визначається як:

$$A = [A^L, A^U] = [(x_1^L, x_2^L, x_3^L, x_4^L, x_5^L, x_6^L, x_7^L, x_8^L, x_9^L, x_{10}^L, x_{11}^L, x_{12}^L, x_{13}^L, x_{14}^L, x_{15}^L, x_{16}^L, x_{17}^L, x_{18}^L, x_{19}^L, x_{20}^L, v_A^L, v_{A1}^L, v_{A2}^L, v_{A3}^L, v_{A4}^L, v_{A5}^L, v_{A6}^L, v_{A7}^L, v_{A8}^L), (x_1^U, x_2^U, x_3^U, x_4^U, x_5^U, x_6^U, x_7^U, x_8^U, x_9^U, x_{10}^U, x_{11}^U, x_{12}^U, x_{13}^U, x_{14}^U, x_{15}^U, x_{16}^U, x_{17}^U, x_{18}^U, x_{19}^U, x_{20}^U, v_A^U, v_{A1}^U, v_{A2}^U, v_{A3}^U, v_{A4}^U, v_{A5}^U, v_{A6}^U, v_{A7}^U, v_{A8}^U)] \quad (2.6)$$

де: $A^L \subset A^U$, $0 \leq x_1^L \leq x_2^L \leq x_3^L \leq x_4^L \leq x_5^L \leq x_6^L \leq x_7^L \leq x_8^L \leq x_9^L \leq x_{10}^L \leq x_{11}^L \leq x_{12}^L \leq x_{13}^L \leq x_{14}^L \leq x_{15}^L \leq x_{16}^L \leq x_{17}^L \leq x_{18}^L \leq x_{19}^L \leq x_{20}^L \leq 1$, $0 \leq x_1^U \leq x_2^U \leq x_3^U \leq x_4^U \leq x_5^U \leq x_6^U \leq x_7^U \leq x_8^U \leq x_9^U \leq x_{10}^U \leq x_{11}^U \leq x_{12}^U \leq x_{13}^U \leq x_{14}^U \leq x_{15}^U \leq x_{16}^U \leq x_{17}^U \leq x_{18}^U \leq x_{19}^U \leq x_{20}^U \leq 1$, $v_A^L \leq v_A^U$, $v_{A1}^L \leq v_{A2}^L \leq v_{A3}^L \leq v_{A4}^L \leq v_{A5}^L \leq v_{A6}^L \leq v_{A7}^L \leq v_{A8}^L$, $v_{A1}^U \leq v_{A2}^U \leq v_{A3}^U \leq v_{A4}^U \leq v_{A5}^U \leq v_{A6}^U \leq v_{A7}^U \leq v_{A8}^U$ і $v_A^L, v_{A1}^L, v_{A2}^L, v_{A3}^L, v_{A4}^L, v_{A5}^L, v_{A6}^L, v_{A7}^L, v_{A8}^L, v_A^U, v_{A1}^U, v_{A2}^U, v_{A3}^U, v_{A4}^U, v_{A5}^U, v_{A6}^U, v_{A7}^U, v_{A8}^U \in [0, 1]$.

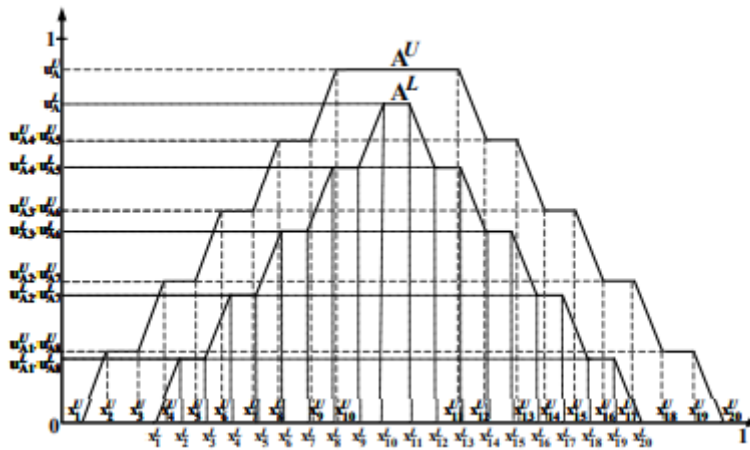


Рис. 2.1. Форма інтервального ікосагонального нечіткого числа.

2.4 Запропонована схема управління мобільністю

Під час руху транспортних засобів виконується процес моніторингу швидкості та мережі, що забезпечує ефективну передачу кожного транспортного засобу до цільової мережі доступу у разі дії хендовера. Процес підключення включає ініціювання хендовера, вибір мережі та процедури виконання хендовера, при цьому підтримуються як прогнозні, так і реактивні операції. У разі прогнозованого хендовера виконується ініціація підключення, вибір мережі та виконання, тоді як у випадку реактивного хендовера ініціювання підключення не виконується, оскільки зв'язок між транспортним засобом і його попередньою обслуговуючою мережею несподівано вимикається без індикації потенційної втрати з'єднання.

На рис. 2.2 представлено робочий процес запропонованої методології. Конструкцію обговорюваної схеми було оптимізовано для застосування в мережевих архітектурах 5G, де доступні як туманна, так і хмарна інфраструктури, тоді як реалізована сигналізація поєднує повідомлення як IEEE 802.21 Media Independent Handover (MIH) , так і IETF Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) стандартів. Крім того, слід зазначити, що запропоновану схему можна використовувати для управління мобільністю як пішоходів, так і користувачів транспортних засобів. Якщо говорити точніше, вирішення проблем мобільності в динамічних транспортних середовищах має першорядне значення, оскільки транспортні засоби можуть рухатися з підвищеною швидкістю та надавати

неоднорідні послуги багатьом бортовим користувачам. Таким чином, у цій схемі пропонується та оцінюється схема хендовера, яка може бути прийнята в складній автомобільній мережі.

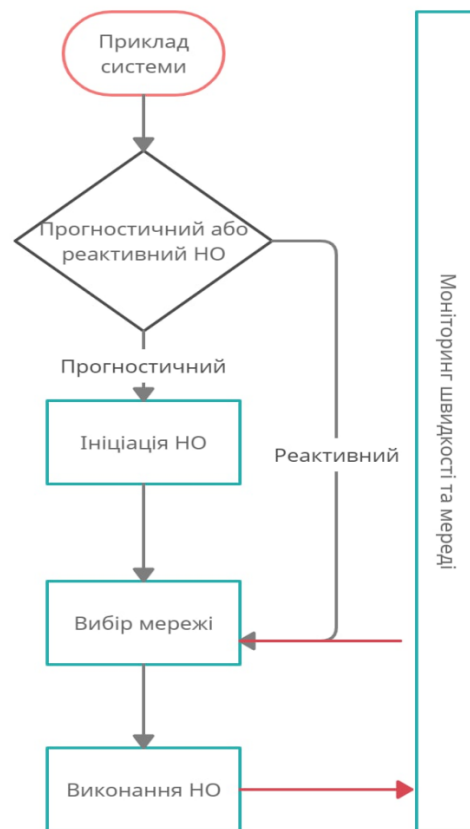


Рис. 2.2. Робочий процес запропонованої методології

2.4.1. Моніторинг швидкості та альтернативної мережі

Інфраструктура Cloud/Fog постійно контролює швидкість кожного транспортного засобу. Була застосована вдосконалена версія методики оцінки стану мобільності (MSE), визначеної в 3GPP LTE Release 11. Ця методологія класифікує швидкість руху транспортного засобу як нормальну, середню або високу, беручи до уваги кількість з'єднань NCRu, які транспортний засіб виконав протягом часового вікна TCRmax. Крім того, кожен транспортний засіб підтримує набір $A = \{A1, A2, \dots, An\}$ потенційних мережевих робіт на основі SINR, що сприймається кожною з них, як визначено середовищем хмари/туману. Набір A постійно оновлюється, оскільки SINR кожної мережі постійно змінюється, коли транспортний засіб рухається всередині середовища

доступу до бездротової мережі. Після цього, у випадку прогнозованого підключення, буде виконано ініціювання хендовера, тоді як у випадку реактивного хендовера вибір мережі виконується негайно.

Ініціація хендовера виконується лише у випадку прогнозного з'єднання. Під час ініціації НО застосовується методологія, за якою визначається показник $S_{u,i}$, який визначає ступінь задоволеності користувача у його/її поточною мережею i . Значення індикатора $S_{u,i}$ обчислюється за допомогою алгоритму MIFIS, де в якості вхідних даних використовуються нормалізовані значення SINR і QoS, які транспортний засіб сприймає з поточної мережі.

Коли або SINR, або QoS падають нижче попередньо визначеного порогу, транспортний засіб надсилає отримані значення до MAG своєї поточної мережі за допомогою повідомлення MIN_Link_Going_down. Згодом інфраструктура Fog, до якої належить поточний MAG, використовує діаграму SIC, щоб визначити ступінь задоволення користувача $S_{u,i}$. Згодом буде виконано процес вибору мережі, якщо оцінений рівень задоволеності буде нижчим за попередньо визначене порогове значення S_{th} .

2.5. Вибір мережі

Під час вибору мережі (рис. 2.3) транспортний засіб надсилає MIN_Get_Information_Request до MIIIS. Це повідомлення містить інформацію про послуги та залишок енергії автомобіля. У разі передбачуваного підключення повідомлення передається поточною мережею автомобіля. Однак у випадку реактивного хендовера транспортний засіб вибирає альтернативну мережу з вищим SINR для передачі повідомлення, оскільки з'єднання з поточною мережею було втрачено. Згодом процес моніторингу швидкості та мережі враховує стан мобільності кожного автомобіля, щоб створити підмножину $A^0 \subset A$ доступних мереж. Зокрема, якщо швидкість транспортного засобу була охарактеризована як нормальна, тоді всі доступні мережі розглядаються як альтернативи, включаючи макросоти та фемтосоти в підмножині A^0 . З іншого боку, якщо швидкість транспортного засобу була

охарактеризована як середня, то деякі фемтостільники пропускаються уздовж траєкторії транспортного засобу та не включаються в A^0 . Зокрема, фемтосота і розглядається як альтернатива, якщо розрахунковий час перебування транспортного засобу $t_{u,i}^{\text{residence}}$ більше або дорівнює середньому часу перебування транспортного засобу з урахуванням усіх доступних фемтосот у його поточному місці (2.7). Слід зазначити, що параметр $t_{u,i}^{\text{residence}}$ транспортного засобу u для i -ої комірки оцінюється, де r_f — радіус комірки, а v_u — швидкість транспортного засобу (2.8). Параметр λ_u представляє щільність комірки в місці розташування транспортного засобу, отриману контролером програмно-визначеної мережі (SDN). Нарешті, якщо швидкість транспортного засобу була охарактеризована як висока, тоді лише доступні макроеlementи включені в A^0 як альтернативи.

$$t_{u,i}^{\text{residence}} = \frac{\pi \cdot r_f}{2 \cdot v_u} \quad (2.7)$$

$$v_u = \frac{\pi \cdot N_{CRU}}{4 \cdot T_{CRMAX} \cdot \sqrt{\lambda_u}} \quad (2.8)$$

Після цього враховується доступність ресурсів, запропонованих кожною мережею підмножини A^0 , так що створюється підмножина $A^{00} \subset A^0$. Зокрема, MHS перевіряє доступність ресурсів, запропонованих кожною альтернативною мережею, шляхом обміну повідомленнями 2.MIN_N2N_HO_Query_Resource_Request і 3.MIN_N2N_HO_Query_Resource_Response. Після цього мережі, що входять до підмножини A'' ранжуються за допомогою алгоритму DIFT-ACW. Ранжування виконується з урахуванням як характеристик мережі (пропускна здатність, затримка, тремтіння, втрата пакетів і споживання енергії), так і критеріїв політики оператора (надійність обслуговування, безпека та грошова вартість), які кожна мережа пропонує за послуги автомобіля. Оскільки параметр споживання енергії враховується під час процесу рейтингу, енергоємні мережі, такі як LTE-A Pro FD-MIMO, яка працює з декількома антенами, отримують низьку оцінку для транспортних засобів із низьким залишком енергії

обладнання користувача. Крім того, оскільки рішення приймається з урахуванням швидкості транспортного засобу, а також QoS і пов'язаних із політикою параметрів, ефект пін-понгу хендовера усувається. Після цього вибирається мережа, яка отримує вищий бал, а транспортний засіб отримує інформацію про цільову мережу доступу через повідомлення 4.MIH_Get_Information_Response.

