ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Додаток для розрахунку якості стрімінгових сервісів абонента мережі на основі даних з системи моніторингу»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

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

_____ *Євгеній ЛІТВІНОВ*

Виконав:
здобувач вищої освіти
група ІСДМ-64
Літвінов Євгеній Андрійович

Керівник:
науковий ступінь, вчене звання
Сагайдак Віктор Анатолійович
доктор філософії

Рецензент:
науковий ступінь, вчене звання
_____
Ім’я, ПРІЗВИЩЕ

Київ – 2024

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою ІСТ

_____Каміла СТОРЧАК
«____» _____20___ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ СТУДЕНТУ
Літвінов Євгеній Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1.Тема кваліфікаційної роботи: «Додаток для розрахунку якості стрімінгових сервісів абонента мережі на основі даних з системи моніторингу»_____

керівник кваліфікаційної роботи Віктор САГАЙДАК , доктор філософії
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «15» жовтня 2024 року № 320.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи: 27 грудня 2024 року.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Накково-технічна літертура, Компілятор пайтон, дані з системи моніторинга.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Дослідит структури мережі 2/3/4G
2. Дослідити типові системи моніторнгу мобільної мережи
3. Проаналізувати основні критарії якості стрімінгових сервісів

4. Розробити структурну схемі інтиграції програмного коду у платформи моніторингу
5. Розробка програмного коду для аналізу якості стримінгових сервісів

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*
1. Огляд існуючих систем моніторингу та принцип їх роботи
2. Схема аналізу даних та основні блоки програмного коду
3. Результати дослідження

6. Дата видачі завдання: 15 жовтня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	15.10 – 23.10.24	
2	Вивчення матеріалів по 2/3/4G мережам.	24.10 – 01.11.24	
3	Аналіз та принцип роботи наявних систем моніторингу мобільної мережі.	02.11 – 07.11.24	
4	Аналіз основних критеріїв оцінки якості стрімінгових сервісів.	08.11 – 16.11.24	
5	Розробка схеми аналізу даних та блоків програмного коду.	17.11 – 21.11.24	
6	Дослідження роботи програмного коду	22.11 – 11.12.24	
7	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	12.12 – 20.12.24	
8	Розробка демонстраційних матеріалів	21.12 – 25.12.24	

Здобувач вищої освіти _____ _____
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник роботи
кваліфікаційної роботи _____ _____
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 79 стор., 29 рис., 8 табл., 16 джерел.

Мета роботи – Розробка застосунку для аналізу стрімінгових сервісів мобільних операторів

Об'єкт дослідження – Процеси, пов'язані з експлуатацією стільників інфокомунікаційної мережі, що негативно впливають на якість стрімінгових сервісів, такі як перевантаження, показники якості обслуговування (QoS), завади, фізичний знос обладнання, невдале розташування стільників.

Предмет дослідження – Додаток для оцінки якості стрімінгових сервісів мобільної мережі.

Короткий зміст роботи: У роботі проведено аналіз існуючих систем моніторинга мобільной мережі, а також методів оцінки якості стрімінгових сервісів. Розроблено програмне забезпечення, яке автоматизує процес, обробки та прогнозування даних, отриманих із системи моніторингу.

Також представлено аналіз застосування лінійної регресії для прогнозування майбутніх показників якості стрімінгових сервісів. Визначені критичні порогові значення якості для різних форматів (2K, 1080p, 720p, 480p, 360p), що допомагає мобільним операторам у моніторингу та вдосконаленні надаваних послуг.

Для практичного прикладу висвітлено результати прогнозування, які підтверджують працездатність запропонованого рішення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Стрімінгові сервіси, система моніторингу, мережі 2\3\4G.

ABSTRACT

The text part of the qualification work for obtaining the master's degree: 79 pages, 29 figures, 8 tables, 16 sources.

The purpose of the work is to develop an application for the analysis of streaming services of mobile operators

The object of the research is the processes related to the operation of cells of the information communication network that negatively affect the quality of streaming services, such as congestion, indicators of quality of service (QoS), interference, physical wear and tear of equipment, unsuccessful location of cells.

The subject of the study is an application for assessing the quality of streaming services of the mobile network.

Summary of the work: The paper analyzes existing mobile network monitoring systems, as well as methods for assessing the quality of streaming services. Software has been developed that automates the process, processing and forecasting of data received from the monitoring system.

An analysis of the use of linear regression to predict future quality indicators of streaming services is also presented. Critical quality thresholds for various formats (2K, 1080p, 720p, 480p, 360p) have been determined, which helps mobile operators monitor and improve the services provided. For a practical example, the forecasting results are highlighted, which confirm the operability of the proposed solution.

KEYWORDS: Streaming services, monitoring system, 2/3/4G networ

ЗМІСТ

ВСТУП

Актуальність теми: З розвитком технологій та збільшенням обсягів передаваних даних питання контролю якості стрімінгового сервисів виходять на перший для мобільних операторів. Абоненти очікують високу якість стрімінгк, мінімальних затримок і відсутності втрат пакетів, що вимагає від мобільних операторів постійного моніторингу та оптимізації мережі.

Операторам потрібний універсальний метод для виконання цієї задачі. На разі у всіх мобільних операторів є системи моніторингу якості мережі, використовуючи ці данні можливо разробити універсальний застосунок для полегшення задачі оптимізації мережі

Ця магістерська робота має на меті розробити універсальний додаток для оцінки якості стрімінгових сервісів, зосереджуючи увагу на потребах операторів і можливостях, які можуть бути реалізовані з використанням наявних даних.

Об'єкт дослідження – Процеси, пов'язані з експлуатацією стільників інфокомунікаційної мережі, що негативно впливають на якість стрімінгових сервісів, такі як перевантаження, показники якості обслуговування (QoS), завади, фізичний знос обладнання, невдале розташування стільників.

Предмет дослідження – Додаток для оцінки якості стрімінгових сервісів на основі даних, отриманих із системи моніторингу

Мета роботи – Розробка застосунку для аналізу стрімінгових сервісів мобільних операторів

Завдання дослідження – В процесі дослідження вирішуються наступні завдвння:

1. Аналіз та принцип роботи наявних систем моніторингу мобільної мережі.
2. Аналіз основних критеріїв оцінки якості стрімінгових сервісів.
3. Розробка схеми аналізу даних та блоків програмного коду.
4. Дослідження роботи програмного коду.

Наукова новизна - Полягає в розробці комплексного підходу до оцінки якості стрімінгових сервісів, заснованого на даних системи моніторингу.

Практична значущість одержаих результатів – Отриманий програмний застосунок для аналізу якості стрімінгових сервісів може бути використаний мобільними операторами для контролю, покращення якості стрімінгових сервісів та завчасного виявлення проблемних сот.

Апробація результатів магістерської роботи. Базові результати магістерської роботи опубліковано в збірнику тез II Всеукраїнська науково-технічна конференція технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу україни і світу, та
II Міжнародна науково-практичній конференція «Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії». 2024.

1. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО СТАНДАРТИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ, СТРІМІНГОВІ СЕРВІСИ ТА ОГЛЯД РІЗНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ

1.1. Огляд стандартів стільникового зв'язку

1.1.1. 2G. GSM - глобальна система мобільного зв'язку

Стандарти стільникового зв'язку другого покоління знайшли стала вельми поширеною у світі. Найвідомішим стандартом 2G є GSM (Global System for Mobile Communications – Глобальна система мобільного зв'язку)[1]. Близько 80% мереж стільникового зв'язку по всьому світу побудовано за цим стандартом. Мережі GSM використовуються 3 мільярдами людей більш ніж у 212 країнах світу. Таке широке поширення дозволяє використовувати міжнародний роумінг між операторами стільникового зв'язку, що дозволяє використовувати абоненту свій телефон практично в будь-якому куточку Землі. Причому саме можливість роумінгу (у тому числі й міжнародного) є головною рисою стандарту GSM від стандартів першого покоління.

Розробка стандарту GSM розпочалася ще 1982 року організацією зі стандартизації CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations). У 1991 році у Фінляндії була введена в експлуатацію перша у світі мережа GSM. Вже до кінця 1993 число абонентів, які використовують цей стандарт, перевалило за мільйон. До цього часу мережі GSM були розгорнуті у 73 країнах світу.

Мережі стандарту GSM дозволяють надавати широкий перелік послуг:

- Голосові з'єднання
- Послуги передачі даних (до 384 кбіт/сек завдяки технології EDGE)
- Надсилання коротких текстових повідомлень (SMS)
- Надсилання факсів
- Голосова пошта
- Конференцзв'язок та багато інших. ін.

Завдяки цьому GSM завоював міцні позиції на ринку стільникового зв'язку. Причому можна з упевненістю сказати, що на найближчі кілька років цей стандарт буде лідируючим.

1.1.2. Блок-схема мережі GSM.

На рис 1.1 представлена Архитектура мережі 2G

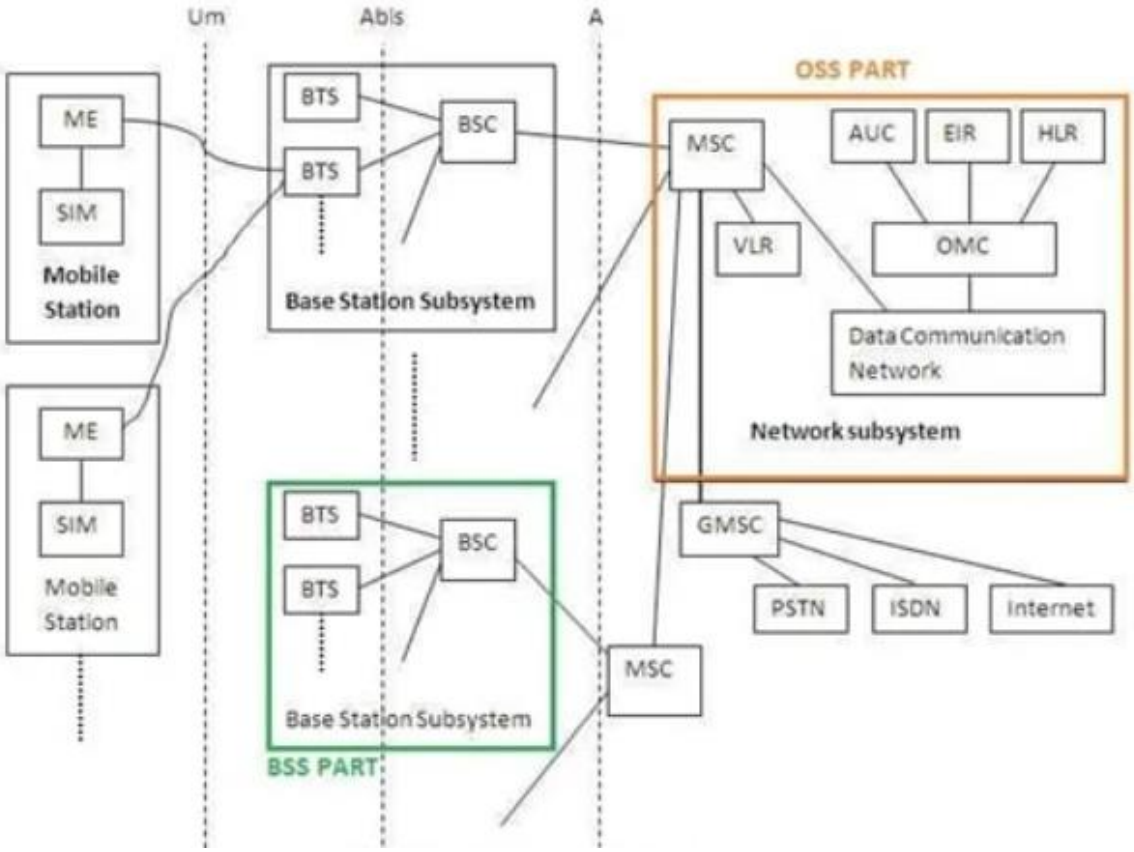


Рисунок 1.1 – Архитектура мережі 2G

Розглянемо основні елементи, що входять до складу системи GSM[1].

Структура системи стільникового зв'язку стандарту GSM

Мережа GSM ділиться на 2 системи.

Даними системами є:

• Система базових станцій - Base Station System (BSS)

• Система комутації – Network Switching System (NSS)

Система BSS відповідає за всі функції, що відносяться до радіоінтерфейсу. Ця система включає наступні функціональні блоки:

• Контролер базових станцій (BSC)

• Базова станція (BTS)

MS (тобто телефон абонента) не належить до жодної з цих систем, але розглядається як елемент мережі.

Система NSS виконує функції обслуговування дзвінків та встановлення з'єднань, а також відповідає за реалізацію всіх призначених абоненту послуг.

• Центр комутації мобільного зв'язку (MSC)

• Домашній регістр розташування (HLR)

• Візитний регістр розташування (VLR)

• Центр автентифікації (AUC)

• Реєстр ідентифікації абонентського обладнання (EIR).

Подальшим у наступних уроках розглянемо перелічені елементи докладніше.

1.1.3. Підсистема BSS

На рис 1.2 виділена підсистема BSC. Склад системи базових станцій BSS

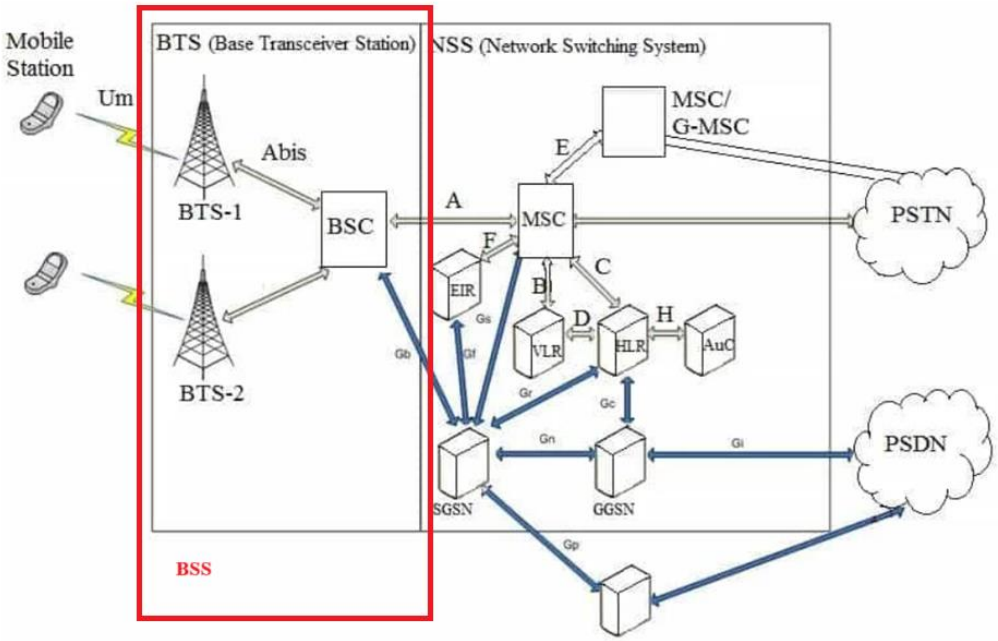


Рисунок 1.2 – Підсистема BSS

Склад системи базових станцій BSS[2]:

Мобільна станція (англ. Mobile station , MS) - це мобільний телефон, модем, роутер або може бути будь-який пристрій, який підтримує мобільну мережу. MS розглядається як елемент мережі в архітектурs 2G, і він працює тільки у зв'язці (телефон + сим карта) .