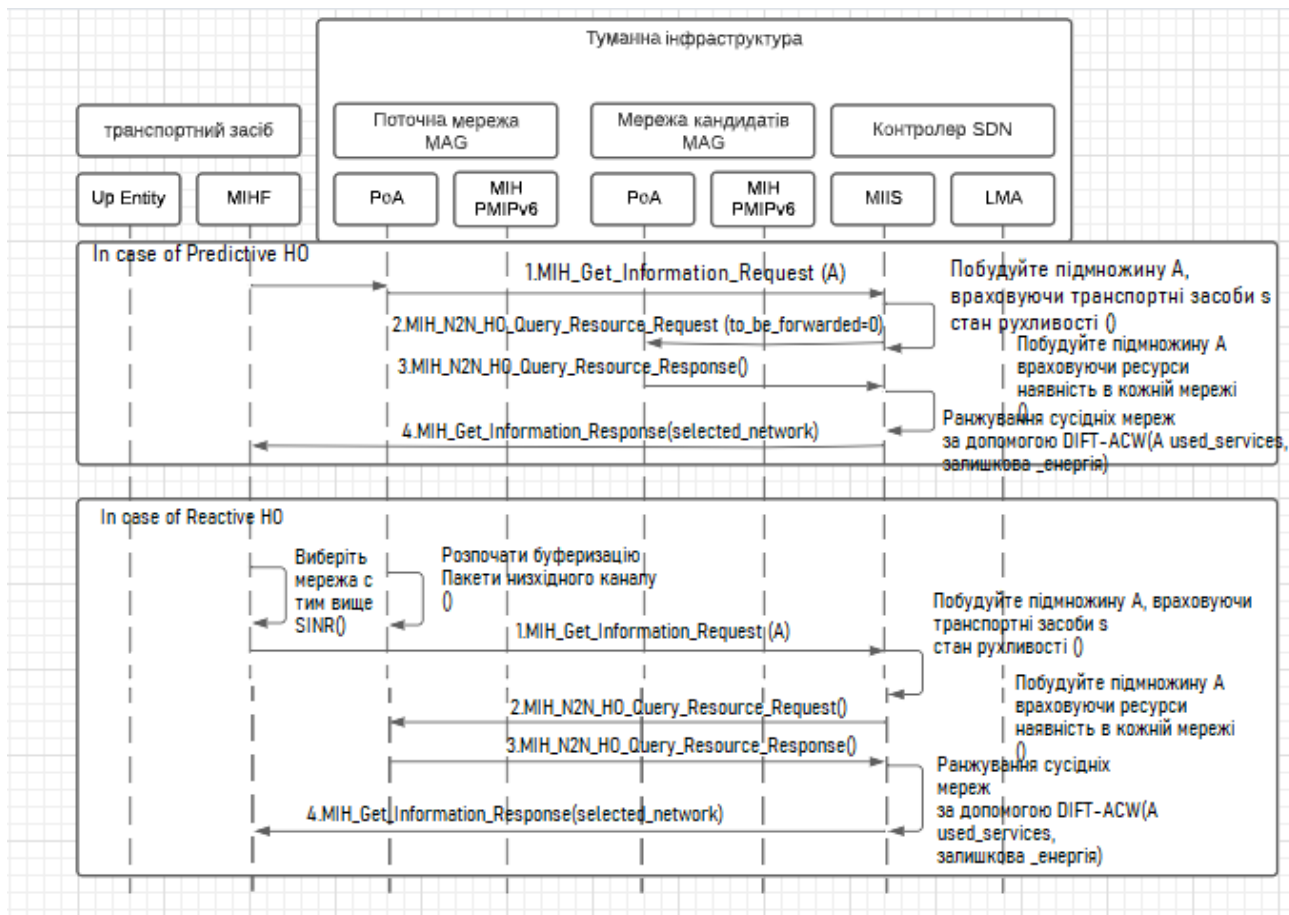


Рис. 2.3. Сигналізація що виконується під час вибору мережі.

2.6 Поетапний опис виконання хендовера

Пропонується вдосконалена схема виконання хендовера на основі протоколу FRMIPv6. Крім того, якщо вибрана та поточна мережі належать до різних MAG, виконується виконання між MAG HO. Навпаки, якщо дві мережі належать до однієї MAG, виконується виконання HO всередині MAG.

2.6.1 Запропонована прогнозна схема хендовера

У разі прогнозованого виконання між MAG HO (рис. 2.4), поточна мережа спочатку надсилає 1.MIH_N2N_HO_Commit_request вибраному MAG,

щоб зарезервувати необхідні ресурси для майбутньої передачі. Після цього вибраний MAG відповідає з повідомленням 2.MIH_N2N_HO_Commit_response, яке вказує, що потрібні ресурси зарезервовано. У цьому випадку поточний MAG інформує транспортний засіб про успішний розподіл ресурсів у вибраній мережі за допомогою повідомлення 3.MIH_Net_HO_Commit_request, тоді як транспортний засіб підтверджує отримання інформації за допомогою повідомлення 4.MIH_Net_HO_Commit_response. Згодом MAG поточної мережі надсилає повідомлення 5.Handover_Initiate до MAG вибраної мережі, яке містить ідентифікатор MN (MN-ID), префікс домашньої мережі (HNP) та ідентифікатор логічного зв'язку MN (MN-LLID). Крім того, прапорці проксі (P) і буферизація (B) повідомлення встановлюються рівними 1, щоб повідомити вибраний MAG про те, що буферизація даних була виконана в поточному MAG. Отримавши це повідомлення, MAG вибраної мережі відповідає повідомленням 6.Handover_Ack, яке підтверджує, що вищезазначену інформацію було успішно отримано, тоді як між двома MAG встановлюється двонаправлений тунель. Після цього копія буферизованих пакетів із поточного MAG передається через тунель до вибраного MAG для доставки в транспортний засіб, коли він підключається до вибраної мережі. Згодом новий MAG надсилає повідомлення 7.PBU до LMA, щоб створити тимчасовий запис у кеші. Після встановлення тимчасового зв'язування на LMA він надсилає повідомлення 8.PBA до MAG вибраної мережі, і між двома об'єктами встановлюється двонаправлений тунель. Таким чином, пакети низхідної лінії зв'язку пересилаються від LMA до MAG у вибраній мережі, де вони буферизовані для доставки до транспортного засобу, коли він завершить своє підключення до вибраної мережі. Крім того, двонаправлений тунель між потоками MAG і LMA залишаються активними, доки тимчасове зв'язування не стане постійним. Потім тимчасове прив'язування забезпечує плавний спосіб виконання хендвера шляхом поступової зміни поточного MAG, щоб уникнути втрат пакетів і помилкових з'єднань. Згодом транспортний засіб надсилає повідомлення 9.MIH_Link_up до вибраного MAG, щоб увімкнути канал зв'язку.

Крім того, транспортний засіб надсилає повідомлення 10.UNA до вибраної мережі, щоб завершити встановлення рівня зв'язку та мережі. Після цього MAG вибраної мережі обмінюється повідомленнями 11.PBU та 12.PBA з LMA, щоб завершити зв'язування. Нарешті, вибрана мережа надсилає повідомлення 13.MIH_N2N_Complete_request попередній мережі. Отримавши це повідомлення, попередня мережа звільняє ресурси, зарезервовані для автомобіля, і надсилає назад повідомлення 14.MIH_N2N_Complete_response для завершення виконання хендвера.

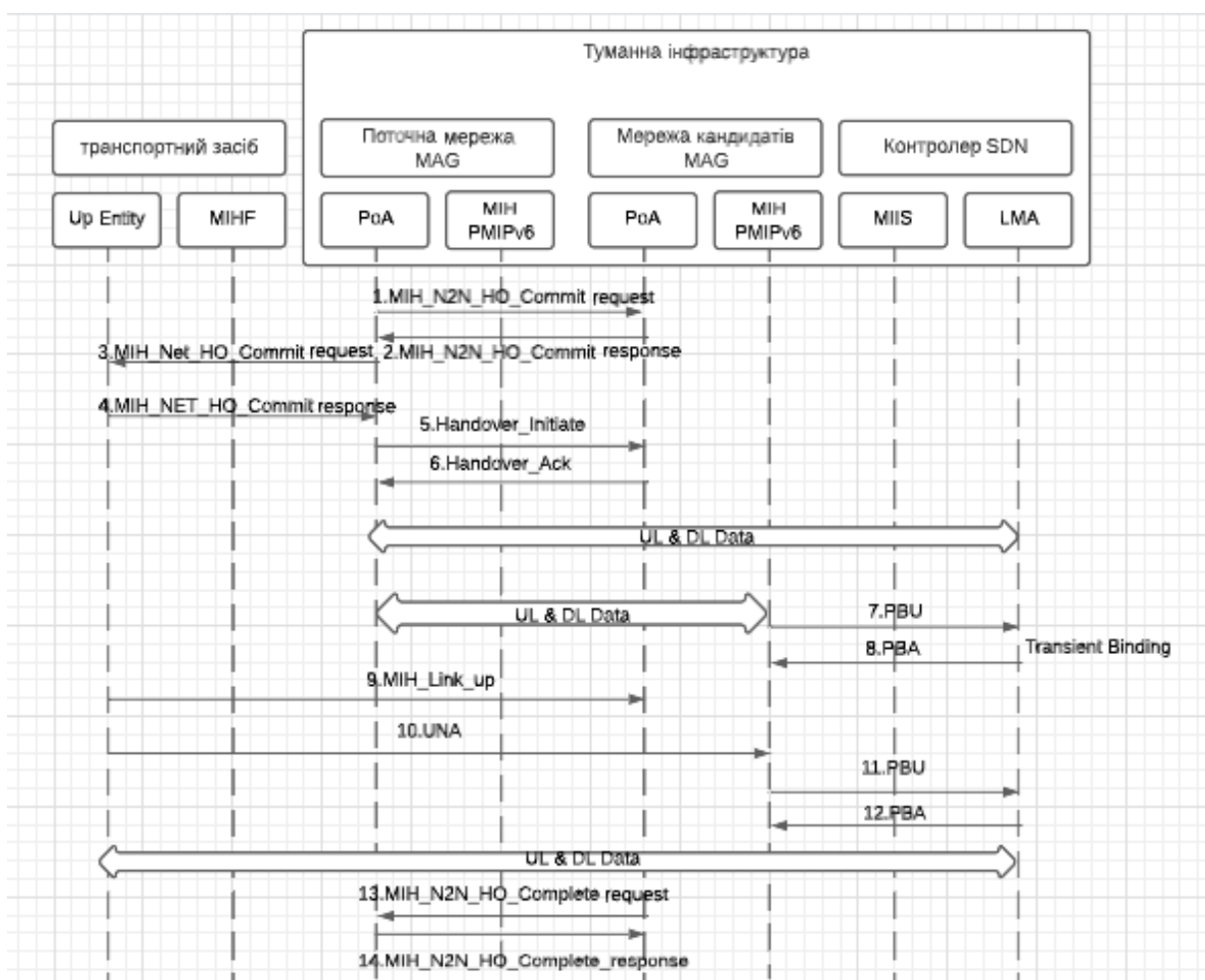


Рис. 2.4. Передбачувана сигналізація VHO між MAG.