Базова станція (англ. base transceiver station , BTS) - базова станція мереж 1G та 2G, головне завдання базових станції - це створення радіо з'єднання між МС.

Контролер базових станцій (англ. Base Station Controller , BSC) – це основний елемент системи базових станцій (BSS). Він виконує такі функції:

- Керує групою базових станцій;
- Розподіл радіоканалів між БС та МС;
- Контролює з'єднання з МС;
- Повідомлення МС про виклик, що надійшов;
- Контроль рівня вихідної випромінюваної потужності між МС та БС протягом розмов абонентів;

Таким чином, BSC відповідає за встановлення, підтримку та роз'єднання пакетних та голосових з'єднань через BSS . Крім того, BSC поділяє пакетний та голосовий трафік. Пакетний відправляється до SGSN , а голосовий до TC і далі до MSC . З іншого боку, BSC відповідає за встановлення, підтримку та роз'єднання з'єднань між BTS і MS , за вибір швидкості передачі (типу кодека), приймає рішення на хендовер на основі вимірювань, отриманих від MS і виконує ряд інших функцій .

Транскодер (Англ. Transcoder або Transcoding Rate and Adaptation Unit TC або TRAU) – транскодер або блок транскодування та адаптації швидкостей. Проміжна ланка між БС та системою комутації є транскодер (ТС) – це обладнання, яке перетворює вхідні сигнали каналу передачі голосу та даних з комутаційного центру у форму, що відповідає рекомендації GSM щодо радіоінтерфейсу

Простіше кажучи, по провідних лініях, голос у цифровому вигляді відправляється з V = 64 Кбіт / с. Сигнал з однаковою швидкістю передається з виходу центру комутації. А вже між мобільною станцією та БС мова передається з V=13 Кбіт/с. Транскодер перетворює 64 Кбіт/с на 13 Кбіт/с.

Підсистема базових станцій (англ. base station subsystem , BSS) - BSS (Base Station System) - система базових станцій стільникового зв'язку стандарту GSM . Головним завданням BSS є встановлення, підтримка та руйнування з'єднання між MS (Mobile station) та NSS (Network Switching System), а також між MS та пакетною мережею передачі даних. Включає до свого складу:

- BSC (Base Station Controller) – контролер базових станцій;
- BTS (Base Transceiver Station) – базова станція;
- TRAU/TC (Transcoding Rate and Adaptation Unit) - транскодер.

1.1.4. Підсистема комутації

Система комутації мережі (англ. Network Switching System , NSS)[3] – система комутації мережі стільникового зв'язку стандарту GSM . Призначена комутація каналів між абонентами мережі та іншими зовнішніми мережами, такими як телефонна мережа загального користування, мережі стільникового зв'язку інших операторів тощо. На рисунку 1.3 представлена підсистема NSS

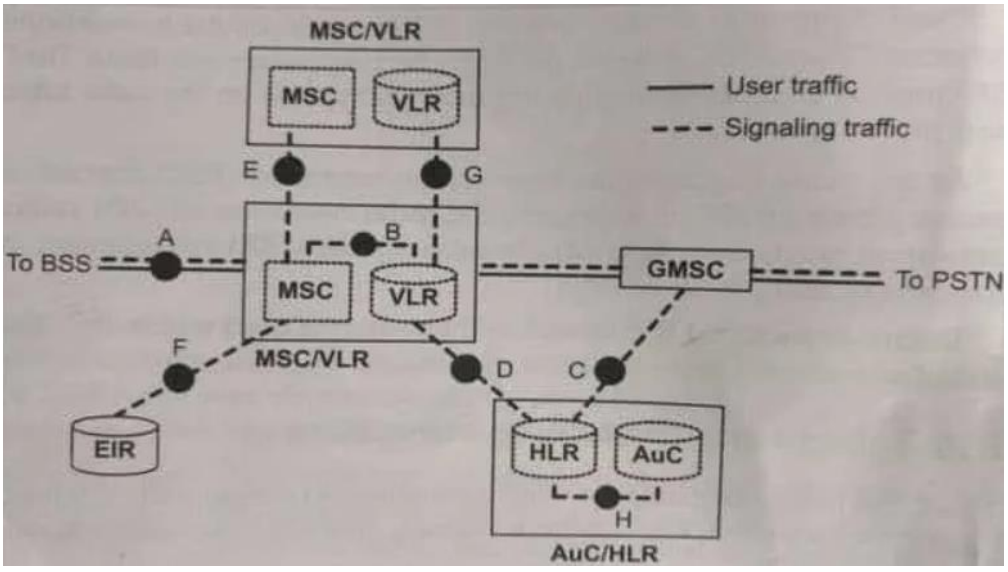


Рисунок 1.3 – Підсистема NSS.

Система комутації мережі (англ. Network Switching System , NSS)

Основними елементами мережі NSS є MSC (Mobile Switching Centre) - центральний комутатор та набір регістрів:

- HLR (Home Location Registry);
- VLR (Visitor Location Registry);
- AUC (Authentication Centre);
- EIR (Equipment Identification Registry).

Центр комутації мобільного зв'язку (англ. Mobile Switching Center , MSC) - комутатор мобільних мереж зв'язку 1G і 2G , MSC є елементом системи комутації (NSS) також забезпечує всі функціональні можливості абонента такі як:

- Підключення між МС та певними мережами електрозв'язку (зі свого стільникового телефону та комутатора можна додзвонитися до будь-якого абонента міської мережі);
- Керує викликами, здійснює їхню маршрутизацію;
- Відповідає за «естафетну передачу» (хендовер). У процесі цієї функції під час переходу МС з однієї стільники до іншої здійснюється безперервність зв'язку;
- Створює вихідні дані обов'язкові для виписування рахунків за послуги зв'язку в білінг-центр;
- Реєстрація розташування МС. Наприклад, при вашому переміщенні з московської області в ленінградську всі ці пересування реєструються в базі даних;

Домашній регістр розташування (англ. Home Location Register , HLR) – Цей пристрій містить інформацію про місцезнаходження будь-якої з мобільних станцій, що дозволяє комутаційному центру надсилати виклик на цю станцію.

HLR це довідкова база даних (БД) про абонентів, що регулярно реєструються в мережі, в БД бувають слід. дані:

- Параметри достовірності користувачів;

- Визначені номери;
- Перелік послуг зв'язку, що надаються клієнту;
- Спец. інформація про маршрутизацію;
- Оформлення даних про роумінг.
- дані про сервіси, які абонент запросив або які були надані, наприклад, переадресації;
- установки GPRS, що дозволяють абоненту мати доступ до сервісів пакетної передачі даних (простою мовою – доступ до Інтернету);
- поточне місцезнаходження абонента (VLR та SGSN);
- дані про заборони обслуговування у мережах;

Зокрема, HLR з'єднується з такими елементами:

- *MSC* для обробки вхідних дзвінків;
- VLR для обробки запитів мобільних пристроїв на підключення до мережі;
- SMSC для обробки вхідних SMS, нотифікації про появу абонента у мережі;
- USSDC, для можливості прийому та передачі USSD-повідомлень;
- підсистемою голосової пошти для оповіщення абонентів про нове голосове повідомлення.

Реєстр розташування відвідувача (англ. Visitor) Location Register (VLR) – це тимчасова база даних абонентів, які знаходяться в зоні дії конкретного MSC. Основна роль VLR полягає в мінімізації кількості запитів, які MSC повинні виконувати до регістру домашнього розташування (HLR), який містить постійні дані, що стосуються абонентів мережі.

В ідеалі повинен бути тільки один регістр розташування відвідувача на MSC, але також можливо, щоб один VLR обслуговував кілька MSC.

Перевага системи – вона зменшує навантаження на основну базу даних у «домашньому» регістрі положень. У ній зберігаються така сама інформація, що й домашньому регістрі, поки абонент перебуває у зоні покриття конкретного комутаційного центру.

Центр аутентифікації (англ. Authentication) Center (AUC**)** – центр аутентифікації. Це функція мережі GSM, яка використовується для аутентифікації мобільного абонента, який хоче підключитися до мережі. Аутентифікація здійснюється шляхом ідентифікації та перевірки дійсності SIM-картки.

Як тільки передплатник автентифікований, AUC відповідає за генерацію параметрів, що використовуються для конфіденційності та шифрування радіолінії. Щоб забезпечити конфіденційність мобільного абонента, тимчасова ідентифікація мобільного абонента (TMSI) призначається на час, протягом якого абонент контролюється конкретним центром комутації мобільного зв'язку (MSC), пов'язаним з AUC.

Реєстр ідентифікації обладнання (англ. Equipment Identity Register , EIR) – Регістр має спеціальні номери IMEI (міжнародний ідентифікаційний номер обладнання мобільної станції) практично на всіх мобільних станціях, які мають доступ до конкретної мережі зв'язку.

База даних EIR поділяється:

- Білий список – для авторизованої МС;
- Чорний список потрапляють у номери, які були вкрадені, або позбавлені доступу з будь-якої іншої причини;
- Сірий для МС із проблемами даних програмного забезпечення.

1.1.5. Система передачі даних 2G

Елементи мережі, що відносяться до пакетної передачі даних (Інтернет)

1. Елемент Вузол обслуговування абонентів GPRS (Serving GPRS Support Node , SGSN) - вузол обслуговування абонентів пакетної мережі передачі даних мереж GSM та UMTS для технологій GPRS , EDGE , HDPA. Це аналог MSC для пакетної передачі даних. Функції, які виконує SGSN[4]:

- Активація послуги передачі.
- Оновлює інформацію про розташування абонентів.

• Ініціація пейджингу абонентів при запиті із зовнішніх мереж передачі даних.

• Нарахування вартості за наданий обсяг послуг із пакетної передачі даних (білінг).

На рис.1.4 представлений вузол SGSN

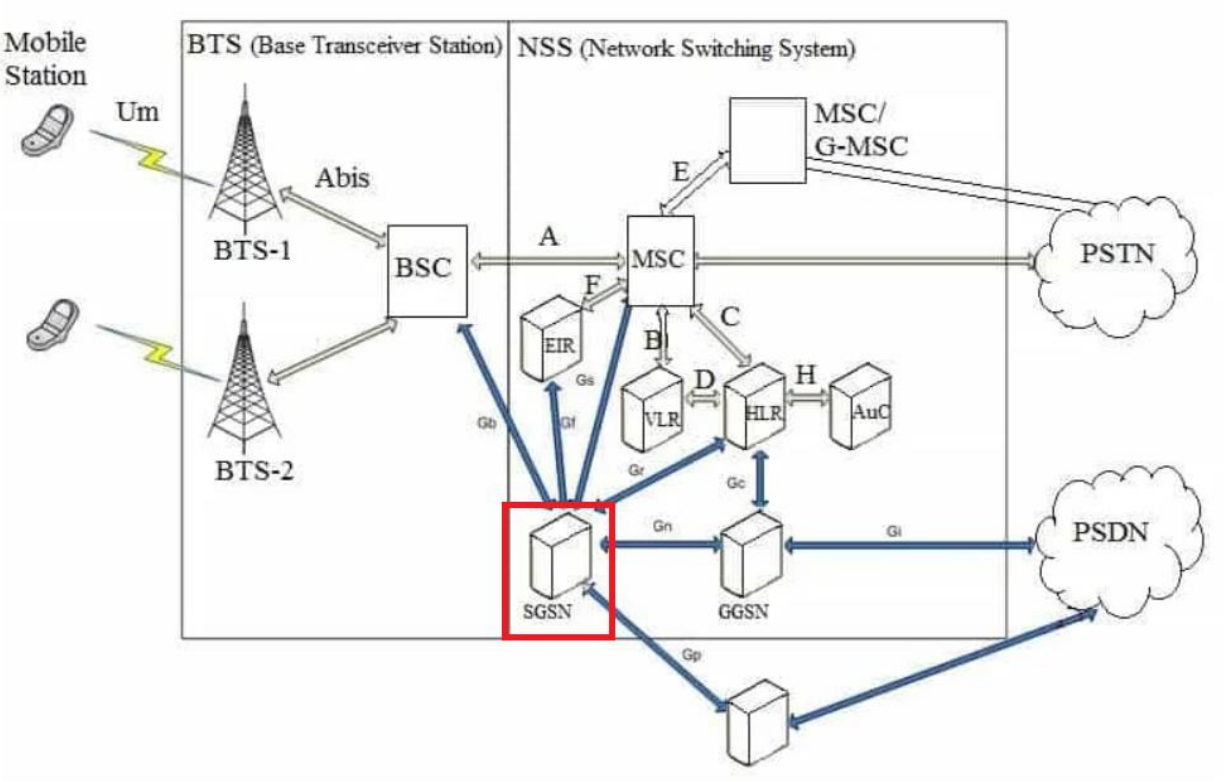


Рисунок 1.4 - Вузол обслуговування абонентів GPRS (Serving GPRS Support Node, SGSN)

2. Елемент Шлюзовий вузол підтримки GPRS (англ. Gateway GPRS Support Node , GGSN) – GGSN є шлюз (звичайний маршрутизатор) між стільниковою мережею (її частиною передачі даних GPRS) і зовнішніми інформаційними магістралями пакетної передачі даних PDNs (Packet Data Networks): Internet , корпоративними мережами Intranet , іншими GPRS-системами. GGSN містить всю необхідну інформацію про мережі, куди абоненти GPRS можуть отримувати доступ, а також параметри з'єднання. На рис.1.5 представлений вузол GGSN.