Подібно до прогнозованого виконання між MAG HO, у випадку прогнозованого виконання всередині MAG HO (рис. 2.5), поточна мережа надсилає запит 1.MIH_N2N_HO_Commit_request до вибраної мережі, щоб зарезервувати необхідні ресурси для майбутньої передачі. Після цього вибрана мережа відповідає повідомленням 2.MIH_N2N_HO_Commit_response,

вказуючи, що необхідні ресурси зарезервовано. У цьому випадку поточна мережа інформує транспортний засіб про успішний розподіл ресурсів у вибраній мережі за допомогою повідомлення 3.MIH_Net_HO_Commit_request, тоді як транспортний засіб підтверджує отримання інформації за допомогою повідомлення 4.MIH_Net_HO_Commit_response. Згодом транспортний засіб надсилає повідомлення 5.MIH_Link_up до вибраної мережі, щоб увімкнути канал зв'язку. Крім того, транспортний засіб надсилає повідомлення 6.UNA до вибраної мережі, щоб завершити встановлення рівня зв'язку та мережі. Нарешті, вибрана мережа відповідає 7.MIH_N2N_Complete_request на поточну. Отримавши це повідомлення, MAG звільняє ресурси, які були зарезервовані для поточної мережі, і відповідає повідомленням 8.MIH_N2N_Complete_response для успішного завершення виконання НО.

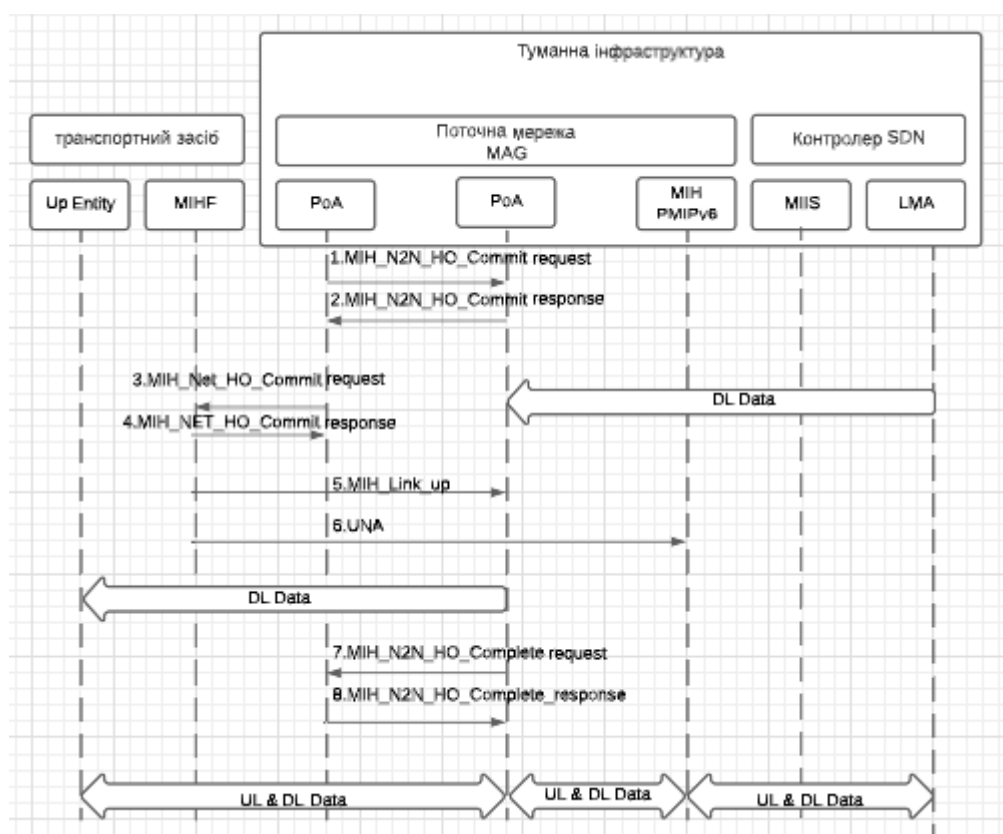


Рис. 2.5. Інтра-MAG прогностична передача сигналів VHO.

Слід зазначити, що у випадку прогнозованого виконання НО всередині MAG (рис. 2.5), оскільки залучені мережі обслуговуються одним і тим же MAG, використання повідомлень 5.Handover_Initiate та 6.Handover_Ack не є

необхідним, оскільки MN-ID, MN-LLID і локальна адреса прив'язки мобільності (LMAA) вже відомі своїм загальним MAG. Крім того, MAG не обмінюється повідомленнями 7.PBU та 8.PBA з LMA, оскільки він зберігає список оновлення зв'язків проксі (PBUL). Зокрема, PB-UL MAG зберігає інформацію про транспортний засіб, включаючи MN-ID, префікс мобільної мережі (MNP) і поточну мережу автомобіля. Таким чином, коли транспортний засіб виконує передачу обслуговування всередині MAG, MNP отримується з PBUL. Крім того, завдяки загальному MAG, що обслуговує, помилкові передачі не викликають жодних збоїв.

2.6.2 Запропонована схема реактивного виконання хендвера

У разі реактивного виконання інтер-MAG HO (рис. 2.6) транспортний засіб надсилає 1.MIH_Li-nk_up_React до вибраної мережі, яка містить інформацію про MNID і MN-LLID і вмикає канал зв'язку. Згодом транспортний засіб надсилає повідомлення 2.UNA до вибраної мережі, щоб завершити встановлення рівня зв'язку та мережі, а також повідомлення 3.MIH_N2N_HO_Commit_request для резервування необхідних ресурсів. Отримавши це повідомлення, вибрана мережа резервує необхідні ресурси та надсилає транспортному засобу відповідь 4.MIH_N2N_HO_Commit_response.

Після цього MAG вибраної мережі визначає, що транспортний засіб раніше не було підключено до жодної з мереж, якими він керує. Таким чином, вибрана мережа надсилає повідомлення 5.Handover_Initiate попередній через LMA. У цьому повідомленні прапорці Proxy (P) і Buffering (B) встановлюються рівними 1. Отримавши це повідомлення, попередня мережа відповідає повідомленням 6.Handover_Ack, і між ними встановлюється двонаправлений тунель. мережі. Після цього буферизовані пакети з попередньої мережі передаються через тунель у вибрану мережу для доставки в транспортний засіб, коли його HO завершиться. Крім того, MAG вибраної мережі обмінюється повідомленнями 7.PBU та 8.PBA з LMA, щоб оновити Binding Cache Entry (BCE) LMA. Таким чином, транспортний засіб стає готовим до передачі або прийому пакетів через вибрану мережу.

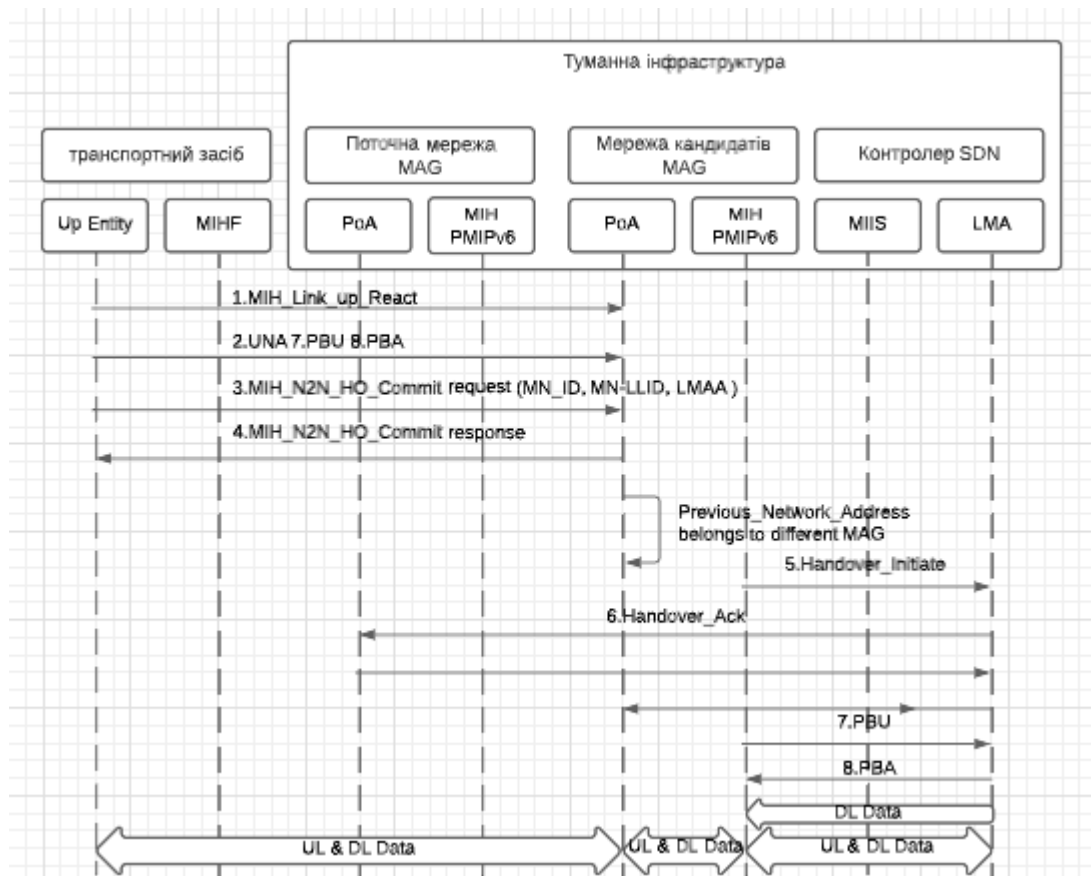


Рис. 2.6. Реактивна сигналізація VHO між MAG.

Для реактивного виконання VHO всередині MAG (рис 2.7) повідомлення після відповіді 4.MIH - N2N_HO_Commit_response вищевказаного випадку не обмінюються між транспортним засобом і вибраною мережею. Зокрема, у цьому випадку MAG вибраної мережі визначає, що транспортний засіб раніше був підключений до мережі, якою він керує. Таким чином, обмін сигнальними повідомленнями між MAG і LMA не потрібен, і транспортний засіб готовий до передачі або прийому пакетів через вибрану мережу.

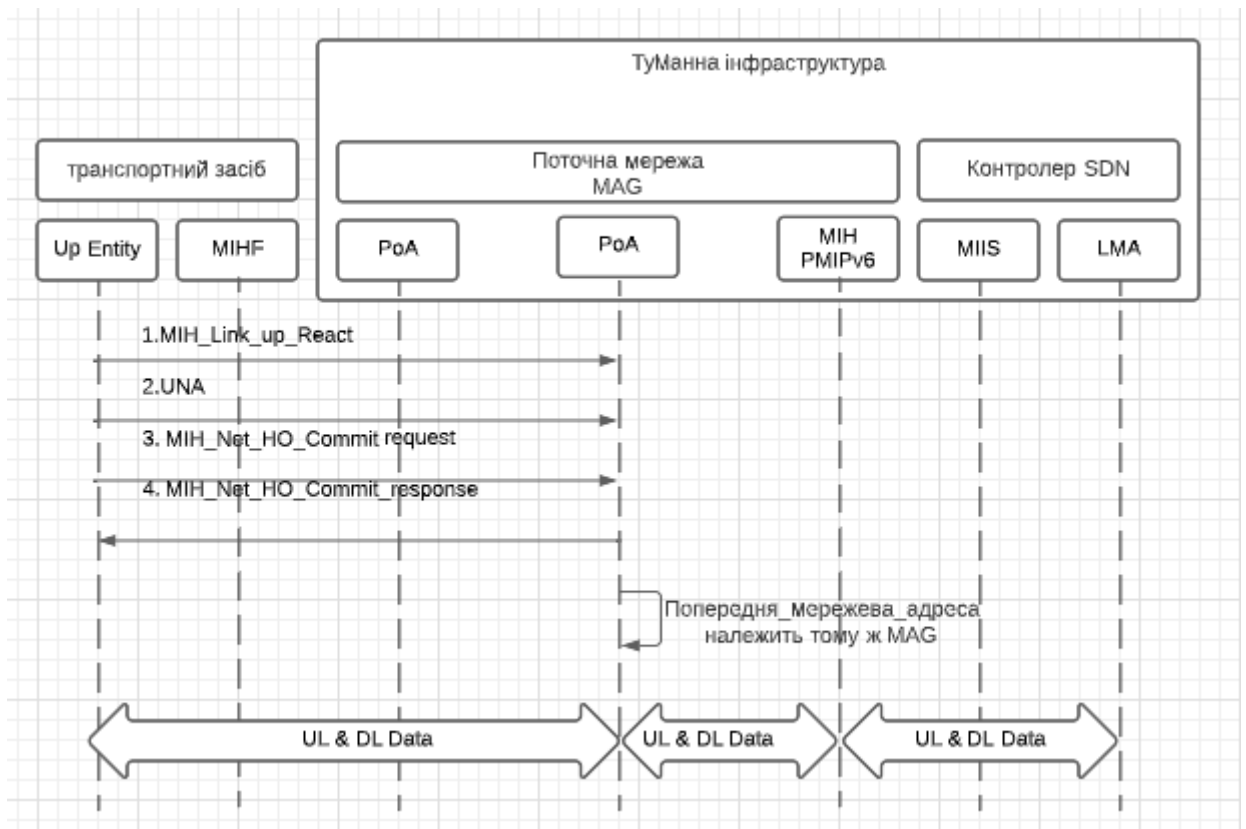


Рис. 2.7. Реактивна передача сигналів VHO всередині MAG.

Слід зазначити, що після успішного виконання кожного з вищезазначених хендверів схеми, кількість прийомів-передач для автомобіля N_{CRu} збільшується для оцінки швидкості транспортного засобу.

Що стосується обчислювальної складності запропонованої методології, то під час процесу вибору мережі спостерігається найгірший сценарій. Зокрема, під час першого запуску алгоритму DIFT-ACW вводиться складність $O(n^2)$ через зважування та нормалізацію двовимірних матриць рішень. Тим не менш, для виконання алгоритму потрібна постійна тривалість часу за умови, що $D(t) = D(t_{prev})$. У цьому випадку алгоритм перевіряє лише останні результати, отримані протягом періоду часу t_{prev} , і спостерігається $O(n)$ складність.

Висновки

У цьому розділі було описано методологію управління хендовер для автомобільних мереж 5G, яка підтримує як прогнозні, так і реактивні сценарії хендовера. Чотири підпроцеси хендовера доповнювали функціональність системи, а саме моніторинг швидкості та мережі, ініціювання підключення, вибір мережі та виконання хендовера. Модуль моніторингу швидкості та мережі оцінює швидкість кожного транспортного засобу та надає альтернативні мережі доступу до роботи хендовера. Якщо рівень задоволеності користувача стає нижчим за попередньо визначене порогове значення, виконується прогнозне підключення. У такому випадку ініціюється підключення та виконується вибір мережі. Реактивний хендовер виконується щоразу, коли транспортний засіб несподівано втрачає з'єднання з обслуговуючою мережею. У такому випадку негайно виконується вибір мережі. Крім того, фаза виконання хендовера включає кілька вдосконалень у роботі протоколу FPMIPv6. Запропонована схема була оцінена в архітектурі автомобільної мережі 5G, тоді як оцінка продуктивності показала, що вона перевершила існуючі схеми хендовера, підтримуючи задоволеність користувачів на прийнятному рівні та знижуючи вартість сигналізації хендовера.

РОЗДІЛ 3

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНІСТЮ НА ОСНОВІ ПРОМЕНЯ ДОСТУПУ 3GPP

3.1 Розгляд існуючих алгоритмів управління мобільністю

У типових стільникових мережах UE безперервно контролюється сигнал обслуговуючої та сусідніх СОР і повідомляє про них обслуговуючій БС. Щоб проілюструвати це, розглянемо яке UE віддаляється від обслуговуючої комірки до краю комірки.

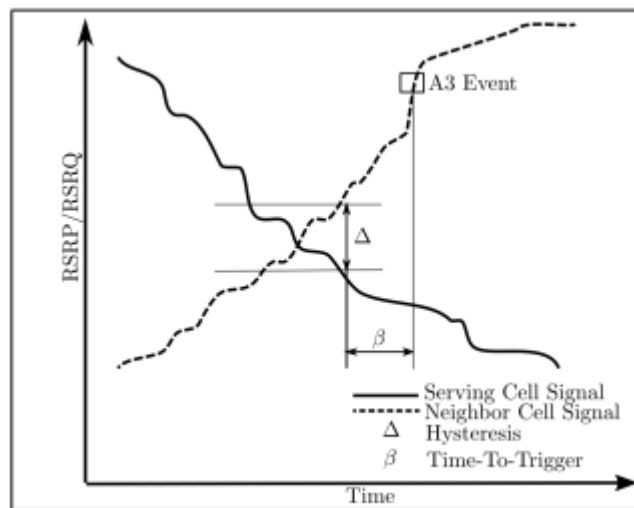


Рис.3.1. Ілюстрація механізму хендовера в стільникових мережах.

Як показано на рис. 3.1, при обслуговуванні стільника опорний сигнал отриманої потужності (RSRP) знижується нижче прийнятного рівня, і RSRP сусідньої комірки вище, ніж обслуговуюча комірka на пороговому значенні (значення гістерезису), тоді ініціюється обслуговуюча БС. Вимірювання RSRP зазвичай виконуються на опорні сигнали низхідної лінії зв'язку. Цей алгоритм обговорюється в детальніше в [2], [3]. Значення гістерезису (Δ) разом з час до запуску (Γ) використовується для подолання ефекту пінг-понгу.

Існує кілька алгоритмів, які обчислюють такі параметри хендоверу, як час до запуску (Γ) і значення гістерезису (Δ) оптимально. Алгоритми в [4] і [5] обговорюють методи для подолання ефекту пінг-понгу під час підключення.

Оптимізація хендовера між макро- та фемто БС шляхом використання UE така інформація, як швидкість, RSSI тощо, обговорюється в [6]. Машинне навчання було запропоновано в кількох задачах оптимізації хендоверу. У гібридних стільникових мережах, з яких складаються безпілотники і наземні UE, головний пелюсток антени БС призначений для обслуговування наземних UE. Це призводить до того, що дрон UE часто обслуговується бічними пелюстками БС антени [7]. Це створює фрагментовану зону покриття, що обслуговується різними базовими станціями, таким чином збільшуючи кількість відмов радіолінії (RLF) та пінг-понгу під час підключення [8]. У [9] автор пропонує RL на основі модель мобільності для дронів. Пропонована модель вивчає фрагментарне 3D-покриття, описане в [8], під час компромісу пропускну здатність, пінг-понг і RLF. У [10] автори звертають увагу на надійність і затримку в земному діапазоні міліметрових хвиль (mmWave) мобільні системи, засновані на передбаченні блокування каналів. В [11] автори пропонують підхід, заснований на навчанні з підкріпленням оптимізація хендовера. Тут автори пропонують вибрати порогове значення для параметрів передачі, такі як Δ і Γ , як «дія» з винагородою конфігурація, отримана з агрегованих значень пропускну здатності протягом деякого часу.

3.2 Пропонована методологія формулювання хендовера

У той час, як попередні роботи з оптимізації хендоверів за допомогою RL були зосереджені на конкретних випадках використання, таких як дрони, враховує конкретні аспекти каналів таких як mmWave, блокування, немає алгоритму, який враховує мобільність передачі оптимізації з використанням аспектів розгортання 5G. Типове автономне розгортання 5G (SA), контроль і синхронізація здійснюється на набагато ширших променях, які називаються променями доступу, а дані для підключеного UE переноситься на дуже вузьких променях, що називаються променями доступу. Промені доступу є зазвичай на mmWave з дуже вузькою шириною променя та іноді проникають глибоко в сусідні клітини, при цьому промені доступу знаходяться в середній смузі з широкою шириною променя. В усі найсучасніші алгоритми хендовера,

розглянуті вище, базуються на вимірюваннях, проведених на доступ променя. У щільному розгортанні 5G стан UE може отримувати промені доступу від кількох БС з достатньої потужності для виконання початкової процедури входу. Навідміну від попередніх робіт, пропонується методологія формулювання хендовера, як підклас проблеми навчання з підкріпленням називається контекстною проблемою хендовера (СМАВ). Агент СМАВ передасть UE випадково таким чином, що їхнє середнє посилення каналу зв'язку (і, отже, пропускна здатність) може бути максимізованим. У запропонованій системі обслуговуюча БС буде збирати звіти про вимірювання, що містять вимірювання RSRP променя від УП, як і раніше, однак не прийматиме рішення. Натомість, хендовер надсилатиме звіти про вимірювання UE до централізованого агента СМАВ, який вибере дію хендовера. Корисність такого формулювання демонструється через моделювання.

3.3 Навчання з підкріпленням (RL)

RL заснований на оціночному зворотньому зв'язку парадигми навчання, як показано на рис. 3.1. Тут агент навчається оптимальній дії в тій чи іншій ситуації на основі проб і помилка. Це досягається шляхом розвідки та експлуатації. Під час експлуатації агент виконує дії, які приносять результат, який отримує агент під час дослідження. У випадку дії, яка не принесе очікуваного результату миттєво, отриманий результат допоможе агенту виявити нові дії, які можуть бути вигідними в довгостроковій перспективі. Марковський процес прийняття рішень (MDP) часто використовується для опису RL. Він характеризується кортежем, що складається з $\{S, A, P, R\}$, де S і A позначає набір можливих станів і дії відповідно, P позначає ймовірності переходу для станів, коли виконується певна дія. MDP може бути вирішується для отримання оптимальної поведінки, де поведінка визначена як дії, які необхідно вжити в кожному стані, щоб максимізувати винагороду. Проблема хендовера (MAB) є варіантом проблеми RL, коли дії, вжиті агентом, не змінюють операційне середовище. Ця проблема передбачає ідентифікацію найкращого варіанту дії хендовера.

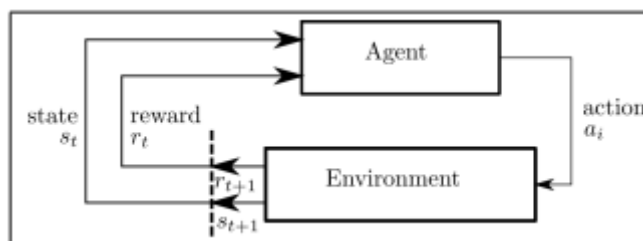


Рис. 3.1 - Структура навчання з підкріпленням

Алгоритм 1: Q – навчання з алогитмом для СМAB

Дано: $Q(s, a) \leftarrow$ Ініціалізовано випадковими винагородами

Результат: $Q^*(s, a) \leftarrow$ Оптимізована Q – таблиця

$t \leftarrow 0, s_0 = s_{init}$ // за період часу 0

тоді як $t < MAX_STEP$ виконує

$g = rand() // \text{будь-який номер в діапазоні } [0,1]$ $\text{якщо } g < \epsilon \text{ то}$ $ a_t = rand(A) // \text{Виконується випадкова дія, } a_t \in A$ більше $[a_t = \operatorname{argmax}\{Q(s_t, a)\}]$ $// Q - \text{таблиця оновлюється із середнім результатом за } (s_t, a_t) \text{ комбінацію}$ $Q(s_t, a_t) \leftarrow \frac{1}{T} \sum_0^t r(s_t, a_t) // T \text{ вказує кількість разів виконання дії } a_t \text{ у стан } s_t$ $\text{до моменту часу } t \leftarrow t + 1$

Проблема контекстного хендовера (СМАВ) є розширеною проблемою МАВ, у якій агент асоціює контекст або стан з МАБ. Завдання агента тепер полягає у вивченні зв'язків між контекстом, агн і винагороду, щоб він міг передбачити найкращу на даний момент вектор контексту. Це додатково проілюстровано в контексті СМАВ, як показано на рис. 3.2, де для кожного з контекстів s_i , $i \in \{1, 2, 3\}$, певна дія, a_i , $i \in \{1, \dots, 4\}$, дає кращу середню винагороду.