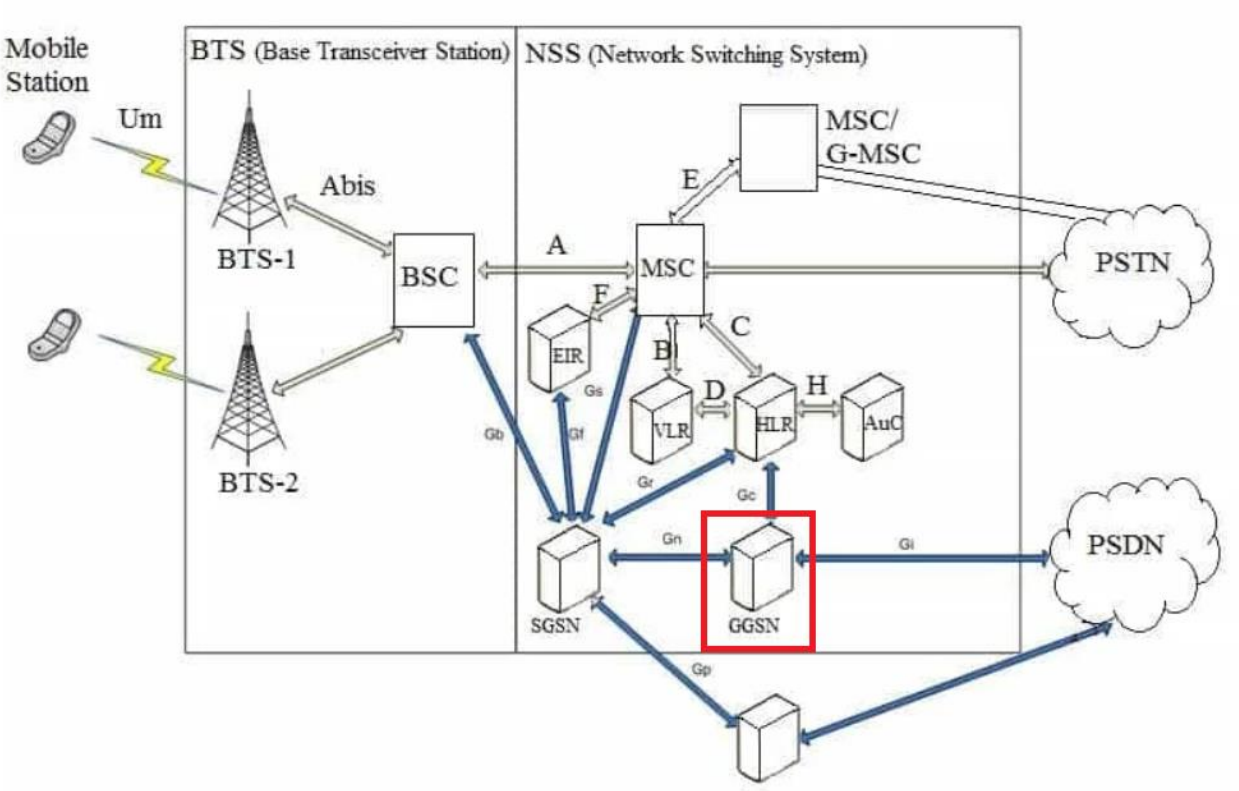


Рисунок 1.5 - Вузол підтримки GPRS (Gateway GPRS Support Node, GGSN)

Основною функцією GGSN є роутинг (маршрутизація) даних, що йдуть до абонента та від нього через SGSN .

Іншими функціями GGSN є:

- адресація даних;
- динамічна видача IP-адрес;
- відстеження інформації про зовнішні мережі та власних абонентів (у тому числі тарифікація послуг);
- зберігання маршрутизації бази даних, бази даних з адресами та фільтруючої бази даних.

1.2. Мережі стандарту UMTS

UMTS базується на стандартах Глобальної системи мобільного зв'язку (GSM) і був розроблений Проектом партнерства третього покоління (3GPP)[5]. Як широкосмугова мережа третього покоління (3G), пакетна передача тексту,

оцифрованого голосу, відео та мультимедіа зі швидкістю передачі даних до двох мегабітів на секунду (Мбіт/с), UMTS запропонувала значні переваги в порівнянні зі своєю попередницею, мобільною технологією 2G.

У той час як мережі 2G були в основному розроблені для голосового зв’язку та повільної передачі даних, UMTS був розроблений для збільшення пропускної здатності та швидкості мобільних мереж передачі даних. Таким чином, запровадження UMTS дозволило надавати різноманітні передові послуги, такі як відеодзвінки, безпечний мобільний банкінг і високошвидкісний веб-перегляд.

1.2.1. Характеристики радіоінтерфейсу UMTS

UMTS розгортається шляхом впровадження технологій радіо-інтерфейсу W-CDMA, TD-CDMA, або TD-SCDMA на "ядро" GSM. На даний момент більшість операторів, що працюють як на мережах UMTS, так і інших стандартів типу FOMA, вибирають як технологію повітряного інтерфейсу W-CDMA.

Радіо-інтерфейс UMTS використовує у своїй роботі кілька каналів із шириною смуги 5 МГц. Для порівняння, конкуруючий стандарт CDMA2000 використовує один або кілька каналів зі смужкою частот 1,25 МГц для кожного з'єднання. Тут же криється і нестача мереж зв'язку, що використовують W-CDMA: неекономічна експлуатація спектра та необхідність звільнення вже зайнятих під інші служби частот, що уповільнює розгортання мереж, як, наприклад, у США.

Згідно зі специфікаціями стандарту, UMTS використовує наступний спектр частот: 1885 МГц - 2025 МГц для передачі даних в режимі від мобільного терміналу до базової станції і 2110 МГц - 2200 МГц для передачі даних в режимі від станції до терміналу. У США через зайнятість спектра частот 1900 МГц мережами GSM виділено діапазони 1710 МГц - 1755 МГц і 2110 МГц - 2155 МГц відповідно. Крім того, оператори деяких країн

(наприклад, американський AT&T Mobility) додатково експлуатують смуги частот 850 МГц та 1900 МГц. Далі уряд Фінляндії на законодавчому рівні підтримує розвиток мережі стандарту UMTS900, що покриває важкодоступні райони країни і використовує діапазон 900 МГц (в цьому проекті беруть участь такі компанії як Nokia і Elisa).

Для операторів зв'язку, які вже надають послуги у форматі GSM, перехід у формат UMTS є легким з технічної точки зору і значно витратним одночасно: при створенні мереж нового рівня зберігається значна частина колишньої інфраструктури, але разом з тим отримання ліцензій та придбання нового обладнання для базових станцій потребує значних капіталовкладень.

Основною відмінністю UMTS від GSM є побудова повітряного середовища передачі даних на принципах Мережі Загального радіодоступу GeRAN . Це дозволяє здійснювати стики UMTS із цифровими мережами інтегрованого обслуговування ISDN, мережею Internet , мережами GSM або іншими мережами UMTS. Мережа загального радіодоступу GeRAN включає три нижні рівні моделі OSI, верхній з яких (третій, мережевий рівень) складають протоколи, що утворюють системний рівень управління радіоресурсами (протокол RRM). Цей рівень відповідає за керування каналами між мобільними терміналами та мережею базових станцій (у тому числі передача обслуговування терміналу між базовими станціями).

У табл. 1.1. та табл. 1.2. представлені частотні апазони бендів TDD і FDD[6].

Таблиця 1.1.

Частотні діапазони UMTS-FDD

Band #	Band	Назва	Uplink частоти	Downlink частоти
1	2100	IMT	1920 – 1980	2120 - 2170
2	1900	PCS AF	1850 – 1910	1930 – 1990
3	1800	DCS	1710 – 1785	1805 - 1880
4	1700	AWS AF	1710 - 1755	2110 - 2155
5	850	CLR	824 - 849	869 - 894
6	800		830 - 840	875 - 885
7	2600	IMT-E	2500 - 2570	2620 - 2690
8	900	E-GSM	880 - 915	925 - 960
9	1700		1749,9 - 1784,9	1844,9 - 1879,9
10	1700	EAWS AG	1710 - 1770	2110 - 2170
11	1500	LPDC	1427,9 - 1447,9	1475,9 - 1495,9
12	700	LSMH	699 - 716	729 - 746
13	700	USMH C	777 - 787	746 - 756
14	700	USMH D	788 - 798	758 - 768
19	800		832,4 - 842,6	877,4 - 887,6
20	800	EUDD	832 - 862	791 - 821
21	1500	UPDC	1447.9 – 1462.9	1495 – 1510.9
22	3500		3410 - 3490	3510 - 3590
25	1900	EPCS AG	1850 – 1915	1930 - 1995
26	850	ECLR	814 - 849	859 - 89

Таблиця 1.2.

Частотні діапазони UMTS – TDD

Band reference	**Назва**	**Частоти**
А Нижня	IMT	1900 – 1920
А Верхній	IMT	2010 – 2025
Б Нижня	PCS	1850 – 1910
Б Верхній	PCS	1930-1990
С	PCS дуплекс розрив	1910 - 1930
Д	IMT-E	2570 – 2620
Е		2300 - 2400
Ф		1880 - 1920

1.2.2. Шифрування в мережах UMTS

Основні механізми шифрування в Umts були перенесені з механізмів шифрування мереж GSM у запровадженням удосконалень[7]:

- взаємна автентифікація абонента та БС (усунення можливості атаки з використанням помилкової БС);

- захист цілісності (введені вдосконалені алгоритми та ключі для забезпечення цілісності даних);

- мережна безпека (забезпечує шифрування всередині та між різними мережами);

- удосконалені механізми забезпечення надійності для сервісів та додатків;

- Взаємодія між мережами та роумінг.

1.2.3. Аутентифікація в мережах UMTS

Перед початком обміну інформацією кожна сторона повинна переконатися, що спілкується саме з тим, хто їй потрібен, а не зі зловмисником, який імітує співрозмовника з метою перехоплення цієї

інформації У разі каналу радіозв'язку мобільними мережами такими сторонами є Абонент (Пристрій кінцевого користувача) і Мережа (передаточний вузол провайдера мобільного зв'язку).

На рис. 1.6 представлена схема аутентифік у мережі UMTS

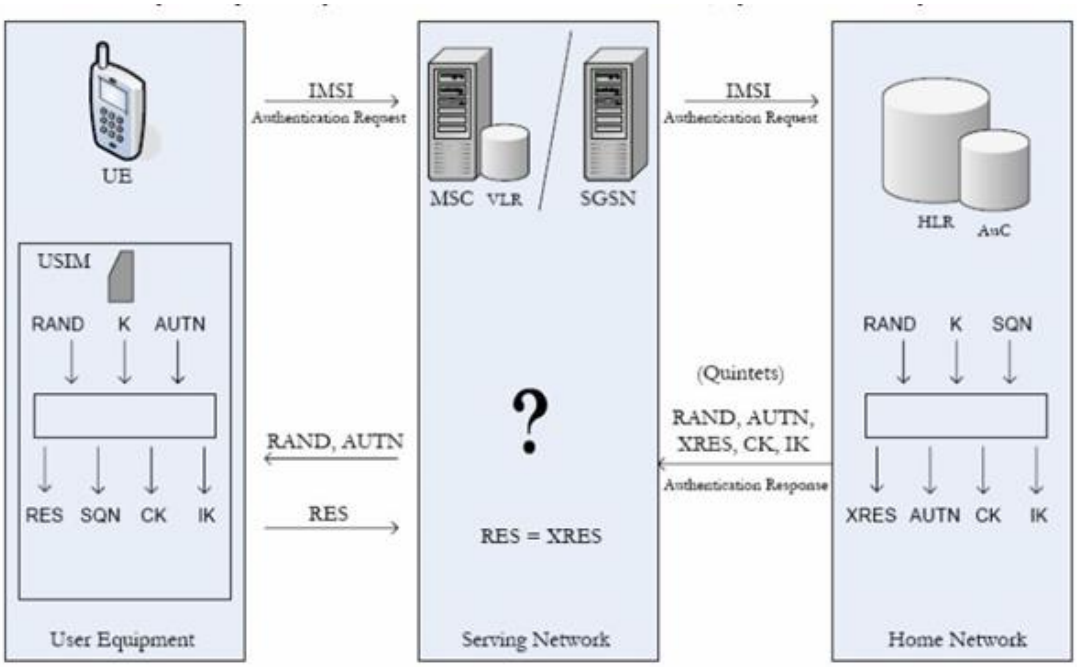


Рисунок 1.6 – Аутентифікація у мережі UMTS

Автентифікаційний центр (AuC) і USIM зберігають за копією основного ключа абонента, з якого відбувається спілкування абонента з мережею. За запитом обслуговуючої мережі AuC створює таблицю з n (n=5) п'ятикомпонентних аутентифікаційних векторів. Компонентами даних векторів є[8]:

- випадкове число RAND
- очікувана відповідь XRES
- Ключ шифрування CK
- Ключ цілісності IK
- маркер автентифікації AUTN,

причому останні 4 компоненти виходять з RAND і K та порядкового номера вектора SQN. Обслуговуюча мережа (а саме її VLR) вибирає наступний (k-тий) автентифікаційний вектор із впорядкованої таблиці та

посилає RAND(k) та AUTN(k) користувачу. USIM перевіряє, чи виробляє AUTN (k) валідний маркер аутентифікації і, якщо так, генерує та надсилає відповідь RES (k), яка обслуговуюча мережа порівнює з XRES (k), які використовуються, відповідно, для шифрування та підтримки цілісності потоку даних на рівні ефіру.

На рис.1.7 представлено основні елементи мережі стандарту UMTS.

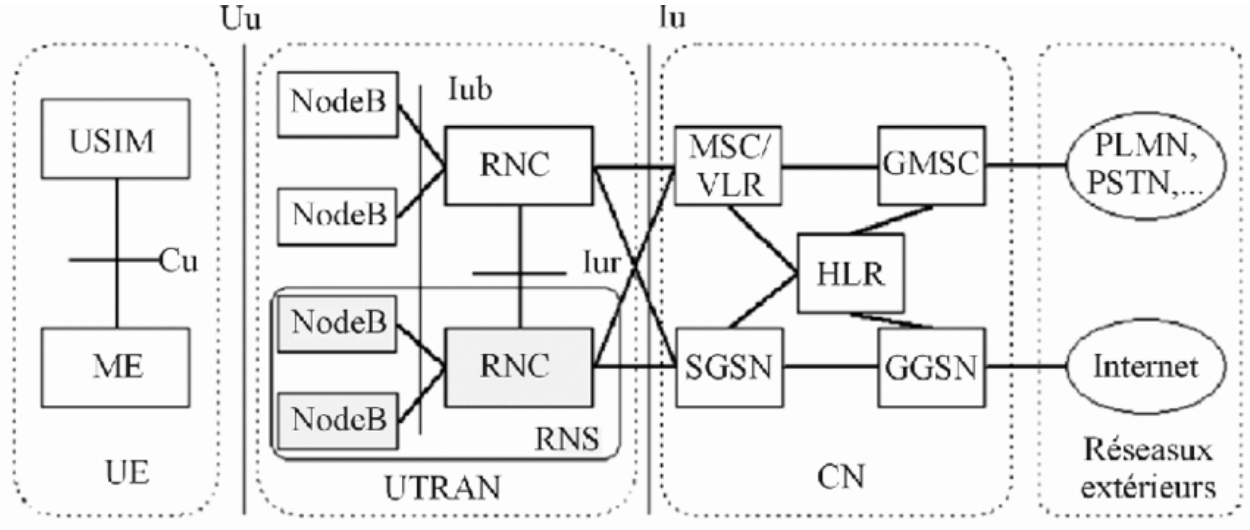


Рисунок 1.7 - Основні елементи мережі стандарту UMTS.