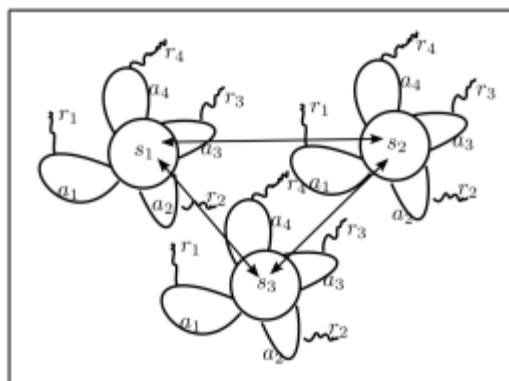


Рис. 3.2 – СМАВ як розширення МАВ

У багатьох практичних задачах RL модель, що визначає P і R недоступні. У цих проблемах оптимальну поведінку все ще можна отримати за допомогою алгоритму Q-навчання. У Q-навчанні метод, Q-значення для поведінки, $Q(a|s)$, визначається як очікуване довгострокова винагорода, коли агент виконує дію a у стані s і далі дотримується поведінки π . З ітераційним процесом розвідку та експлуатації, агент може вивчити оптимальне Q-значення, $Q^*(s, a)$. Оптимальна поведінка полягає в тому, щоб діяти, що максимізує значення Q для кожного стану. Алгоритм Q-навчання описано в Алгоритмі 1. Тут агент

досліджує, виконуючи випадкові дії з ймовірністю ϵ і використовує, дотримуючись оптимальної поведінки з ймовірністю $(1 - \epsilon)$ [12].

3.4 Огляд принципів роботи хендвера із використанням СМАВ

У 5G існує два можливих автономних розгортання (SA) і неавтономний (NSA). У розгортанні АНБ, довгострокова еволюція (LTE) використовується для отримання клітинок і керування, а дані передаються за допомогою newradio (NR). У розгортанні NR SA немає конкретних комірок еталонних сигналів, замість цього виконується одержання клітинок через промені блоку сигналу синхронізації (SSB). У цій статті ми називаємо пучки, які використовуються для отримання клітинок, пучками доступу. У розгортаннях 5G NR SA у мм-діапазонах хвиль дані зазвичай переносяться на вузькій балці, яка називається зв'язною балкою. Приклад ілюстрації з 2-БС з 1 променем доступу та 4 балками зв'язу показано на рис. 3.3.

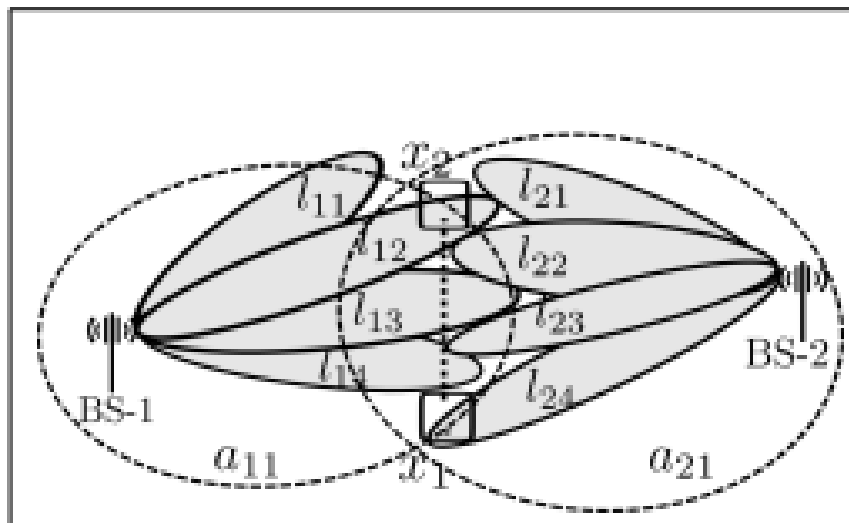


Рис. 3.3 – Ілюстрація UE, що переміщується з позиції 1 до 2 у 2-вузловій мережі з 1 променем доступу та 4 променями зв'язу.

На рис. 3.3 доступ і балки ланки позначаються a_{ij} і l_{ij} відповідно з i і j із зазначенням БС-id і номерів балок. Щоб використовувати лише доступні балки RSRP для висновків хендовера, продуктивність можна покращити за допомогою оппортуністичного вибору БС для хендовера, який має вищий коефіцієнт посилення каналу зв'язку, серед потенційних БС з достатнім доступом до променя і повноваженням виконувати початковий запис. Це можна зробити за допомогою СМАВ з RSRP ланкового променя після дії хендовера. Запропоновано архітектуру, де централізований агент СМАВ робитиме висновок для хендовера. Як показано на рис. 3.4, вимірювання з UE передаються до централізованого агент СМАВ від обслуговуючої БС.

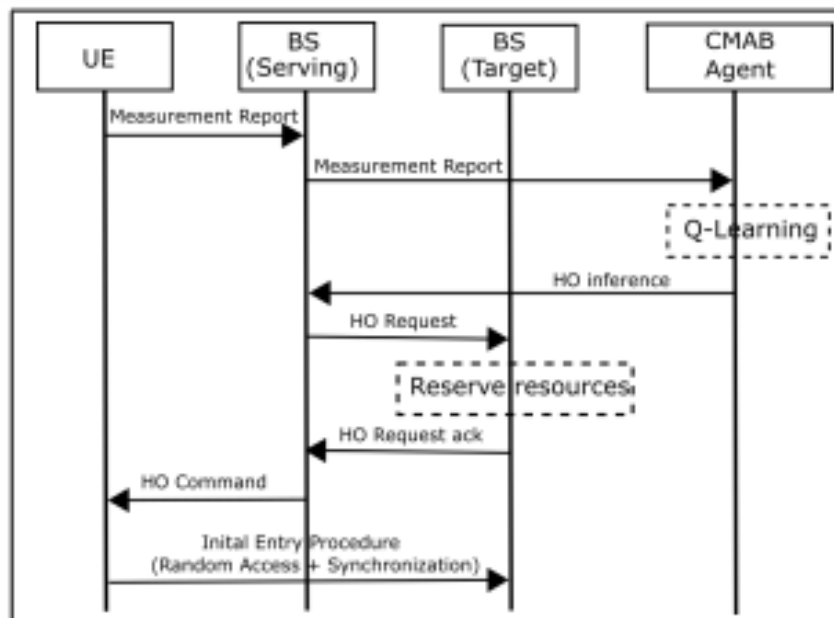


Рис. 3.4 – Процес використання хендовером централізованого агента СМАВ

Алгоритм 2: Алгоритм використання хендовером вхідних даних.

Вхідні значення: звіт по вимірюванням, R

Вихідні значення: БС для хендовера, n

$b_{nbrs} \leftarrow$ отримання сусідні вхудні дані (R)

$b_{serv} \leftarrow$ отримання обслуговуючого доступу вхудних даних (R)

$b_{max} \leftarrow \arg \max (b_{nbrs})$

$\beta_u \leftarrow$ час для активації значення ()

якщо $b_{max} < b_{serv} + \Delta$, то

$|n \leftarrow$ поточний вузел обслуговування()

інакше, якщо $b_{max} > b_{serv} + \Delta$ і $\beta_u < \Gamma$, то

$|$ початок активації значення()
 $|n \leftarrow$ поточний вузел обслуговування()

інакше

$|n \leftarrow$ отриманий ідентифікатор вузла(b_{max})

повернення n .

Контекст для CMAV агента складаються з вимірювань променя доступу для обслуговування і сусідні БС разом з обслуговуючим БС-id. Кожен БС можна розглядати як руку. Мета полягає в тому, щоб вибрати дію в даному контексті, яка максимізує очікувану винагороду. Нагородою ми вважаємо RSRP ланки-балки після хендовера. Оскільки канал-промінь RSRP пропорційний пропускній здатності UE після хендовера, висновок хендовера від CMAV намагається максимізувати пропускну здатність. Для цього не потрібні спеціальні вимірювання чи сигналізація методу 3GPP для хендовера, як показано на рис. 3.5 між БС і UE можна повторно використовувати. Крім RSRP виміри під'їзних балок для обслуговуючої та сусідньої клітинок, контекст для агента CMAV може також включати розташування, швидкість, налаштування антена тощо. Різні конфігурації винагород, наприклад як пропускна здатність низхідної лінії зв'язку, SINR каналного променя після хендовера також можна розглянути. Впровадження CMAV використовуючи Q-навчання в цій роботі, його також можна реалізувати за допомогою таких алгоритмів, як нейронна мережа, тощо.

3.5 Метод підключення заснований на RSRP

Найпоширеніший метод 5G хендовера заснований на RSRP вимірюванні доступних балок. Основна суть цього алгоритм полягає в тому, що хендовер

запускається обслуговуючою БС, коли RSRP променя доступу цільової БС вище, ніж RSRP обслуговуючої БС за значенням гістерезису протягом тривалості більше, ніж параметр часу до запуску. Цей алгоритм виконується кожною БС, щоб зробити висновок про те, чи конкретне UE потребує підключення. Цей метод коротко описано в Алгоритмі 2.

Доступ-промінь RSRP разом з обслуговуванням cell-ID формує «контекст/стан» (див. рис. 3.3), цільову БС до підключення формує “action”, а отриманий RSRP ланки-балки після підключення утворює «value/reward». Під час фази навчання, ми встановлюємо $\epsilon = 1$ в Алгоритмі 1, і UE приймаються випадкові блукання в двовимірному радіосередовищі. Вони поділомлятимуть про вимірювання RSRP доступу променем обслуговування та сусідні клітинки, які утворюють контекст. Q-таблицею будується спроба випадкових дій для отриманих станів (контекстів) і запис винагороди (промінь зв'язку RSRP після підключення). Під час активної або онлайн фази, використовується вбудована Q –таблиця для оптимальної поведінки

$$a_t = \underset{a}{\operatorname{argmax}} \{Q(s_t, a)\} \quad (3.1)$$

Це спосіб поділу офлайн навчання ($\epsilon = 0$) і онлайн етап експлуатації ($\epsilon = 1$) зробить запропоноване рішення практичним з точки зору роботи 5G, запобігаючи агента СМАВ здійснювати катастрофічну дію підключення під час активної фази. Промінь доступу RSRP з обслуговуючих і сусідніх стільників, які в формі контексту є безперервними змінними, але не можна зберігати всі можливі стани/контексти в Q-таблиці. Тільки ті стани, які спостерігаються під час випадкового блукання зберігаються в Q-таблиці. Поки випадкове блукання UE під час фази навчання є достатньо тривалими, спостерігається гарне представлення можливих контекстів і відповідні значення дій станів фіксуються в Q-таблиці. Під час активної фази, функція подібності, заснована на мінімумі Евкліда, вимірює відстані між контекстами Q-таблиці і новим отриманим контекстом із звіту про вимірювання можна використовувати для вибору дії з Q-таблиці. Це показано в (3.2)

$$\hat{c} = \min_{c \in Q} \|c - \hat{p}\| \quad (3.2)$$

Де $\hat{p}$ позначає отриманий контекст, що має промінь доступу Вимірювання RSRP та ідентифікатор обслуговуючої комірки під час активного фаза. $\hat{c}$ позначає контекст у Q-таблиці (Q) з мінімальною Евклідовою відстанню до $\hat{p}$.

Вибір БС під час активної фази задається

$$i^* = \underset{i}{\operatorname{argmax}} \{V_Q(\hat{c}, C_i)\} \quad (3.3)$$

де $V_Q(\hat{c}, C_i)$ позначає цінність/винагороду для «дії» з вибором БС, C_i для підключення з Q-таблиці для контексту в $\hat{c}$. i^* позначає індекс БС з максимальною винагородою. Нижче проілюстровано різницю між 3GPP методу, заснованому на RSRP доступу до променя, розглянутому в Алгоритмі 2, та запропонованим методом СМАВ на простому прикладі. Розглянено мережу з двома БС, в якій UE обслуговується БС-2 рухається від x_1 до x_2 , як показано на рис. 3.4. У x_2 , метод, описаний в Алгоритмі 2, вирішує залишитися БС-2, оскільки доступно-балковий РСРП БС-2 міцніший ніж БС-1. Проте, запропонований агент СМАВ обирає дії хендовера до БС-1 через більшу винагороду з тих пір $l_{12} > \max_j (l_{2j}), j \in 1, \dots, 4$.

3.6 Результати використання методу на основі променя доступу 3GPP

У цьому розділі розглянуто та оцінено запропонований метод на основі променя доступу 3GPP, розглянутий в Алгоритмі 2 для трьох різних налаштувань розгортання та змодельовано середовище за допомогою WINNER II Channel Models. Використовуючи моделі каналів WINNER II, можна моделювати та симулювати просторово визначені канали для багатокористувацьких бездротових систем МІМО. У моделі можна вказати довільну кількість базових станцій (BS) і мобільних станцій (MS) разом із інформацією про їх геометрію та розташування.

Програмний застосунок дає змогу створити симуляцію рівня системи, що включає кілька базових станцій і кілька мобільних терміналів. Симуляція рівня системи складається з кількох посилянь. Кожне посилення моделюється за допомогою методу кластерної лінії затримки (CDL).

Модель каналу дозволяє імітувати умови прямої видимості (LOS) і без LOS. Модель також дозволяє застосовувати кілька сценаріїв розповсюдження в приміщенні та на вулиці. Можна виконати фільтрацію каналів у потоковому режимі за допомогою коефіцієнтів каналу, згенерованих WINNER.

Модель каналу підтримує:

- Радіочастоти до 6 ГГц;
- Смуги пропускання сигналу до 100 МГц;
- Поширення LOS і без LOS;
- 12 сценаріїв розповсюдження в приміщенні та на вулиці;
- Які завгодно великі антенні решітки (для масивних додатків MIMO);
- Ізотропні, дипольні та визначені користувачем діаграми спрямованості елементів антени;
- Різноманітність типів антенних решіток (наприклад, лінійна, кругова та визначена користувачем).

Довкілля-1 і Середовище-2 базується на штучних даних, отриманих з системного емулятора з різними конфігураціями доступу. Конфігурації доступу та лінк-променів для Середовище-1 і Середовище-2 показано на рис. 3.5.

Environment-1	
2D Field Size	1 km X1.5 km
No. of BS	7
No. of access-beams	[3 3 3 3 3 3 3]
No. of link-beams	[3 10 10 10 10 10 3]
Mobility Model	Semi-deterministic
Propagation Model	LOS with pathloss exponent 3.1
Environment-2	
2D Field Size	1 km X1.5 km
No. of BS	7
No. of access-beams	[3 3 3 3 3 3 3]
No. of link-beams	[3 3 3 3 3 3 3]
Mobility Model	Semi-deterministic
Propagation Model	LOS with pathloss exponent 3.1
Environment-3	
2D Field Size	1 km X1 km
No. of BS	21
No. of access-beams	[1 1 ... 1]
No. of link-beams	[8 8 ... 8]
Mobility Model	Semi-deterministic
Propagation Model	WINNER UMa Model

Рис. 3.5 - Блок-схема для ілюстрації налаштування оцінки продуктивності

Для поширення використовувалась проста модель втрат з експонентою втрат на шляху 3,1. Середовище-3 складається з 7-дахових майданчиків з 21 базовою станцією, кожна з яких має 1 промінь доступу та 8 променів зв'язку. Модель розповсюдження для Environment-3 базується на стандарті ITU з моделлю поширення WINNER urban-macro (UMA). Отримані діаграми РЧ-променів з обговорюваною конфігурацією для трьох середовищ показано на рисунку 3.6.

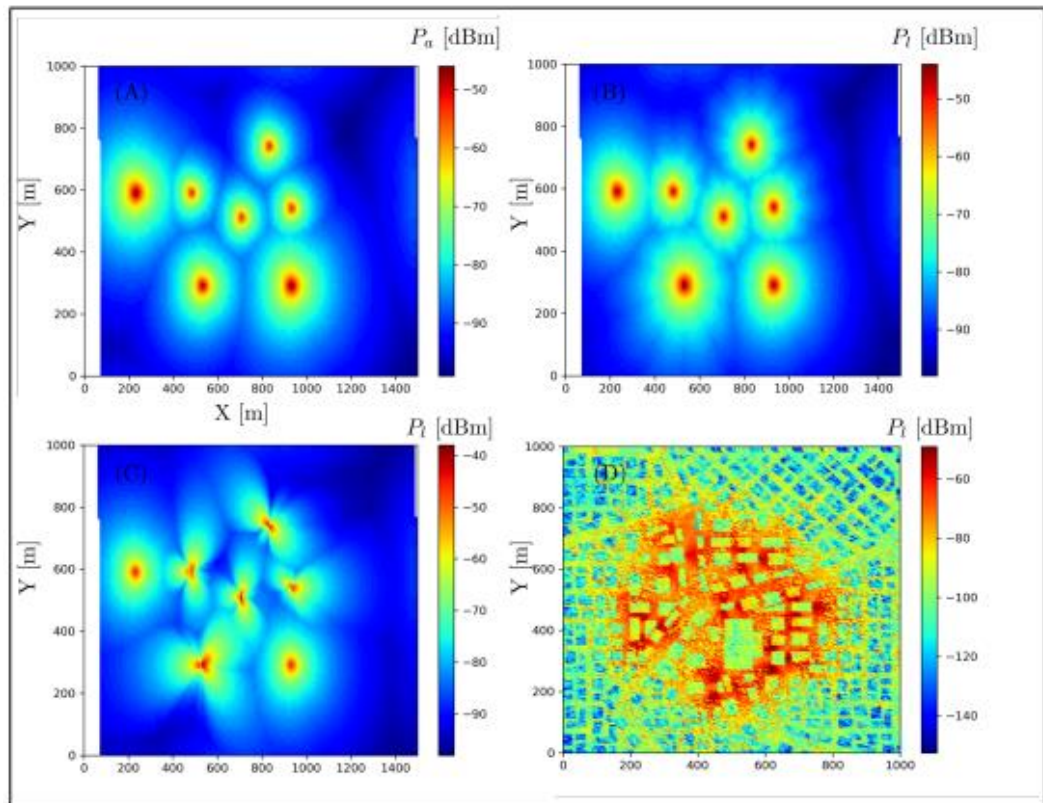


Рис. 3.6 - . Щільність потужності променя в двовимірній області для різних середовищ, що використовується в оцінці ефективності. (А) показує налаштування променя доступу ($P_a = \max(p_{aij})$, $i \in [1, \dots, 7]$, $j \in [1, 2, 3]$, оскільки є 7 BS і кожна має 3 пучки доступу), тоді як (В) і (С) показують розподіл енергії ланкового пучка для Довкілля-1 і Довкілля-2. (D) показує налаштування ланкового променя для Environment-3

Як пояснювалося в попередньому розділі, створено Q-таблицю, встановивши $\epsilon = 1$ у Метод Q-навчання, розглянутий в Алгоритмі 1. Під час цієї фази агент СМАВ виконує випадкові дії (підключення до випадкових БС) для звіту про вимірювання (контексту), наданого UE під час виконання випадкового блукання в двовимірній зоні покриття мережі. Дії, які принесли максимальну винагороду (linkbeam RSRP після підключення) у певному стані, зберіглася в Q-таблиця після фази навчання була використана для висновків під час активної фази. Щоб отримати доступ до продуктивності в усіх трьох середовищах, використовується напівдетерміновану мобільність там, де будуть UE робити кроки у вертикальному напрямку та коли UE торкається краю

мережі, він випадковим чином переміститься в іншу позицію X , і весь процес повториться знову. В кожному кроці, вимірювання надсилається до агента СМАВ, який використовує Q-таблицю, використовуючи (1), щоб зробити висновок щодо рішення хендовера. Кожні 10 000 кроків утворюють епізод у СМАВ формулюванні. Оцінка продуктивності виконується за допомогою наступного:

- Середня отримана потужність ланкового променя, $E(P_l)$ на епізод.
- Функція щільності ймовірності отриманої потужності ланкового променя, $p(P_l)$. Порівнюємо ефективність вищевказаного показника з методом на основі променя доступу, який має Δ і β , встановлені на 0. Це забезпечить справедливе порівняння доступу на основі променя 3GPP алгоритму із запропонованим алгоритмом RL, оскільки RL-алгоритм не контролює ефект пін-понгу під час підключення. Ми визначаємо виграш, G , як збільшення середнього посилення ланкового променя за допомогою СМАВ, і визначається як

$$G = \{E(P_l)\}_{Algorithm-1} - \{E(P_l)\}_{Algorithm-2} \quad (3.4)$$

де Алгоритм-2 — це алгоритм підключення 3GPP, заснований на вхідних даних RSRP і пропонується Алгоритм-1 підключення на основі СМАВ. Коефіцієнт посилення, G , для різних епізодів з різними точками ініціалізації наведені на рисунку 3.7, коефіцієнт підсилення G додатний для всіх епізодів у всіх трьох середовищах.

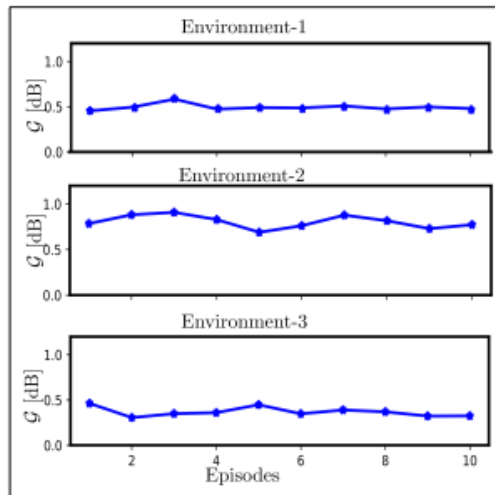


Рис. 3.7 - Приріст, G , для 10 різних епізодів. Кожен епізод становить 10000 кроків UE.

На рисунку 3.8 посилення G в середовищі - 2 більше, ніж у середовищі-1, це пов'язано з вищою можливістю для хендовера на основі RL обирати кращі БС, ланки-промені в цьому середовищі вужче і глибше проникають в сусідні комірки (див. рис. 3.6).

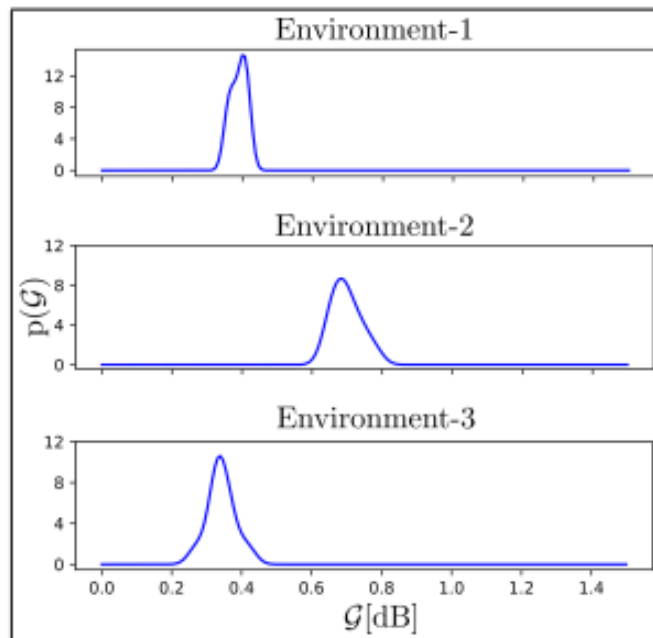


Рис. 3.8 - PDF посилення, G для різних середовищ.