1.2.4. Підсистема комутації

У перших релізах стандарту UMTS (R99, R4) підсистема комутації не відрізнялася за структурою від тієї ж підсистеми мереж другого покоління. До неї входили MSC – Mobile Switching Centre , який виконував функції комутації, встановлення з'єднання, тарифікації та ін., а також низку регістрів HLR, VLR, AUC, які призначені для зберігання абонентських даних. У пізніших релізах (R5, R6, R7, R8) функції MSC були розділені між двома пристроями: MSC-Server та MGW (Media gateway). MSC- Server відповідає за встановлення з'єднань, тарифікацію, виконує деякі функції автентифікації. MGW являє собою комутаційне поле, підпорядковане MSC- Server.

1.2.5. Підсистема базових станцій

У мережі UMTS у порівнянні з мережею GSM найбільших змін зазнала підсистема базових станцій. Зазначені вище переваги досягаються насамперед за рахунок нової технології передачі інформації між базовою станцією та телефоном абонента.

Основні елементи, що входять до підсистеми базових станцій:

RNC (Radio Network Controller) – контролер мережі радіодоступу системи UMTS. Він є центральним елементом підсистеми базових станцій і виконує більшу частину функцій: контроль радіо ресурсів, шифрування, встановлення з'єднань через підсистему базових станцій, розподіл ресурсів між абонентами та ін У мережі UMTS контролер виконує набагато більше функцій, ніж у системах стільникового зв'язку другого покоління.

NodeB – базова станція системи стільникового зв'язку стандарту UMTS. Основною функцією NodeB є перетворення сигналу, отриманого від RNC на широкосмуговий радіосигнал, що передається до телефону. Базова станція не приймає рішень про виділення ресурсів, про зміну швидкості до абонента, лише служить мостом між контролером і обладнанням абонента, і вона повністю підпорядкована RNC.

Устаткування абонента отримало назву UE (User Equipment). Тим самим наголошується, що на відміну від попередніх стандартів у UMTS може бути не тільки звичайний телефон, а й смартфон, ноутбук, стаціонарний комп'ютер тощо.

Пакетні дані в мережі UMTS передаються від MGW до відомого нам системи GSM елементу SGSN, після чого через GGSN надходять до інших зовнішніх мереж передачі даних, наприклад Internet. Як правило, SGSN і GGSN мережі GSM застосовуються для тих самих цілей і в мережі UMTS. Проводиться лише корекція програмного забезпечення даних елементів.

1.3. Огляд 4G LTE

У 2004 р. в організації 3GPP, що стандартизує, був ініційований проект під умовною назвою Long Term Evolution (LTE)[9] - "довготривала еволюція" (яке згодом так і не змінилося). Його мета полягала в удосконаленні мережі доступу UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) стандарту UMTS.

У 2007 році, після завершення стадії вивчення застосовності (feasibility study), були випущені та затверджені технічні специфікації на мережу LTE. До кінця 2008 року специфікації були в основному готові до комерційного використання, а в грудні 2009 року були запущені перші мережі LTE в Стокгольмі (Ericsson) та Осло (Huawei). До кінця 2011 року, мереж LTE, які стали відносити до четвертого покоління 4G стільникового зв'язку, у світі було запущено 35.

Основним результатом розробки стандарту LTE стала вища швидкість доступу до IP-мережі. Тому стало можливим надання цілої низки послуг, які були неможливі в мережі 3G UMTS через недостатню швидкість доступу, а також недостатньо щільне покриття мережі.

Основними нововведеннями в мережі LTE були такі:

- Режим багатоадресної трансляції мультимедійних потоків MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Services), що дозволило значно розвантажити опорну мережу та підвищити швидкість доступу;
- LTE MIMO (Multiple In Multiple Out): формування променя через кілька антен, як на передавачі , так і приймачі. Такий режим дозволяє значно підвищити швидкість доступу, а також підвищити надійність з'єднання, за рахунок більшої кількості спрямованих каналів в промені (beamforming) на одній сполукі;
- Позиціонування LTE (LTE positioning), що дозволяє точніше визначити місцезнаходження пристрою користувача;

▪ Система загального оповіщення PWS (Public Warning System), що дозволяє оперативно сповіщати користувачів про настання якоїсь надзвичайної ситуації.

▪ Оптимізація розподілу спектра радіочастот: використання кількох діапазонів одного каналу;

▪ Базові станції, що підтримують різні радіотехнології доступу RAT (Radio Access Technology);

▪ Базові станції eNodeB для домашнього використання, фемто -стільники;

▪ Самоорганізовані мережі SON (Self-Organizing Networks).

Стільникова мережа 4G LTE доповнює 3G з метою збільшення швидкості доступу та обсягу каналів даних. Тому поєднання режимів доступу 3G та LTE є основою для розвитку 4G LTE.

Швидкість доступу в 4G збільшена за рахунок трьох основних факторів розширення каналів (від 5 МГц в 3G до 20 МГц), агрегації частот каналів із загальною смугою до 100 МГц, і збільшення кількості приймальних та передаючих антен MIMO.

Відмінність між двома варіантами технології двонаправленого доступу (Duplex) показано на рис.1.8.

▪ FDD (Frequency Division Duplex) дозволяє отримати ширше покриття однієї базової станції.

▪ TDD (Time Division Duplex) дає можливість регулювати співвідношення смуги вниз (DL, Downlink) і вгору (UL, Uplink).

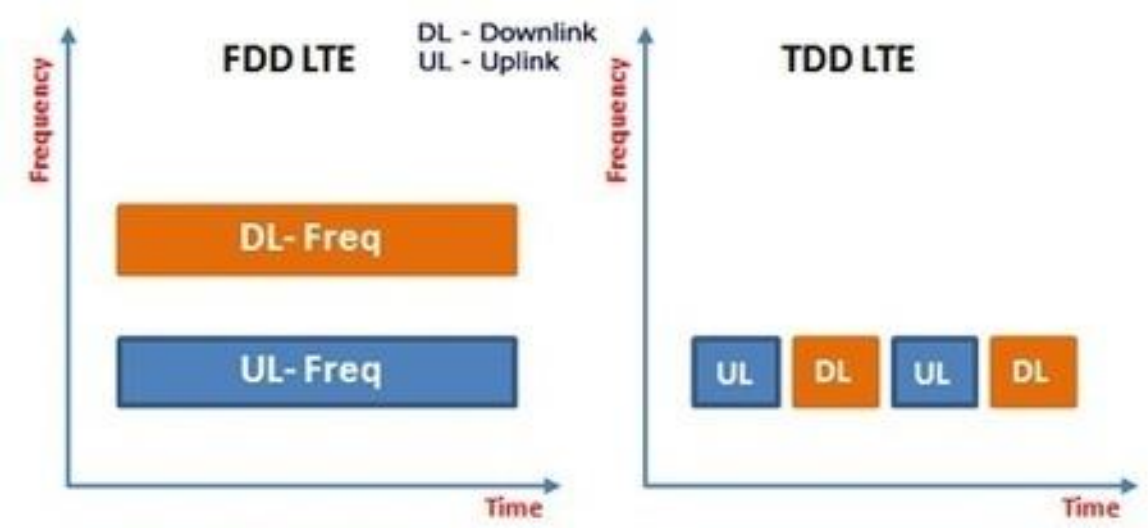


Рисунок 1.8. - Відмінність між режимами FDD та TDD

Слід зазначити, що останні релізи технології 3G – HSPA+ дозволяють отримати практично швидкості, близькі до 4G/LTE. Тому деякі фахівці говорять, що є дві версії 4G: HSPA+/HSPA Adnvanced і LTE/LTE Adnvanced . Деякі відносять до 4G та WCDMA+. Однак це не так, сама по собі швидкість доступу не є єдиним удосконаленням LTE.

На рис.1.9 показано співвідношення релізів стандартів різних технологій 3G/4G

Рисунок 1.9. - Співвідношення релізів стандартів різних технологій 3G/4G

1.3.1. Структура мережі LTE

Зміни мережі в LTE торкнулися не тільки мережі доступу, але й опорної мережі.

На рис.1.10 представлений структура мережі 4G.

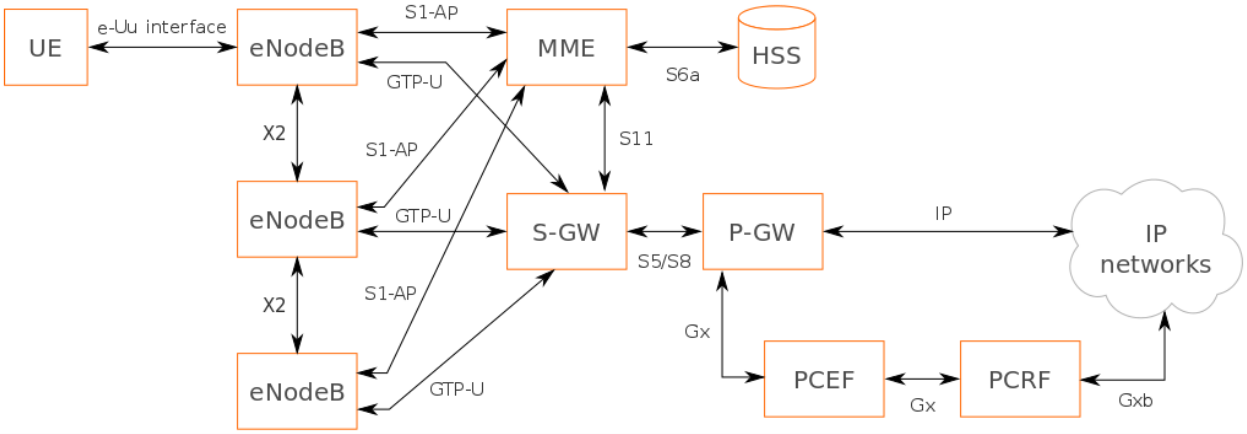


Рисунок 1.10 - Структура мережі 4G LTE

EPC є еволюційним продовженням ядра мережі GPRS/3G. Основні нововведення 4G/EPC - наступні:

▪ Простіша архітектура, яка знижує експлуатаційні та капітальні витрати. Для підвищення пропускної спроможності мережі доступу потрібен апгрейд лише двох елементів мережі: базових станцій та шлюзів;

▪ Мережа заснована повністю на технологіях комутації пакетів (All -IP). Перші релізи 3G передбачали передачу голосу мережі з комутацією каналів.

▪ EPC має велику пропускну здатність на мережі радіодоступу RAN зі швидкістю Downlink понад 100 Мбіт/с;

▪ Найменша затримка передачі пакетів у RAN - близько 10 мс ;

▪ Мобільність користувача між RAN різних типів: включаючи мережі, розроблені не 3GPP (наприклад WiMAX).

1.3.2. Компоненти EPC

Вузол Управління Мобільністю MME (Mobility Management Entity)[10] - керує мобільністю користувачів, відповідає за хендовер (передачу обслуговування користувача пристрою UE між базовими станціями), і здійснює вибір SGW для UE при початковому підключенні до мережі. MME також відповідає за аутентифікацію користувача (при взаємодії з сервером

бази даних користувачів HSS (Home Subscriber Server). MME бере участь у «правомірному перехопленні виклику» LI (Legal Interception), російською – СОРМ (система оперативно-розшукових заходів), інакше кажучи дає можливість спецслужбам стежити (з санкції суду) за телефонами підозрюваних у злочинах. MME також забезпечує мобільність між мережами LTE та мережами 2G/3G. Разом з домашнім HSS MME також здійснює роумінг пристроїв UE.

Шлюз обслуговування SGW (Serving Gateway) — призначений для обробки та маршрутизації пакетів даних, при їх отриманні від, або посилки в базові станції. також виконує роль вузла управління мобільністю (anchor) для даних користувача при хендовері між базовими станціями (eNodeB), а також як вузол управління мобільністю між мережею LTE та іншими мережами. Коли пристрій UE не використовується, SGW відключає низхідний канал DL і проводить періодичне опитування присутності UE в соті (пейджинг), якщо потрібно передати дані на UE.

Шлюз пакетної мережі PGW Packet Network Gateway) - забезпечує з'єднання від UE до зовнішніх пакетних мереж даних, будучи точкою входу та виходу трафіку від опорної мережі для UE. PGW виконує функції захисту та фільтрації пакетів для кожного користувача, білінгу сесій дзвінків та передачі даних. Крім того, PGW бере участь в управлінні мобільністю між різними мережами, такими як WiMAX , CDMA 1X та EV-DO.

Вузол установки політик тарифікації PCRF (Policy and Charging Rules Function) — відстежує потік послуг та встановлює тарифну політику для кожної послуги та користувача залежно від його тарифного плану.

Схема взаємодії EPC з мережею доступу LTE та IP-мережею оператора показано рис.1.11.

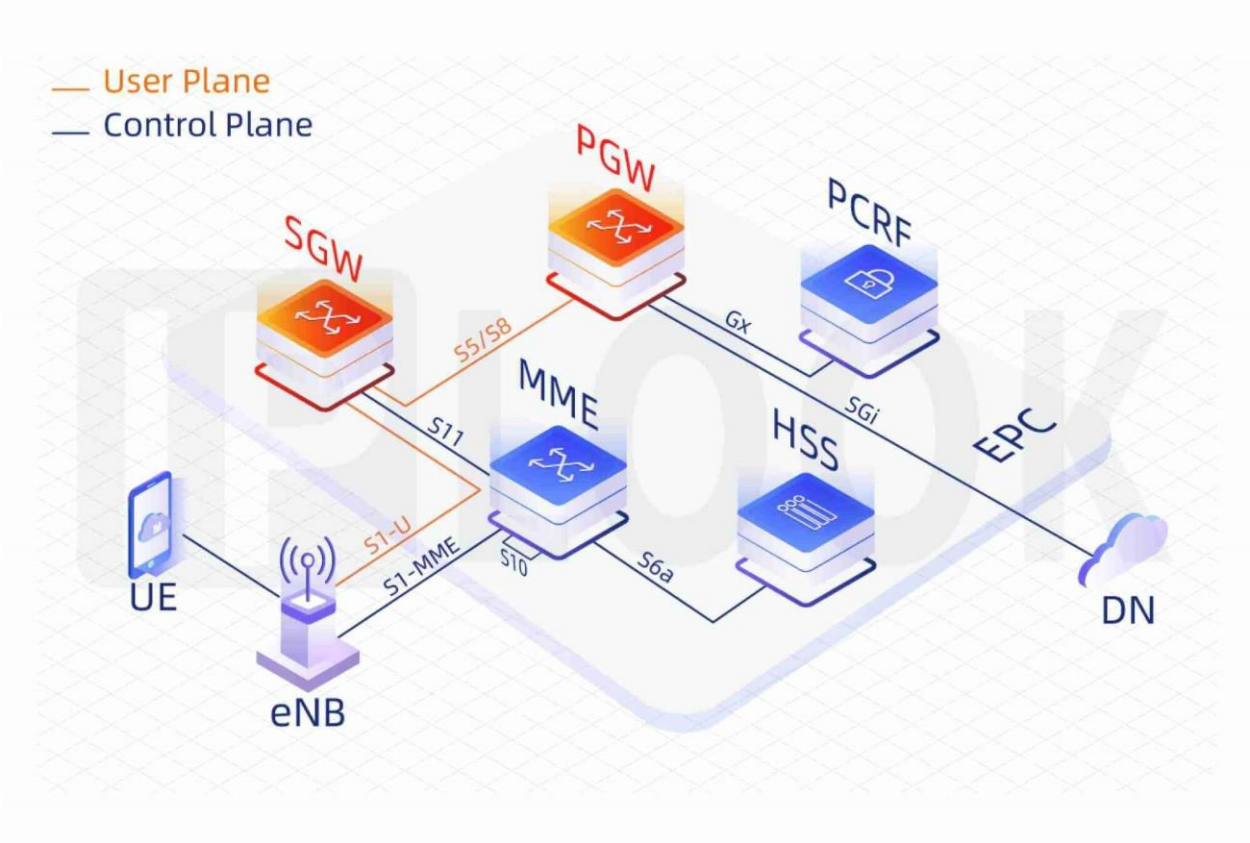


Рисунок 1.11 - Опорна мережа EPC для LTE.