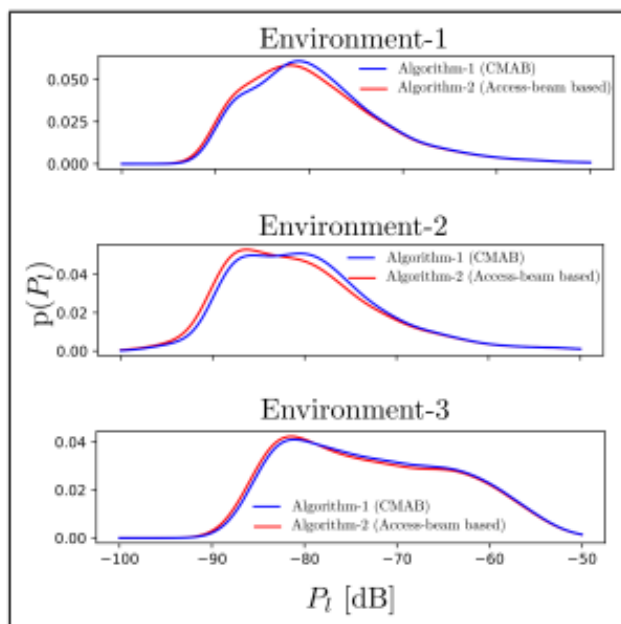


Рис. 3.9 - PDF ланки-променю RSRP, P_l , для всіх трьох середовищ.

Результати показують посилення між [0,3 - 0,5] дБ. Ланка-балка РСРП, досвід UE з використанням обох алгоритми показані на рис 3.9. Розподіл $p(P_l)$ для алгоритму CMAB зсувається вправо для запропонованого способу із зазначенням удосконалення продуктивності зв'язку-балки. Оскільки лінк-промені несуть фізичну низхідну лінію зв'язку даних спільного каналу (PDSCH), покращення каналу зв'язку RSRP збільшить пропускну здатність низхідної лінії зв'язку для UE. Кількість покращень залежить від стану каналу, перешкоди, сприйнятого UE.

Висновки

У цьому розділі було запропоновано алгоритм хендовера для системи 5G за допомогою машинного навчання. Проблему хендовера можна поставити як підклас задач RL під назвою CMAB. Показано, як таку систему можна розробити за допомогою методу Q-навчання. Також запропоновано стратегію пом'якшення деяких проблем, таких як вибух простору станів, шляхом створення Q-таблиці з представницькими державами на етапі підготовки та відповідний вибір функції подібності для вибору найближчого стану в евклідовому просторі під час активної фази для висновку хендовера.

Оцінено продуктивність для різних розгортань і середовища розповсюдження, включаючи стандарт ITU один. Доведено корисність методу через середню продуктивність каналу зв'язку з використанням напівдетермінованої моделі мобільності в трьох різних середовищах. У всіх розглянутих середовищах запропонований метод цієї роботи працює краще, ніж існуючі методи. Результати також вказують на те, що коли промені доступу вузькі та проникають глибоко в сусідні клітини, які будуть загальними в щільних розгортаннях стільникового зв'язку 5G у діапазоні mmWave, хендовер на основі RL алгоритм працює краще завдяки збільшеній можливості для оптимізації довгострокових посилянь.

Результати вказують на приріст продуктивності ланкового променя приблизно від 0,3 до 0,7 дБ для практичного середовища розповсюдження.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

4.1.1 Опис ідеї стартап-проекту

Вирішення проблеми збільшення кількості ресурсів доступу до мережі використовується технологія Ultra-Dense Networking (UDN). Щільні мережеві інфраструктури доступу 5G можуть бути реалізовані там, де підвищена кількість точок доступу (PoA) та може надати безліч комунікаційних ресурсів для користувачів.

Таблиця 4.1

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Пропонується контролювати передачі між базовими станціями (БС) та пересуваючимся транспортним засобом за допомогою централізованого навчання з підкріпленням (RL), що обробляє звіти про радіовимірювання від UE та обирає відповідні дії з передачі, відповідно до рамок RL для	Багато автомобільних користувачі можуть обслуговуватися з кожного транспортного засобу, при цьому кожен користувач може одночасно використовувати декілька послуг з різними обмеженнями.	Оцінка продуктивності показала, що вона перевершила існуючі схеми хендовера, підтримуючи задоволеність користувачів на прийнятному рівні та знижуючи Доведено корисність методу через середню продуктивність каналу зв'язку з використанням напівдетермінованої моделі мобільності в трьох різних середовищах. вартість сигналізації хендовера.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.2.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Застосування хендвера на основі розробленого	Використання вузьких променів доступу	Технологія наявна	Опис технології знаходиться в загальному доступі
	алгоритму прийняття рішень для систем 5G за допомогою RL в автомобільній мережевій архітектурі	Використання методу машинного навчання	Технологія потребує доопрацювання	Є доступним для використання
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: застосування хендвера на основі розробленого алгоритму прийняття рішень для систем 5G за допомогою RL в автомобільній мережевій архітектурі				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4.3.

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	?
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	?

Таблиця 4.4.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Навігація автомобілів, міжавтомобільний зв'язок, вихід автомобілів в мережу загального користування	Водії транспортних засобів, пасажери	Надання операторами зв'язку клієнтам надшвидкісний Інтернет	•Впровадження систем керування та фіксації проблемних кластерів. •Можливість отримати перелік факторів які негативно впливають на мережу. •Використання методів обробки даних для оперативної реакції на проблеми в мережі / аварії

4.4 Аналіз ринкового середовища:

Таблиця 4.5.

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Брак зацікавленості у продукті	Розвиток системи залежить від зацікавленості провайдерів та виробників транспортних засобів через відсутність вагової потреби в	Робота великого бізнесу з новою технологією може підвищити попит та популяризувати ідею серед постійних клієнтів, які зацікавлені в використанні та розвитку.

		використанні технології.	
2	Великі витрати на початку розвитку проекту	На початкових етапах проект потребує багато коштів на розробку та проведення досліджень, що може спричинити втрату прибутковості.	Розпочати програму запиту на отримання льгот на реалізацію програми розвитку розумних міст

Таблиця 4.6.

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Необхідність рішення для водіїв	Нові можливості будуть забезпечувати безпеку, безперервний зв'язок із мережею з доступом до будь-яких сервісів	Просування ідеї на глобальний ринок із основною орієнтацією на виробників авто та мобільних операторів

4.5 Аналіз умов конкуренції в галузі

Таблиця 4.7.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товаризамінники
	Відсутні	Патент на продукт	Змінні витрати постачальників	Рівень чутливості	Ціна послуг
Висновки:	Конкуренція не інтенсивна, багато методів оптимізації	Висока можливість входу на ринок. Потенційні конкуренти присутні	Постачальники можуть впливати на ціну	Кількість клієнтів диктує умови на ринку	Товари замітники існують і через це є обмеження

4.6 Перелік факторів конкурентоспроможності

Таблиця 4.8.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Динаміка галузі	Проблема підвищення оптимізації хендвера в стільниковій мережі 5G за допомогою Q - навчання для вирішення проблеми підвищення продуктивності методів використання середовища розповсюдження та розгортання є важливою для мобільних операторів, оскільки надає безперебійний доступ до мережі.
2.	Концепція товару і послуги	Використання методу машинного навчання надасть можливість суттєво зекономити на купівлі обладнання.

4.7 Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту

Таблиця 4.9.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Динаміка галузі	3							+
2	Концепція товару і послуги	1						+	
3	Після продажне обслуговування	2					+		

4.8 SWOT-аналіз та слабкі (Weak) сторони, загрози (Troubles) та можливості (Opportunities)

Таблиця 4.10.

SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: • Інноваційні технології • Висока якість	Слабкі сторони: • Слабкий імідж компанії • Слабкий маркетинг • Мало оборотних коштів • Невідома торгівельна марка
Можливості: • Нові технології • Потреби операторів • Тенденції попиту	Загрози: • Продукти-замінники

4.9 Альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час.

Таблиця 4.11.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Великий бізнес	Дуже високий	1,5 – 2 роки
2	Всеукраїнські оператори мобільного зв'язку	Не готові	

4.10 Базова стратегія розвитку

Таблиця 4.12.

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції від-	Базова стратегія розвитку*
----------	------------------------------------	------------------------------	--	----------------------------------

	проекту		повідно до обраної альтернативи	
1	Динамічний розвиток з використанням маркетингу та встановлення бізнес-контактів	Підняття рейтингу компанії шляхом маркетингу, встановлення конкурентоспроможних цін	Незалежність від посередника, який утримує кошти за свої послуги	Стратегія лідерства по витратах
2	Динамічний розвиток завдяки висвітленню унікальних характеристик запропонованих послуг	Унікальність послуг, для збільшення залежності оператора	Використання комбінованого підходу до завдань оптимізації	Стратегія диференціації

4.11 Вибір стратегії конкурентної поведінки

Таблиця 4.13.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Проект не є першопрохідцем, але не має подібних аналогів на ринку	Компанія буде шукати нових користувачів	Компанія буде копіювати найкращі з характеристик конкурентів	Стратегія наслідування лідеру за для економії фінансових ресурсів

4.12 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.14.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Оптимізація старих стільників телеком операторів	Можливість, що забезпечується зростанням складності мережі	Комбінований підхід до рішення цієї задачі
2	Отримання переліку параметрів які впливають на зниження якості мережі	Дозволяє розглядати показники КРІ телекомунікаційної мережі окремо від загальної статистики	Наочне подання інформації для більшої зручності користування
3	Можливість обробки та аналізу великих об'ємів даних за короткий час для підтримання актуалізації знань про ситуацію на момент часу	Можливість, що забезпечується новітніми алгоритмами, системами та методами оптимізації хендовера	Наочне подання інформації для більшої зручності користування

Таблиця 4.15.

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
1. Товар за задумом	Товар забезпечує безперебійний доступ рухомого об'єкта до мережі.
2. Товар у реальному виконанні	Властивості: доступність, цілісність, зручність, прозорість. Макетні зразки: рухомий засіб із обладнанням та запрограмованою системою виконання хендовера.

Продовження таблиці 4.15:

3. Товар із підкріпленням	До продажу: відбувається інсталяція та конфігурування системи, проводяться тренінги для клієнта Після продажу: відбувається підтримка програмного забезпечення та його доопрацювання під потреби клієнта
Системний комплекс, що забезпечує вирішення проблеми якості та низької оптимізації, розповсюджується на основі ліцензії.	

Таблиця 4.16.

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення
1	Консервативна поведінка, але відкриті до нового,	Соцмережі професійного спрямування, корпоративна пошта	Можливості отримання переліку параметрів та абонентів	Висвітлити унікальні характеристики продукту

Висновки

У даному розділі було проаналізовано маркетингові перспективи реалізації схеми оптимізації процесу передачі обслуговування абонента під час виклику або сесії передачі даних від однієї базової станції до іншої в стільниковій мережі 5G та реалізації методу у розробці та впровадженні автомобільної мережі. В результаті дослідження визначено, що існує можливість ринкової комерціалізації проекту в першу чергу завдяки алгоритму вирішення задачі. Обговорювана схема реалізує кілька характеристик, зокрема:

- Послуги управління хендовера, а саме моніторинг швидкості та альтернативної мережі, ініціація хендовера, вибір мережі та виконання хендовера виконуються в хмарі для зниження навантаження на транспортний засіб;
- Для перенесення мобільності підтримуються як передиктивні, так і реактивні режими хендовера;
- Швидкість автомобіля враховується для того, щоб зайві хендовери не потрапляли до клітин ближньої дії (таких як фемтосоти), яких слід уникати, оскільки транспортний засіб, що рухається з високою швидкістю, буде залишатися протягом короткого періоду часу у межах своєї зони дії;
- Ініціювання хендовера виконується з урахуванням задоволеності користувача, яка оцінюється з використанням параметрів відношення сигнал-шум плюс перешкода (SINR) і якості обслуговування (QoS), що сприймається, через те, що користувачі, які сприймають хороше SINR може не задовольнятися QoS, яке вони також сприймають зі своїх діючих мереж;
- При виборі мережі враховуються критерії, що суперечать один одному, для різних типів додатків і користувацьких угод про рівень обслуговування, щоб задовольнити вимоги вимогливих послуг;
- Схема хендовера застосовує покращену версію структури MHN та протоколу FPMIPv6.

Такий підхід забезпечує аналіз та оцінку усіх характеристик мережі, що забезпечує високий рівень надійності.

Конкурентна ситуація надає перспективи впровадження продукту, так як продукція товарів-аналогів має лише частковий функціонал реалізованої системи. У даний час існуючі товари-аналоги не створюють прямої конкуренції на глобальному ринку. Основною проблемою є можливе негативне ставлення операторів мобільного зв'язку.

Проведений аналіз підтверджує, що подальша імплементація проекту є доцільною.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Технологія 5G стає рушійною силою сучасних телекомунікаційних мереж, що надає високий рівень доступу до зв'язку абонентам та додаткам. Ця технологія дозволяє підвищити продуктивність мереж доступу в галузях енергетики, промисловості, навігації, автомобільних мереж і т.д. Особливо перспективним є напрямок обслуговування мобільних пристроїв, однак для досягнення мети надання високоякісних послуг зв'язку із підвищенням їх ефективності, продуктивності та зниження витрат, необхідно ефективно вирішувати проблеми, що супроводжують ці процеси. Одною з таких проблем є безшовне та безперервне забезпечення мобільності пристроїв. Одним з основних інструментів вирішення цієї проблеми є технологія хендоверу.

З розвитком автомобільних мереж зв'язку потреба з ефективному інструменті перепідключення з однієї соти до іншої постає все гостріше. Швидкість руху автотранспорту, забезпечення механізму вибору сот, що можуть надати найкращі показники сигналу постають додатковими ускладнюючими факторами забезпечення ефективного хендоверу. Таким чином постає завдання для покращення показників забезпечення мобільності.

Для виконання завдання управління неперервною передачею даних в системах автомобільних мереж 5G в ході роботи були розглянуті загальні принципи побудови мереж стільникового зв'язку та їх структура а також технології підключення внутрішньочастотних хендоверів в контексті 5G. Після чого, виконаний огляд схем управління передачею в автомобільних мережах 5G, а також аналіз існуючих схем та алгоритмів управління мобільністю. Визначені параметри, що потребують покращення, а саме покращення показників моніторингу швидкості руху та мережевих показників.

Результатом аналізу була запропонована схема управління хендовером, що використовує нечіткі ікосагональні числа з інтервальними значеннями для представлення значень критеріїв, що розглядаються як процеси ініціації та вибору мережі, де під час руху транспортних засобів виконується процес

моніторингу швидкості та мережі, що забезпечує ефективну передачу кожного транспортного засобу до цільової мережі доступу у разі дії хендовера. Процес підключення включає ініціювання хендовера, вибір мережі та процедури виконання хендовера, при цьому підтримуються як прогнозні, так і реактивні операції. У разі прогнозованого хендовера виконується ініціація підключення, вибір мережі та виконання, тоді як у випадку реактивного хендовера ініціювання підключення не виконується, оскільки зв'язок між транспортним засобом і його попередньою обслуговуючою мережею несподівано вимикається без індикації потенційної втрати з'єднання. Конструкцію схеми було оптимізовано для застосування в мережевих архітектурах 5G, де доступні як туманна, так і хмарна інфраструктури, тоді як реалізована сигналізація поєднує повідомлення як IEEE 802.21 Media Independent Handover (MIH) , так і IETF Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) стандартів.

При розгляді алгоритмів управління мобільністю та методів формування хендоверу на відміну від попередніх досліджень , що були зосереджені на конкретних випадках використання, таких як дрони або автомобілі та враховувались конкретні аспекти каналів таких як mmWave, блокування, в цій роботі пропонується методологія формулювання хендовера, як підклас проблеми навчання з підкріпленням, що називається контекстною проблемою хендовера (CMAH). Агент CMAH передається UE випадково таким чином, що їхнє середнє посилення каналу зв'язку (і, отже, пропускна здатність) може бути максимізованим. У запропонованій системі обслуговуюча БС збирає звіти про вимірювання, що містять вимірювання RSRP променя від УП, як і раніше, однак не прийматиме рішення. Натомість, хендовер надсилатиме звіти про вимірювання UE до централізованого агента CMAH, який вибере дію хендовера.

Для експериментального дослідження запропонованої моделі формування хендоверу були змодельовані середовища за допомогою WINNER II Channel Models, де використовувалась проста модель втрат з експонентою втрат на шляху. На основі досліджень було доведено корисність методу через середню

продуктивність каналу зв'язку з використанням напівдетермінованої моделі мобільності в трьох різних середовищах. У всіх розглянутих середовищах запропонований метод цієї роботи працює краще, ніж існуючі методи. Результати також вказують на те, що коли ланки-промені вузькі та проникають глибоко в сусідні клітини, які будуть загальними в щільних розгортаннях стільникового зв'язку 5G у діапазоні mmWave, хендовер на основі RL алгоритм працює краще завдяки збільшеній можливості для оптимізації довгострокових посилянь.

Результати вказують на приріст продуктивності ланкового променя приблизно від 0,3 до 0,7 дБ для практичного середовища розповсюдження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макаренко Ю. В. «Аналіз можливостей використання технологій 5G в системах Інтернету речей» ISSN 2524-2725. ElectronAcoustEng, 2019, vol. 2, no. 2
2. 3GPP TS 36.331 V12.2.0, «Протокол керування радіоресурсами (RRC) специфікація», 2014.
3. А. Карандикар, Н. Ахтар і М. Мехта, Управління мобільністю в LTE Heterogeneous Networks, Springer Singapore, 2017.
4. А. Е. Леу та Б. Л. Марк, «Моделювання та аналіз швидкої передачі обслуговування алгоритми для мікросіткових мереж», у Працях. 10-й IEEE Міжнародний симпозіум з моделювання, аналізу та симуляції Комп'ютерні та телекомунікаційні системи, жовтень 2002 р., стор. 321–328.
5. А. Е. Леу та Б. Л. Марк, «Ефективний алгоритм жорсткої передачі обслуговування на основі таймера для сіткових мереж», у 2003 р. IEEE Wireless Communications and Networking, 2003. WCNC 2003., березень 2003, том. 2, стор. 1207–1212 т.2.
6. S. Wu і S. K. C. Lo, “Схема хэндовера в мережах на базі LTE з гібридним режимом доступу», JCIT: Journal of Convergence Information Техніка, вип. 6, № 7, стор. 68–78, 2011.
7. X. Lin, V. Yajnanarayana, S. D. Muruganathan, S. Gao, H. Asplund, Г. Мааттанен, М. Бергстром, С. Ейлер і Ю. . Е. Ван, «Небо не є Межа: LTE для безпілотних літальних апаратів», IEEE Communications Журнал, вип. 56, вип. 4, 2018 р. 204–210.
8. X. Lin, R. Wiren, S. Euler, A. Sadam, H. Ma'att'anen, S. Muruganathan, “ С. Гао, Ю. . Е. Wang, J. Kauppi, Z. Zou, V. Yajnanarayana, «Дрони, підключені до мобільної мережі: польові випробування, моделювання та Design Insights,” IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 14, вип. 3, С. 115–125, 2019.

9. Т. Хан Й. Чен, Х. Лін і М. Мозаффарі, «Ефективна мобільність дронів» Support Using Reinforcement Learning», у 2020 IEEE Wireless Комунікації та мережі, 2020. WCNC 2020, травень 2020.
10. А. Alkhateeb, І. Beltagy та S. Alex, «Машинне навчання для надійного Системи mmwave: передбачення блокування та проактивна передача», в 2018 Глобальна конференція IEEE з обробки сигналів та інформації (GlobalSIP), 2018, стор. 1055–1059.
11. І. Колін, А. Томас і М. Драйф, «Паралельні контекстуальні бандити» in Wireless Handover Optimization», у 2018 IEEE International Конференція семінарів з аналізу даних (ICDMW), 2018 р., стор. 258–265.
12. С. J. Watkins і Р. Dayan, “Q-learning,” in Machine Learning, 1992, С. 279–292.
13. IST-4-027756 WINNER II D1.1.2 V1.2, «Моделі каналу WINNER II», 2007 рік.
14. TS 36.839 Версія 11.1.0: Покращення мобільності в гетерогенних мережах (випуск 11); Технічна специфікація; 3GPP: Единбург, Великобританія, 2012.
15. Скондрас, Е.; Міхалас, А.; Вергадос, Д.Д. Управління мобільністю в автомобільних хмарних обчислювальних системах 5g. Вех. Комун. 2019, 16, 15–44.
16. Пачеко, Л.; Медейрос, І.; Сантос, Х.; Олівейра, Х.; Розаріо, Д.; Серкейра, Е.; Нето, А. Алгоритм передачі для обміну відео. У матеріалах 9-го латиноамериканського симпозіуму IEEE з надійних обчислень (LADC) у 2019 році Натал, Бразилія, 19–21 листопада 2019 р.; С. 1–9.
17. TS 36.300 (V13.7.0): Розширена універсальна наземна мережа радіодоступу (E-UTRAN) (Rel.13); Технічна специфікація; 3GPP: Единбург, Великобританія, 2017.
18. Пулнісай, П.; Punchalard, R. Handover Trigger Point для високошвидкісних мобільних пристроїв. У матеріалах 7-ї міжнародної конференції IEEE

- 2019 Конгрес електротехніки (iEECON), Хуа Хін, Таїланд, 6–8 березня 2019 р.; С. 1-4. Інтернет майбутнього 2022, 14, 87 41 з 42
19. Агабозоргі, С.; Баяті, А.; Нгуєн, К.к.; Деспінс, К.; Черієт, М. До механізму передбачуваної передачі в програмно-визначеному режимі корпоративні мережі Wi-Fi. У матеріалах 2019 IEEE Sustainability through ICT Summit (StICT), Монреаль, Квебек, Канада, 18–19 червня 2019 р.; С. 1–6.
20. Міхалас, А.; Сгора А.; Вергадос, Д.Д. Інтегрований підхід до керування мобільністю MIPv6 для пакетної системи архітектури. J. Netw. обчис. апл. 2017, 91, 104–119.
21. TS 24.302 (V14.3.0): доступ до 3GPP Evolved Packet Core (EPC) через мережі доступу, відмінні від 3GPP (Rel.14); Технічна специфікація, 3GPP: Единбург, Великобританія, 2017.
22. Сміда Є.Б.; Фантар С.Г.; Юсеф, Х. Механізм передавання передавання для потокового відео в хмарному міському vanet. Матеріали 14-ї міжнародної конференції IEEE/ACS 2017 з комп'ютерних систем і програм (AICCSA), Хаммамет, Туніс, 30 жовтня–3 листопада 2017 р.; С. 1170–1177.
23. Далла Сіа, М.; Мейсон, Ф.; Перон, Д.; К'яріотті, Ф.; Поліс, М.; Махмуді, Т.; Зорзі, М.; Занелла, А. Передача з урахуванням мобільності стратегії в розумних містах. У матеріалах Міжнародного симпозіуму IEEE з бездротових систем зв'язку 2017 року (ISWCS), Болонья, Італія, 28–31 серпня 2017 р.; С. 438–443.
24. Кумар Х.; Сінгх, М.К.; Гупта, М.; Мадаан, Дж. Рух до розумних міст: рішення, які ведуть до трансформації розумних міст рамка. технол. Прогноз. Соц. Чанг. 2020, 153, 119281.
25. Капур, С.; Грейс, Д.; Кларк, Т. Схема вибору базової станції для хендвера в ультращільному міському стільниковому міському центрі з надвисокою щільністю транспортне середовище. У матеріалах 28-го щорічного міжнародного симпозіуму IEEE 2017 року з персональних,

внутрішніх та мобільних пристроїв Radio Communications (PIMRC), Монреаль, Квебек, Канада, 8–13 жовтня 2017 р.; С. 1–5.

26. Брахім, М.В.; Мир, З.Х.; Знайді, В.; Філалі, Ф.; Hamdi, N. Передача відео з урахуванням QoS через гібридну бездротову мережу для підключених транспортних засобів. IEEE Access 2017, 5, 8313–8323.
27. Аршад, Р.; ЕльСаві, Х.; Sorour, S.; Аль-Наффурі, Т.Й.; Алуїні, М.С. Управління передачею з урахуванням швидкості в дворівневому стільниковому зв'язку мережі. IEEE Trans. Wirel. Комун. 2017, 16, 1851–1867.