Позиціонування користувача в LTE

Одна з переваг 4G LTE перед 3G – покращені можливості позиціонування користувача, що дозволяє підвищити якість його обслуговування.

Метод позиціонування LTE може базуватися як на сигналах з супутника, так і на сигналах від найближчих базових станцій, причому обидва методи можуть працювати одночасно.

У LTE використовується метод різниці в часі прибуття сигналу OTDOA (Observed Time Difference Of Arrival), в якому пристрій користувача UE вимірює час прибуття сигналу TOA (Time Of Arrival) від кількох базових станцій eNodeB .

Чим більше базових станцій вимірюється затримка сигналу τ, тим точніше можна обчислити місцезнаходження пристрою користувача в MME.

На рис. 1.12 представлені методи позиціонування в LTE по різниці в часі прибуття сигналу τ_i, де i – номер eNodeB $_i$

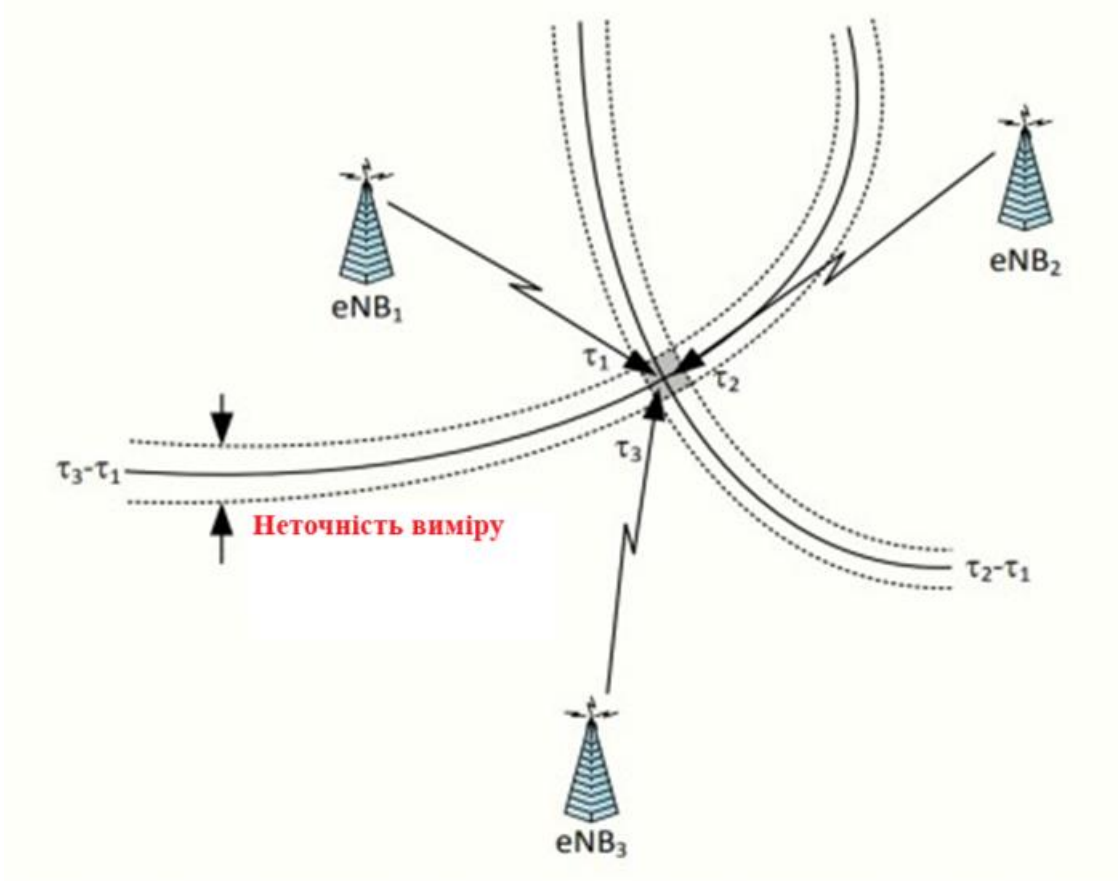


Рисунок 1.12. - Метод позиціонування в LTE

1.4. Стрімінгове обслуговування

Потокові сервіси функціонують шляхом передачі контенту від провайдера до користувача. Весь матеріал зберігається на сервері, і користувачу не потрібно завантажувати нічого для перегляду чи прослуховування. Контент передається в режимі реального часу, і швидкість залежить від інтернет-з'єднання користувача. Навіть із базовим інтернетом сьогодні можна без труднощів слухати музику чи переглядати відео через такі сервіси.

Перегляд онлайн-контенту став чудовою альтернативою завантаженню файлів. Це дозволяє заощадити місце на жорсткому диску, якщо ви регулярно очищуєте тимчасові файли. Такі послуги поступово витісняють торренти, оскільки більше людей переходить на потоковий перегляд замість постійних завантажень. Популярні сервіси також легалізують перегляд, оскільки ви

сплачуєте абонентську плату за певний період. Це схоже на телебачення або радіо, але з розширеними можливостями та без запланованих програм з обов'язковою рекламою.

1.4.1. Стрімінг відео-сервіси

Часи, коли потрібно було купувати окремі диски з фільмами, вже позаду. Сьогоднішні потокові сервіси надають можливість дивитися все: від новин у прямому ефірі до класичних фільмів і новітніх серіалів. Це можна робити будь-коли і з будь-якого пристрою. Ви просто купуєте підписку на сервіс і отримуєте доступ до всього контенту на смарт-телевізорі чи ігровій консолі. Найвідоміші відео-сервіси включають[11]:

- NETFLIX
- Hulu
- Amazon
- Playstation Vue
- Twitch
- Vevo

Вибір платформи залежить від ваших вподобань. Наприклад, Netflix відомий фільмами та серіалами, зокрема власного виробництва, тоді як Twitch призначений для геймерів, які транслюють свій ігровий процес онлайн. Інші популярні платформи, такі як Instagram, також запускають функції онлайн-стрімінгу. Хоча такі сервіси, як Twitch, можна дивитися безкоштовно, для доступу до контенту з авторськими правами, як фільми, серіали чи телешоу, необхідно придбати підписку на місяць, рік або інший зручний період.

1.4.2. Музичні стрімінг сервіси

Альбоми музики сьогодні майже ніхто не завантажує і не купує на дисках, хіба лише для особистих колекцій. Значно простіше, як і з відео-сервісами, оформити підписку на музичний онлайн-сервіс і слухати все, що забажаєте, коли є стабільне інтернет-з'єднання.

Популярні музичні сервіси включають:

- Spotify
- Google Play Music
- Apple Music
- Napster
- Amazon Music Unlimited

З такими сервісами вам не потрібно витрачати багато часу на підбір плейлистів. Можна знайти багато вже готових плейлистів, створених автоматично на основі подібних треків, або створити свої власні для будь-якої ситуації. Зазвичай ці сервіси можна інтегрувати через мобільний застосунок з розумними годинниками, новітніми навушниками чи домашніми аудіосистемами. Підтримка популярних сервісів стає важливою для просування нових аудіопристроїв або фітнес-браслетів, адже завдяки потоковим сервісам можна брати улюблену музику з собою всюди, де є інтернет.

1.5. Огляд Систем моніторингу

1.5.1. Рішення Huawei SmartCare – огляд продукту

Системи моніторингу повинні мати можливість контролювати та керувати досвідом і задоволеністю клієнтів і користувачів як на індивідуальному рівні, так і на сукупному рівні, виміряному протягом діапазону часових інтервалів.

На рис.1.13 представлена логічна схема рішення SmartCare.

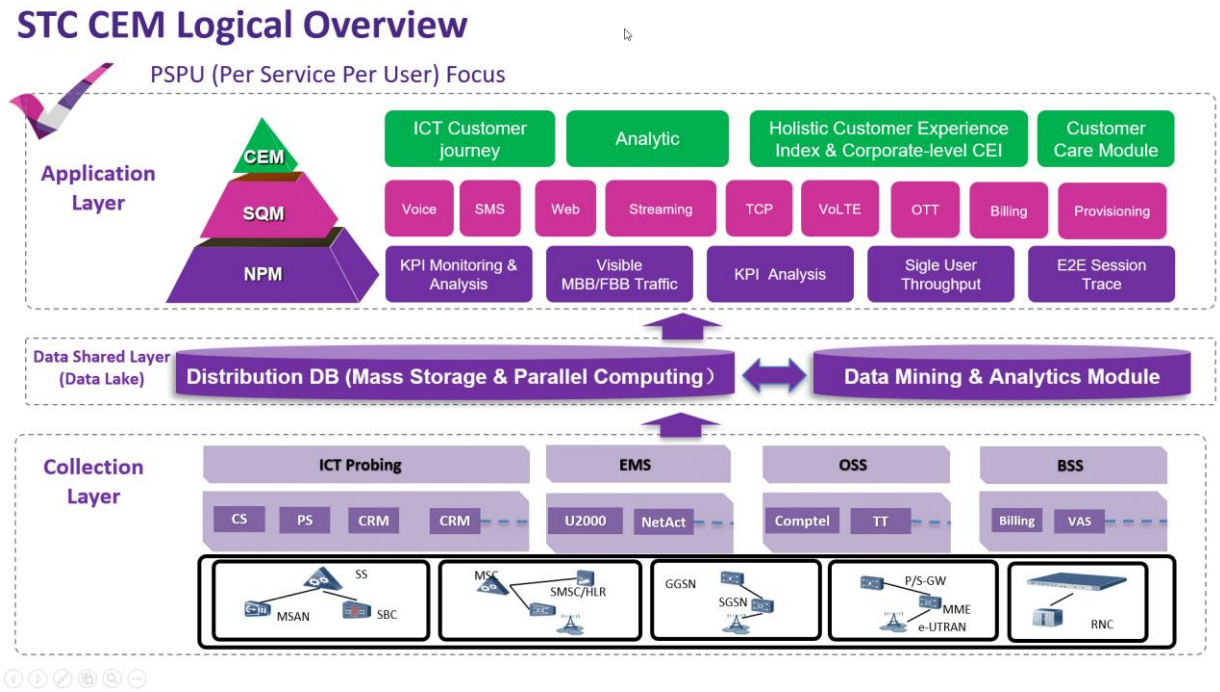


Рисунок 1.13 – Рішення SmartCare

Особливості рішення SmartCare[12]:

- Huawei SmartCare зосереджується на гарантії взаємодії з користувачем. Використання уніформи платформа
- Huawei SmartCare забезпечує три основні функції:
  - Мережа продуктивність управління (НПМ)
  - Сервіс якість Управління (SQM)
  - Замовник Досвід Управління (CEM)
- Huawei SmartCare складається з таких рішень:
  - Збір даних (з мереж операторів)
  - SEQ Analyst (платформа для управління якістю обслуговування та користувацького досвіду)
  - професійний Сервіс і система Інтеграція
- Користувачі можуть гнучко вибирати компоненти, які складають платформу SEQ Analyst. Відповідні пристрої можуть постачатися різними постачальниками. Крім того, оператори можуть визначати ролі користувачів, щоб інформація відображалася користувачам суворо на основі їхніх дозволів.

На рис.1.14 представен приклад функціаналу платформі SEQ Analyst

Рисунок 1.14 – Функції рішення SmartCare

1.5.1.1. Короткий опис функцій рішення SmartCare

Аналіз продуктивності мережі надає принаймні 15-хвилинні дані з інтервалом для KPI. Аналіз якості обслуговування надає щонайменше 15-хвилинні дані з інтервалом для KQI[7].

- **SQM**
  - Voice Quality Indicator
  - SMS Quality Indicator
  - Web Quality Indicator
  - Streaming Quality Indicator
- **NPM**
  - CS Network Performance Indicator

- CS Network Thematic Indicator
- CSFB Thematic Analysis
- Roaming Analysis Indicator
- PS Network Performance Indicator
- VOLTE Performance Indicator
- TCP Quality Analysis
- Interconnect Analysis

- **CEM**
  - VIP/VIP Group Analysis
  - Roaming Analysis
  - Poor Quality Analysis (VAC)
  - CCA Customer Care Analysis
  - Device Analysis (Penetration & Performance)
- **Device OTT**
  - OTT Traffic Analysis
  - Device Analysis (Penetration & Performance)
- **Customer Journeys**
  - CJ Assurance Monitoring
  - ICT CJ Analysis
  - Single User Analysis
  - Customized CJ Report

1.5.1.2. Огляд Huawei SmartCare Користувацький досвід

Подорож клієнта – це серія взаємодій, які кожен клієнт має з SP для досягнення відчутного результату для клієнта E2E. Подорож клієнта також може перетинати кілька бізнес-доменів.

Точка дотику — це будь-яка точка контакту між Клієнтом і Постачальником послуг, яка вимірюється спеціальними показниками форуму TM і STC, отриманими з глобальних стандартів і найкращих практик.

На рис.1.15 опис шляхів клієнтського досвіду

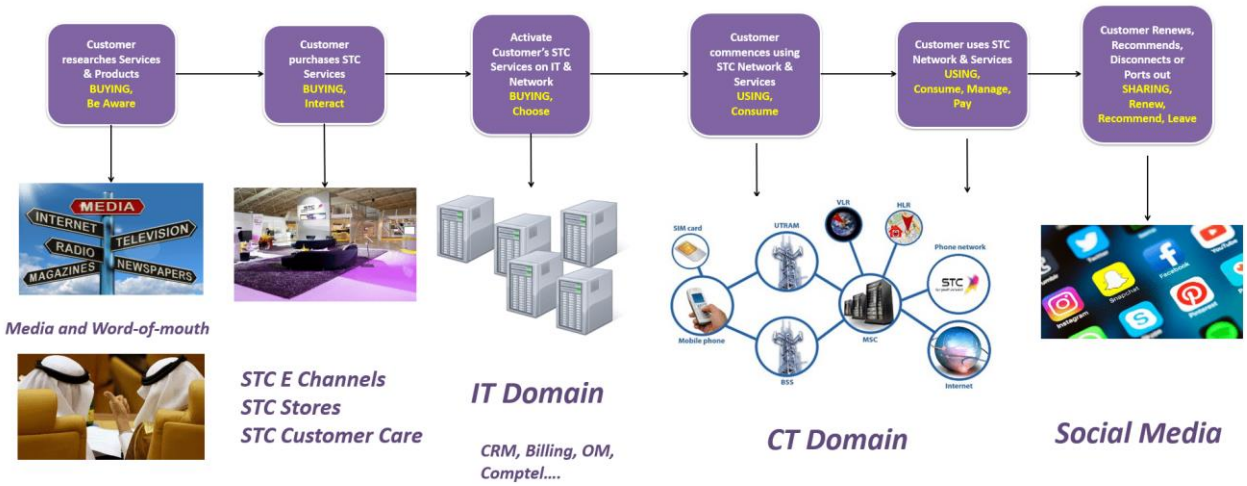


Рисунок 1.15 – Огляд клієнтського досвіду

Клієнтський досвід — це сума всіх взаємодій або точок дотику між Клієнтом і Постачальником послуг і залучає багато зацікавлених сторін(рис1.16 та рис.1.17).

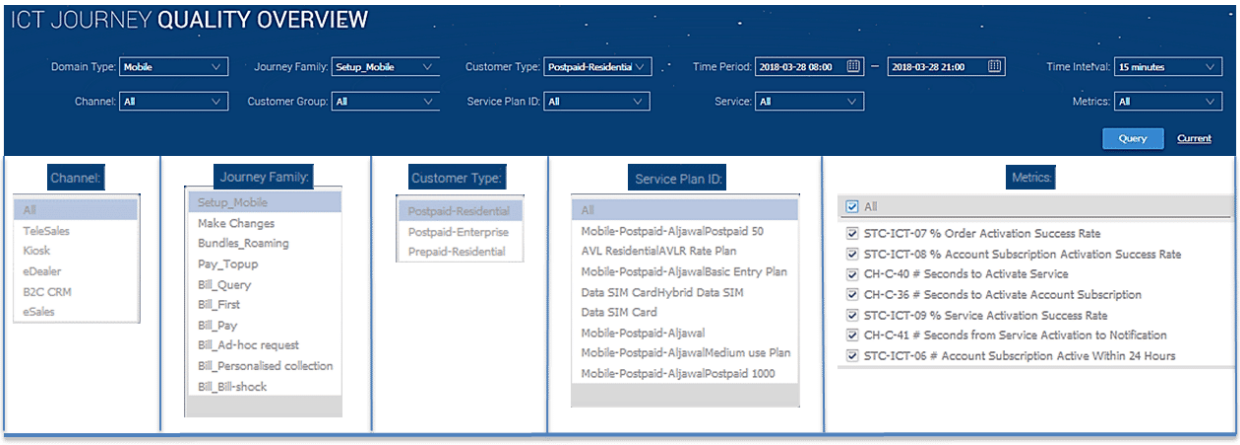


Рисунок 1.16 – Наскрізний аналіз клієнтів (частина 1)

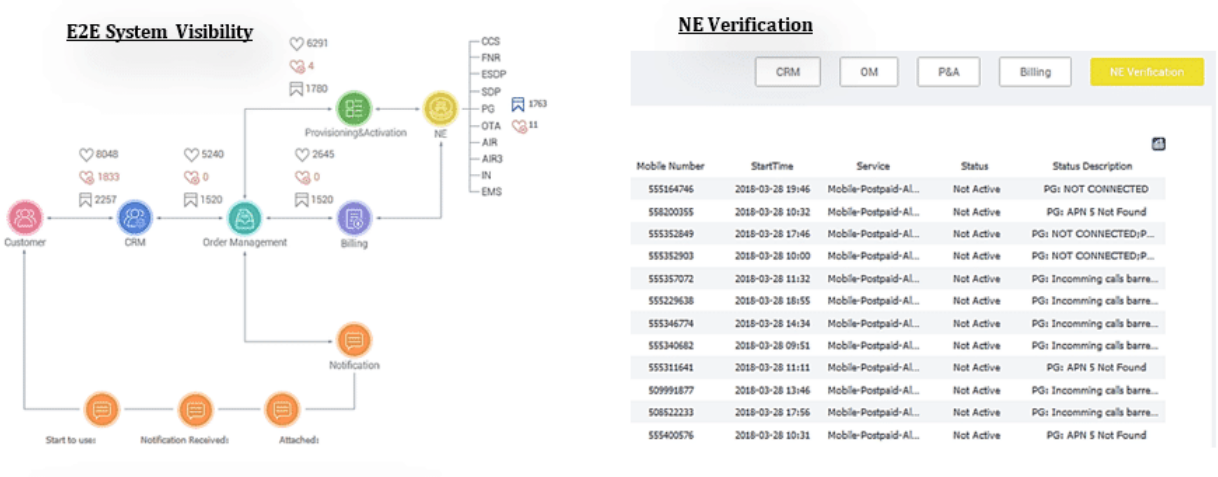


Рисунок 1.17 – Наскрізний аналіз клієнтів (частина 2)

1.5.2. Моніторинг MasterClaw

Як гоаорить вендо системи[13], MasterClaw — це провідне мультитехнологічне рішення, що підтримує NFV/SDN, яке забезпечує цілодобову видимість мережі, служби, програми та клієнта в режимі 24 x 7 x 365, а також неперевершене усунення несправностей.

• Складний набір інструментів для усунення несправностей

• Вирішення складних питань за скорочений час

MasterClaw є основою для надання цінності вашій організації та тепер включає підтримку NFV і SDN, що полегшує ваш перехід до віртуалізованого середовища та захищає інвестиції в аналіз досвіду клієнтів.

На рис.1.18 зображена структурна схема платформи моніторингу MasterClaw

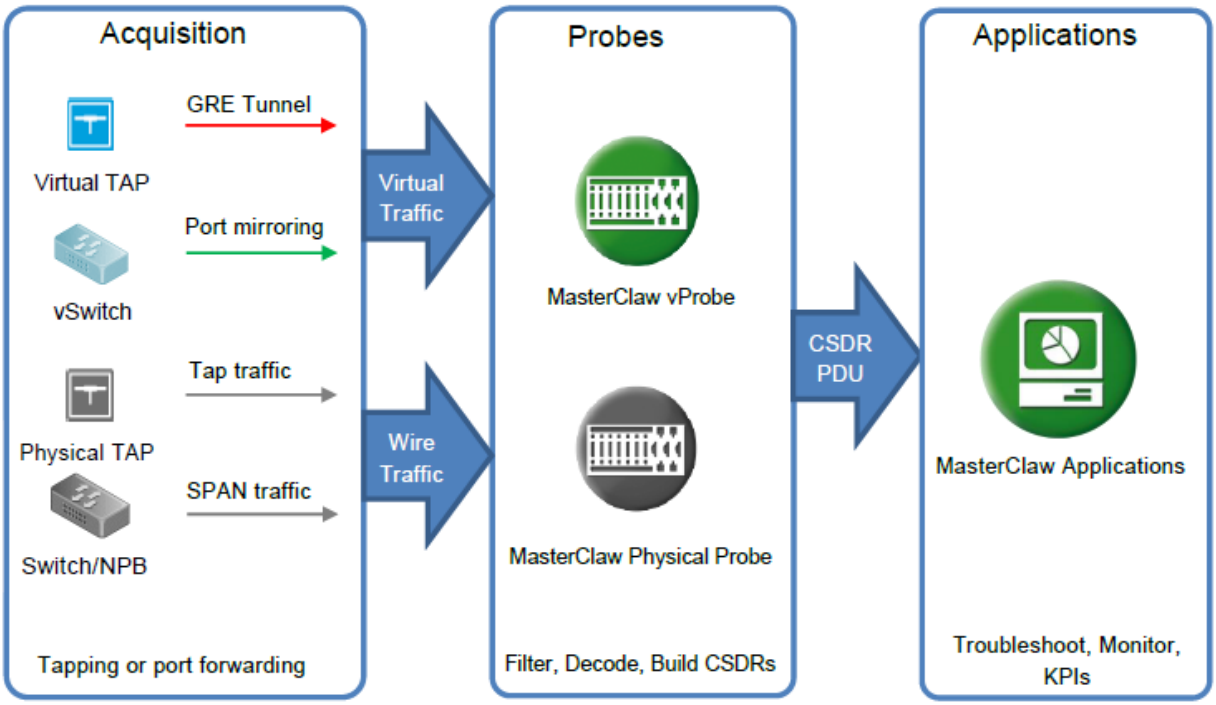


Рисунок 1.18 – Блок Схема платформи MasterClaw

Функції моніторингу MasterClaw[16]

• Справжнє наскрізне усунення несправностей – покриття конвергентних мереж наступного покоління (NGN), застарілих і гібридних мереж через сигналізацію, площину користувача та якість голосу

• Незалежність від постачальника мережі – ненав'язливі зонди, які дозволяють контролювати конвергентні мережі багатьох постачальників без будь-якої залежності від будь-якого постачальника мережевого обладнання

• Висока масштабованість – можливість масштабування від одного вузла до повноцінної мережі гібридних мереж передачі даних, фіксованих і мобільних

• Миттєва перевірка коригувальних дій – перевірка інформаційної панелі та звітів KPI дозволяє передбачати проблеми та швидко вирішувати їх економічно ефективним способом

• Динамічні та саморегулюючі сигнали тривоги, чітко видимі на веб-порталі, автоматично сповіщають вас про ворожий мережевий трафік. Наше динамічне рішення визначає моделі або тенденції вторгнення в мережу, що

виникають, і автоматично вносить необхідні коригування, забезпечуючи оптимальний захист мережі

- Індивідуальний перегляд даних через інтуїтивно зрозумілий, зручний веб- портал
- Довгострокове зберігання подій мережевих даних
- Набір додатків, які відповідають вашому стилю роботи:
- Проактивний аналіз зверху вниз
- Вимірювання якості мережі та послуг
- Зосередьтеся на клієнтському досвіді для VIP-персон, цінних клієнтів і корпоративних груп
- Виявлення низької продуктивності
- Усунення несправностей за допомогою eoFinder Trace і аналізу протоколу
- Аналіз швидкого реагування знизу вгору
- Відповідь на мережеву подію або скаргу клієнта
- Дослідіть причину за допомогою eoFinder Browse
- Досліджуйте, чи це ізольована подія, чи проблема, що повторюється
- Переконайтеся, що проблему вирішено за допомогою спеціальної інформаційної панелі

1.5.3. Огляд платформ моніторингу VMAX ZTE

Як описує систему вендор[14], Глибоко розуміючи телекомунікаційну галузь та інноваційне мислення, ZTE запустила Value MAX (VMAX), яке є бездротовим рішенням для великих даних. VMAX — це мережевий продукт O&M, заснований на технології великих даних. VMAX сприймає та аналізує мережеву та сервісну інформацію з точки зору користувачів. Він візуалізує якість мережі, трафік послуг, якість обслуговування, взаємодію з користувачем, поведінку користувача та програму терміналу за допомогою масового аналізу даних. Він також підтримує наскрізну обробку скарг клієнтів

і аналіз QoS. Крім того, він може швидко визначити причини, які впливають на якість мережі та сприйняття користувачами, і побудувати візуальні, керовані та контрольовані канали обслуговування для досягнення оптимальної роботи з повним набором послуг.

VMAX від ZTE використовується в різних сценаріях експлуатації та обслуговування мережі:

● Інтелектуальна обробка скарг клієнтів. VMAX переходить від «окремої», «пасивної» та «неефективної» обробки скарг до «асоційованої», «активної» та «ефективної» обробки скарг. Наскрізні пов’язані дані CDR можна діагностувати один за одним із площина керування, медіаплоща, асоційовані комірки та пов’язані мережеві елементи, щоб визначити шлях і причину несправності, разом із базою даних досвіду усунення несправностей і деревом рішень про несправності дозволяє обслуговувати клієнтів Завдяки наскрізному аналізу мережі VMAX може швидко виявити джерело та місце виникнення проблеми основні послуги для підтримки наскрізного аналізу та моніторингу в реальному часі, а також для розуміння доступності, часу затримки, трафіку, пропускної здатності та втрати пакетів, а також покриття та перешкод радіоінтерфейсу. Це дає змогу аналізувати дані зверху донизу та від усієї мережі до певних областей.

● Керування користувальницьким досвідом. VMAX дозволяє оператору сприймати почуття користувачів, приділяти їм більше уваги та підвищувати рівень задоволеності клієнтів. Він має наскрізну систему сприйняття користувачами, яка передбачає аналіз QoS конкретних користувачів. Крім того, він відстежує роботу користувачів у режимі реального часу, забезпечує особливу турботу про VIP-користувачів, досліджує потенційних користувачів VAP і нагадує операторам вжити заходів, щоб уникнути відтоку клієнтів

. ● Підтримка маркетингу. Створюючи візуальні багатовимірні канали та аналізуючи значення даних, VMAX допомагає оператору з точним маркетингом і інвестиціями в мережу. Він купує популярні сервіси та програми в мобільних мережах, щоб збільшити операційні доходи та

покращити якість обслуговування. Він також отримує споживчі звички користувачів, переваги послуг і сценарії діяльності, забезпечуючи орієнтир для точного термінального маркетингу. Більше того, він визначає цінні мережі та вносить пропозиції щодо розвитку мережі.

● Інтелектуальне керування замкнутим циклом. VMAX можна з'єднати з системою PCC, щоб побудувати керовану мережеву трубу, яка зменшує навантаження на мережу, підвищує цінність трафіку, покращує взаємодію з користувачем і максимізує повернення інвестицій. У години пік VMAX забезпечує пропускну здатність для високоцінних послуг і VIP-користувачів. У години простою це збільшує пропускну здатність користувача та покращує взаємодію з користувачем.

● Провідна в галузі платформа великих даних. Завдяки застосуванню кількох ключових технологій платформа великих даних VMAX є швидкою, точною та простою у використанні. Програми відокремлені від даних, що дозволяє уникнути ситуації, коли програми можуть отримати доступ до даних нижнього рівня. Завдяки гібридній архітектурі платформа великих даних технічно відкрита та розділена на кілька рівнів і доменів. MPP + Hadoop використовується для створення платформи, а також представлено кілька компонентів Hadoop 2.0. Можливість обслуговування в реальному часі реалізує збір даних у реальному часі, аналіз у реальному часі, надання послуг у режимі реального часу та самоадаптивне навчання моделей і міток. Платформа включає захист великих даних в єдину систему управління безпекою.

VMAX від ZTE містить три рівні: рівень збору датчиків, рівень обміну даними та рівень додатків аналізу. Кожен рівень має адаптери відкритого інтерфейсу для інтеграції багатьох джерел даних, платформ і програм.

На рис.1.19 зображена архутектура VMAX ZTE

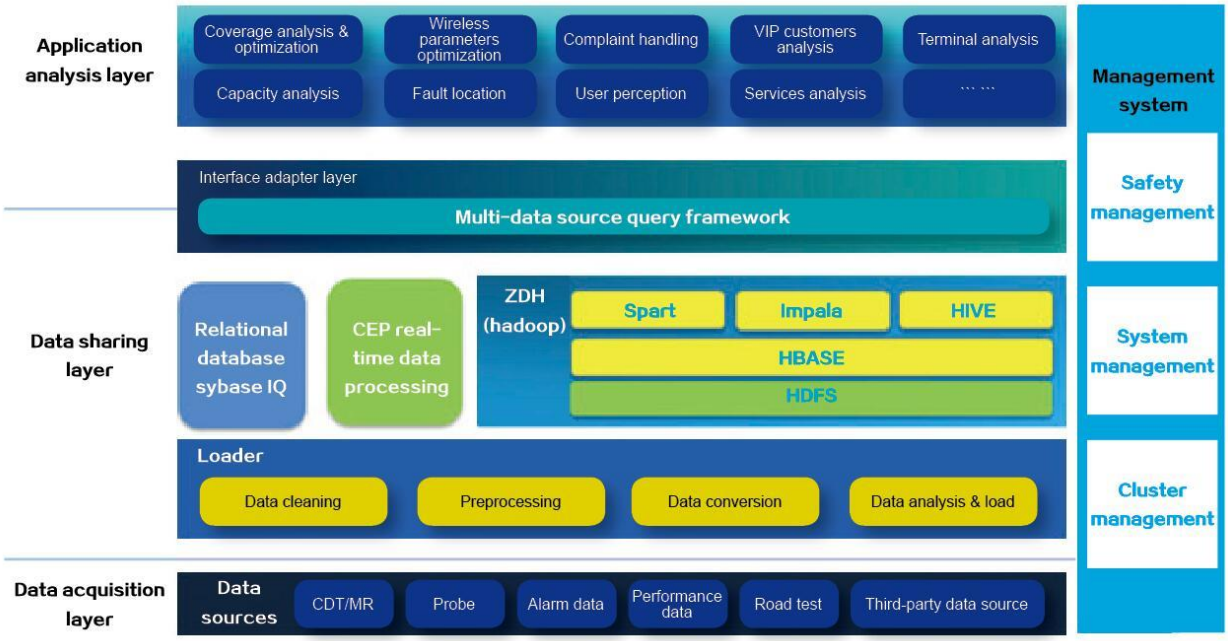


Рисунок 1.19 – Архітектура платформи VMAX ZTE

VMAX дозволяє внутрішнім інтерфейсам отримувати дані площини керування та медіа-площини від елементів базової мережі ZTE та отримувати дані MR/CDT із бездротової сторони. Розгортаючи зонди та використовуючи оптичні розгалужувачі, зовнішні інтерфейси можуть отримувати дані площини керування та медіаплощини для системи VMAX зі стандартних інтерфейсів, таких як Gn / IuPS /Gi/S1/S10/S11/S5/S8/ SGi . Система VMAX може отримувати, витягувати, асоціювати та аналізувати дані з модулів у мережі для підтримки експлуатації та обслуговування мережі.

На рис 1.20 зображена позиція VMAX на мережі

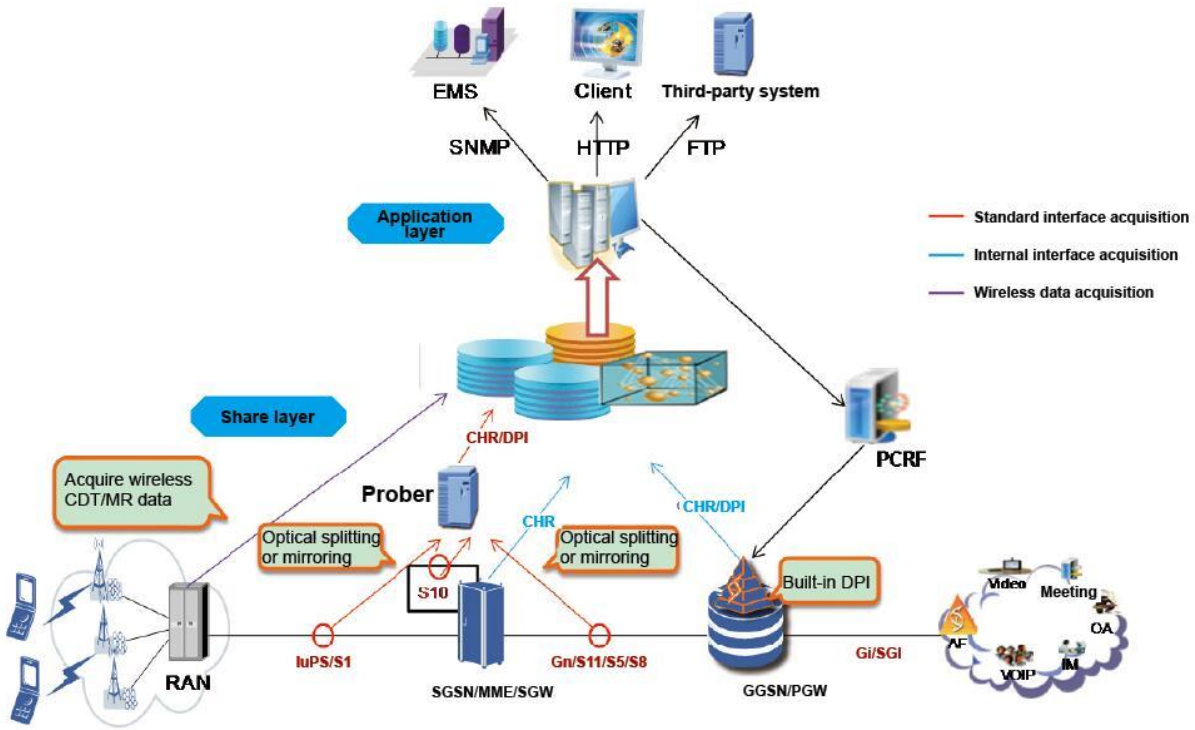


Рисунок 1.20 – Архітуктура збору даних платформой VMAX

Заснований на технології великих даних ZTE, VMAX має не тільки потужну обробну здатність, але й гнучку здатність конвергенції. Це може допомогти операторам побудувати оптимальну операційну платформу, яку вже розгорнули багато основних операторів. Наприклад, система аналізу великих даних VMAX, яка була введена в експлуатацію компанією Sichuan Telecom у березні 2014 року, виконала те, для чого вона була розроблена, щодо обслуговування користувачів, аналізу поведінки користувачів і аналізу терміналу користувача. Він підтримує планування побудови мережі шляхом оптимізації мереж і підвищення ефективності обробки скарг. Ця система стабільно працює вже не один рік, приносячи значні економічні та соціальні вигоди. Це також дуже допомагає Sichuan Telecom для оптимальної роботи бездротових мереж у всій провінції.

2. ОПИС ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СТРІМІНГОВИХ СЕРВІСІВ

2.1. Архітектура аналізу даних

Для реалізації схеми моніторингу пропонується наступна блок-схема (рис 2.1).

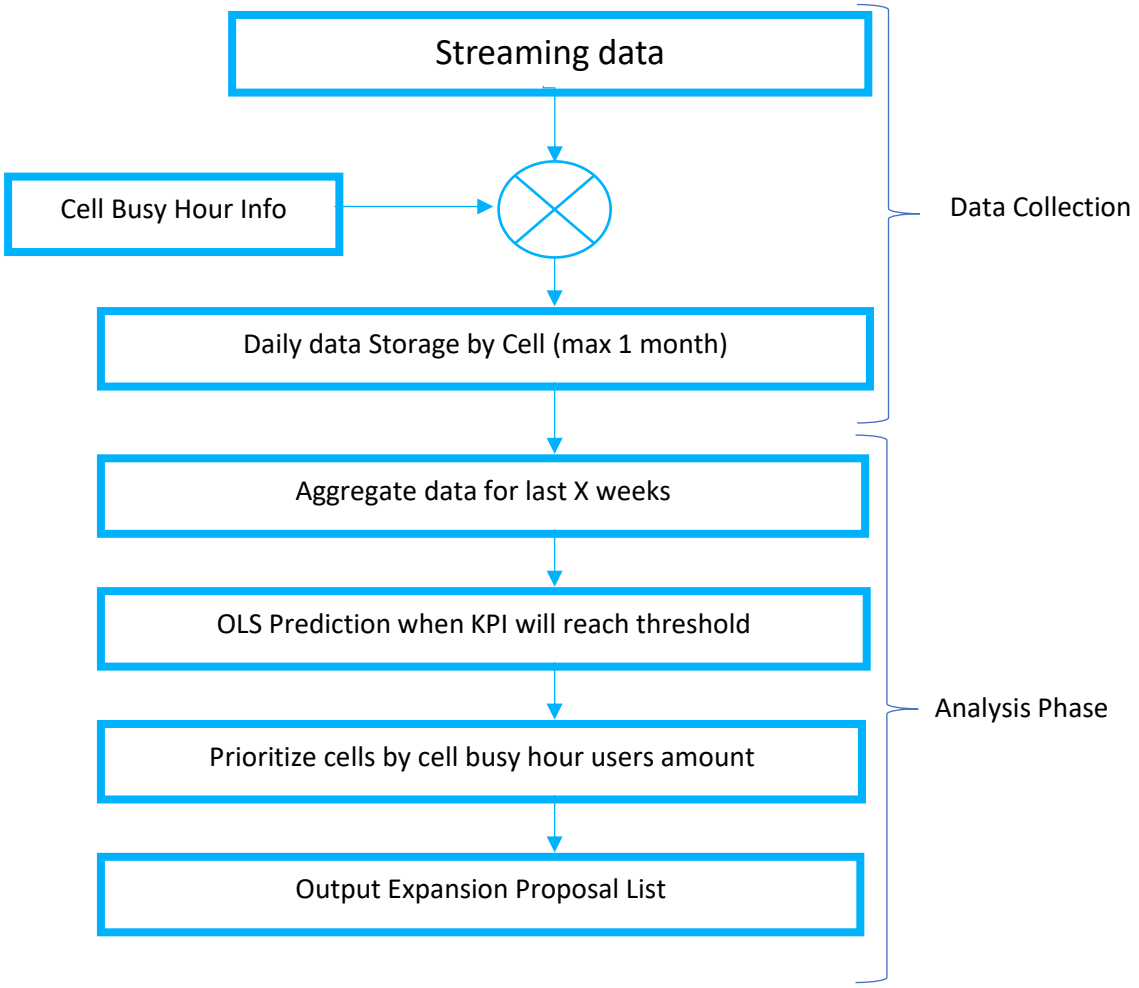


Рисунок 2.1 – Блок схема аналізу даних.

Ця блок-схема демонструє етапи обробки даних, необхідні для оцінки якості стрімінгових сервісів та їхню взаємодію.

Процес починається зі збору даних про навантаження на стільникові вишки. Ці дані є критично важливими для розуміння активності користувачів і допомагають виявити пікові навантаження на мережу.

Зібрані дані зберігаються в суточному сховищі, де їх можна проаналізувати за останній місяць. Це забезпечує наявність великих обсягів

історичної інформації, що дозволяє виявити закономірності в поведінці мережі.

Наступним етапом є агрегація даних, що передбачає об'єднання показників для подальшої обробки.

Після агрегації проводиться прогнозування за допомогою методу OLS (Ordinary Least Squares), що дозволяє оцінити, коли ключові показники досягнуть критичних значень. Це необхідно для попередження можливих проблем з якістю обслуговування.

На етапі пріоритизації стільникових вишок оцінюється їхня продуктивність відповідно до кількості користувачів у години пік. Це допомагає визначити, які вишки потребують особливої уваги для поліпшення якості обслуговування.

Завершальним етапом є формування списку пропозицій щодо розширення. Цей список допомагає у розробці стратегій для покращення роботи стрімінгових сервісів та запобігання можливим проблемам в майбутньому.

2.2. Вибів порогових значень стрімінгових сервісів

У процесі аналізу якості стрімінгових сервісів важливо враховувати порогові значення, які впливають на стабільність і продуктивність потокового відео[15]. Вони визначені на основі кількох факторів, зокрема стандартів якості відео та технічних специфікацій.

Табл 2.1**.** містить інформацію про вимоги до бітрейту та мінімального сеансового трафіку для різних типів потокового відео, таких як 2K, 1080p, 720p і 480p. Чітке визначення порогових значень для кожного типу послуги забезпечує гармонійний перегляд контенту.

Таблиця 2.1.

Порогові значення якості сервісів

Service Type	**2K Streaming**	**1080 Streaming**	**720 Streaming**	**480 Streaming**
Resolution Bitrate	>6 Mbps	>2.5 Mbps	>1.3 Mbps	>750 Kbps
Minimum Session Traffic (Bytes)	1024	1024	1024	1024
Threshold	3.2	3.2	3.2	3.2

Наприклад, для 2K стрімінгу встановлено поріг бітрейту понад 6 Мбіт/с, що дозволяє забезпечити високу якість зображення та уникнути затримок. Аналогічно, для 1080p, 720p і 480p відповідні порогові значення також розраховані, щоб задовольнити потреби користувачів у комфортному перегляді.

Вибір порогових значень, заснований на цій таблиці, допомагає в досягненні оптимального балансу між якістю відео та ефективністю використання мережевих ресурсів, що є критично важливим для створення задоволеності користувачів.

2.3. Архітектура програмного коду

Програма має модульну архітектуру і складається з кількох основних компонентів(Рис.2.3).

Рисунок 2.2 – Архітектура програмного коду.

Далі розглянемо кожний модуль більш детально

2.3.1. Модуль Завантаження Даних (DataLoader)

Модуль призначений для завантаження даних (DataLoader). Основне призначення полягає у імпорті даних з CSV-файлів, які накопичують інформацію про показники якості, такі як швидкість передачі, затримка та втрати пакетів.

Даний модуль відповідає за доступ до різних ресурсів, платформ збору данних. Це дозволяє програмі отримувати необхідну інформацію для подальшої обробки та аналізу. Після завантаження дані потрібно обробити, щоб вони були представлені в єдиному форматі. Модуль об'єднує інформацію з кількох файлів у спільний список, що спрощує їх аналіз. Після цього модуль автоматично пропускає заголовки у файлах, залишаючи лише рядки даних. Це дозволяє уникнути помилок при подальшій обробці даних. Використовуючи цей модуль, програма може легко адаптуватися до нових джерел даних, просто додаючи нові CSV-файли до теки.

Для реалізації цього модуля пропонується використовувати наступні функції:

Функція combine_csv_files призначена для завантаження та об'єднання даних з усіх CSV-файлів, розташованих у вказаній теці. Ця функція дозволяє автоматично зчитувати вміст файлів, пропускаючи заголовки, і формує зведений список рядків даних для подальшої обробки.

Функція виконує наступні кроки:

1. Отримує список усіх файлів у вказаній теці за допомогою os.listdir().
2. Фільтрує список, відбираючи тільки файли, які мають розширення '.csv'.
3. Ініціалізує пустий список combined_data, куди будуть додаватися дані.
4. Для кожного файлу з отриманого списку:

а) Формує повний шлях до файлу за допомогою os.path.join().

б) Відкриває файл в режимі читання.

в) Використовує csv.reader для зчитування вмісту файлу.

г) Пропускає заголовок, використовуючи next(reader).

д) Додає всі рядки даних (без заголовка) до списку combined_data.

5. Повертає об'єднаний список всіх даних.

Функція «parse_csv» призначена для зчитування та обробки даних з окремого CSV-файлу. Вона організовує дані в структурованому форматі, повертаючи заголовок і рядки з інформацією, що полегшує їхню подальшу обробку та аналіз.

Функція виконує наступні кроки:

1. Відкриває вказаний CSV-файл у режимі читання.
2. Створює об'єкт csv.reader для читання вмісту файлу.
3. Використовує
4. next(reader) для читання заголовка файлу, який містить назви колонок, та зберігає його в змінній header.
5. Читає всі рядки даних та збирає їх у список data.
6. Повертає заголовок та дані як результат.

2.3.2. Модуль Обробки Даних (DataProcessor)

Модуль Обробки Даних (DataProcessor) відповідає за очищення, агрегацію та структурування даних, отриманих з CSV-файлів. Основне призначення полягає в підготовці даних для подальшого аналізу і прогнозування якості стрімінгових сервісів.

Основні функції:

Функція clean_data(raw_data) - ця функція виконує очистку необроблених даних, видаляючи недійсні записи, дублікатні рядки та заповнюючи пропущені значення

Функція виконує наступні кроки:

1. Пробігає через всі рядки даних.

2. Виключає рядки з недійсними або неповними даними.

3. Зберігає очищені дані для подальшої обробки.

Функція group_by_cell(data, cell_column)

Ця функція групує оброблені дані за ідентифікатором стільникової вишки, що дозволяє зібрати статистику по кожній вишці.

Функція виконує наступні кроки:

1. Створює словник для зберігання групованих даних.

2. Пробігає через всі рядки, вибираючи відповідні значення для кожної стільникової вишки.

3. Додає дані до словника, організуючи їх за ідентифікатором.

2.3.3. Модуль Прогнозування (PredictionModel)

Модуль Прогнозування (PredictionModel) відповідає за застосування алгоритмів прогнозування для оцінки показників якості стрімінгових сервісів на основі попередньо оброблених даних. Цей модуль використовує історичну інформацію для моделювання тенденцій та передбачення майбутніх значень, що є критичним кроком у процесі управління якістю послуг.

Модуль Прогнозування включає кілька ключових методів, які дозволяють проводити аналітику даних. Він реалізує методи лінійної регресії для моделювання залежності між незалежними і залежною змінними

лінійна регресія — це метод моделювання залежності між скалярною змінною $\boldsymbol{y}$ та векторною (у загальному випадку) змінною $\boldsymbol{X}$. У разі, якщо змінна $\boldsymbol{X}$ також є скаляром, регресію називають простою.

Основні функції:

1. Функція perform_ols_prediction(grouped_data, thresholds, streaming_weights)

Ця функція використовує метод лінійної регресії для прогнозування значень залежної змінної на основі групованих даних. Вона аналізує показники якості для кожної стільникової вишки та розраховує, коли вони досягнуть заданих порогів.

Опис процессу

- Сортує дані за датами.
- Виконує лінійну регресію для кожної стільникової вишки на основі історичних даних.
- Розраховує терміни досягнення порогових значень якості.

2.3.4. Модуль Збереження Результатів (ResultsSaver)

Модуль Збереження Результатів (ResultsSaver) відповідає за збереження отриманих результатів аналізу та прогнозування у файловій системі. Модуль важливий для подальшого аналізу, моніторингу і звітування, оскільки він забезпечує доступ до інформації про показники якості стрімінгових сервісів.

Цей модуль зберігає результати обчислень, отриманих під час прогнозування, в структурованому форматі, такому як CSV. Це забезпечує зручність при подальшій обробці даних, а також можливість формування звітів на основі отриманих результатів.

Основні функції:

Функція save_ols_equations(results, output_file, thresholds, column_name)

Ця функція є основним методом для збереження прогнозованих результатів у CSV-файл. Вона формує структуру виходу, що включає заголовки та рядки результатів для кожної стільникової вишки.

Опис процессу:

1. Відкриває CSV-файл за вказаним шляхом у режимі запису.
2. Використовує csv.writer для запису заголовків.
3. Пробігає через всі результати з results і записує їх у файл.

2.4. Імпорт необхідних бібліотек

Використання бібліотеки os дозволяє виконувати операції, такі як зчитування списку файлів у теці, формування шляхів до файлів та перевірка наявності файлів.

Використання collections та datetime. Бібліотека collections надає альтернативні пунктуації до стандартних колекцій Python, такі як defaultdict, які можуть бути корисними для групування даних.

Бібліотека datetime використовується для обробки та маніпулювання з датами і часом.

2.5. Опис функцій

Функція mean(numbers) - Обчислює середнє значення для списку чисел.

Функція combine_csv_files(folder_path) - завантажує всі CSV-файли з вказаної теки та об'єднує їх дані в один список.

Функція group_data_by_cell(data, cell_column) – Групує дані за ідентифікатором стільникової вишки.

Функція perform_ols_prediction(grouped_data,thresholds,streaming_weights) - Використовується для виконання лінійної регресії на основі групованих даних, що дозволяє прогнозувати значення показників якості. Модуль аналізує дані і надає прогнози для кожної стільникової вишки на основі минулих показників.

Функція save_ols_equations(results, output_file, thresholds, column_name)- Ця функція відповідає за збереження отриманих результатів прогнозування у CSV-файл. Вона формує структуру виходу, включаючи заголовки та рядки результатів для кожної стільникової вишки.

Вхідні параметри:

- results: Словник, що містить прогнозовані дані для кожної стільникової вишки.
- output_file: Рядок, що вказує шлях до вихідного файлу, в який будуть збережені результати.

- thresholds: Порогові значення, на основі яких проводився аналіз (не безпосередньо використовуються для запису, але можуть бути корисними для формування звіту).
- column_name: Список назв колонок, що включатимуться в заголовок CSV-файлу.

Процес:

1) Відкриває CSV-файл за вказаним шляхом у режимі запису.
2) Використовує csv.writer для запису заголовків, використовуючи назви колонок та результати.
3) Пробігає через всі результати з results і записує їх у файл, ідентифікуючи кожну стільникову вишку.

2.6. Основна програма

Основна програма складається з послідовного виконання функцій, що реалізують алгоритми завантаження, обробки та прогнозування даних, а також їх збереження.

Основна програма викликає функції в певній послідовності для здійснення повного циклу обробки даних:

1. Імпорт даних з CSV-файлів.
2. Очищення даних.
3. Групування даних за стільниковими вишками.
4. Проведення прогнозування.
5. Збереження отриманих результатів.

Результати прогнозування зберігаються у структурованому та легко доступному форматі, що дозволяє здійснити подальший аналіз та візуалізацію.

3. СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ

3.1. Типова структура системи моніторингу

На Рис 3.1 Зображена лошічна схема системи моніторингу.

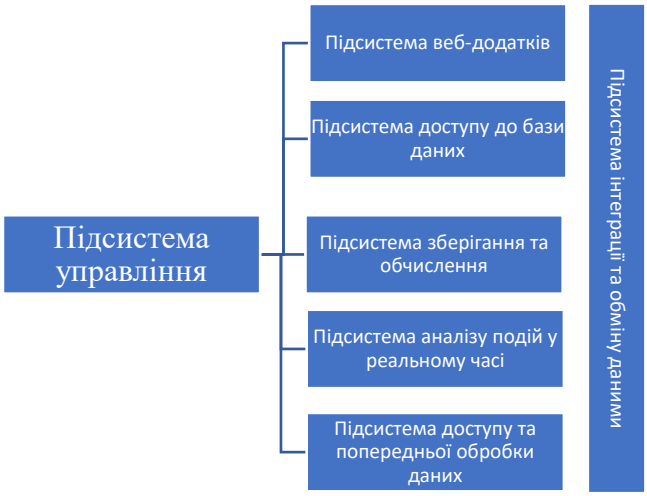


Рисунок 3.1 – Логічна схема системи моніторингу

У табл. 3.1 описано функціонал кожного блоку схеми системи моніторингу

Таблиця 3.1

Основні компоненти системи моніторингу

Підсистема	**Функція**
Підсистема доступу та попередньої обробки даних	Підсистема доступу та попередньої обробки даних забезпечує такі функції: • Отримує дані, надіслані зондами, і за необхідності перетворює формати даних. • Попередньо обробляє записи xDR і зберігає їх у базах даних. • Попередньо обробляє записи CHR та MR. • Обробляє дані, які використовуються для служб реального часу.

Продовження таблиці 3.1

Підсистема	**Функція**
Підсистема аналізу подій у реальному часі	Підсистема обчислень та аналізу подій у реальному часі генерує BKPI, KPI, KQI, SDR, демаркацію та записи подій у реальному часі різної деталізації часу.
Підсистема зберігання та обчислення	Підсистема зберігання й обчислення зберігає xDR, SDR та інші дані для всієї системи, а також генерує щоденні або більші інтервали SDR для послуг не в реальному часі (включаючи SDR, агреговані для тематичного аналізу послуг).
Підсистема доступу до бази даних	Підсистема доступу до бази даних керує запитами на доступ до даних для веб-сервера та відкриває програми та API.
Підсистема веб-додатків	Підсистема веб-додатків забезпечує людино-машинні інтерфейси, розміщує додатки, обробляє представлення даних і обробляє запити на дані служби.
Підсистема інтеграції та обміну даними	Підсистема інтеграції та обміну даними забезпечує такі функції: • Інтегрує сторонні дані. • Передає дані стороннім системам. • Дозволяє стороннім системам запитувати необроблені дані сигналізації. • Надає інтерфейс підписки на дані.
Підсистема планування та управління ресурсами	Підсистема планування та керування ресурсами координує інші підсистеми, щоб забезпечити впорядковане виконання завдань із завантаження, виконання, обчислення та збору даних, а також ефективну обробку та передачу даних.
Підсистема керування метаданими	Підсистема керування метаданими керує та зберігає моделі послуг і моделі даних, а також експортує пакети сценаріїв даних програми, які містять метадані, виконувані сценарії та завдання планування, необхідні для розробки програм служби.
Підсистема керування додатками	Підсистема керування програмами керує розробкою, компіляцією, упаковкою, розгортанням, запуском, зупинкою та видаленням службових програм.

Продовження таблиці 3.1

Підсистема	**Функція**
Підсистема управління системою	Підсистема керування системою надає користувачам портал для керування ліцензією, обладнанням, програмним забезпеченням, безпекою, сигналізацією, журналом і конфігураціями послуг системи моніторингу

3.2. Фізична схема системи моніторингу

На Рис.3.2 зображено фізична схема системи моніторинга.

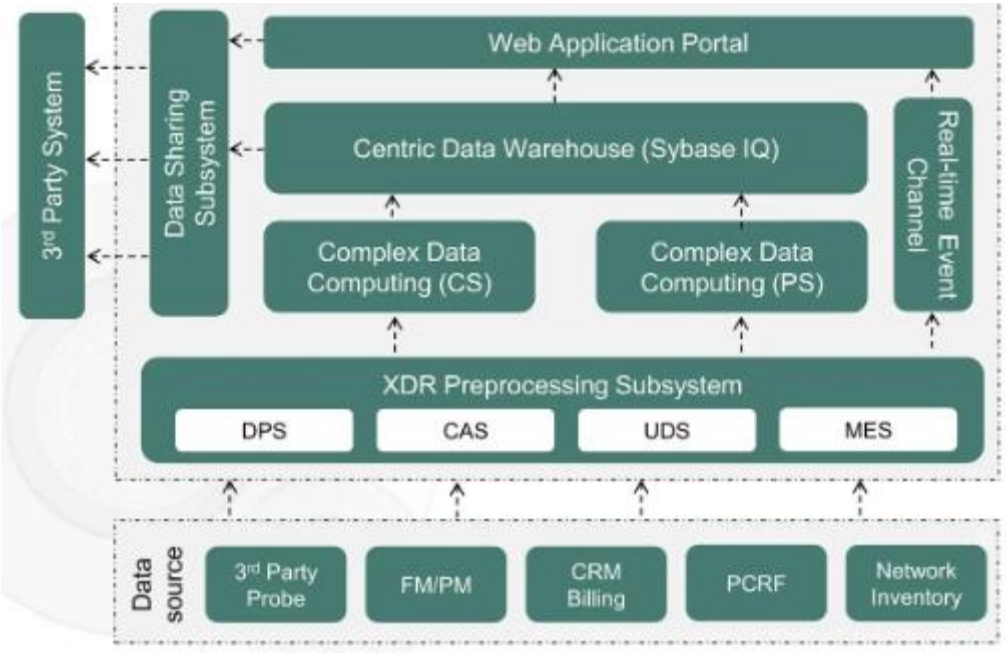


Рисунок 3.2 – Фізична схема системи моніторинга.

Далі розберемо фізичні елементи платформи моніторинга.

У тебл. 3.2 – Описано фізичні частини платформи моніторингу та їх функ ціонал.

Таблиця 3.2

Функціонал фізичних складових системи моніторингу.

Сервер	**Функція**
Сервер розподіленої обробки	Отримує дані від зондів і передає дані в Сервер кореляційного аналізу

Продовження таблиці 3.2

Сервер	**Функція**
Сервер кореляційного аналізу	Аналізує та корелює xDR, збагачує xDR, доповнюючи їх міжнародним ідентифікатором мобільного абонента (IMSI), міжнародним номером ISDN мобільної станції (MSISDN) і номерами міжнародного ідентифікатора мобільного обладнання (IMEI), а також розповсюджує xDR до IMC, FStream і Hadoop кластери. Обчислює та обробляє інформацію про місцезнаходження, що міститься в CHR та MR.
Сервер розташування в реальному часі	Калібрує географічну інформацію та попередньо обробляє інформацію карти, що міститься в xDR.
Сервер аналізатора протоколів	Декодує необроблені сигнальні дані PS і витягує підсумкові дані; розпаковує декодовану необроблену сигналізацію CS і підсумкові дані, які повідомляє зонд CS.
Сервер моніторингу реального часу	Обробляє необроблені запити сигналізації та служби в реальному часі, такі як аналіз протоколів, моніторинг каналів, топологія каналів у реальному часі та трасування.
Сервер бази даних користувачів (UDS)	Керує даними користувача.

Продовження таблиці 3.2

Сервер	**Функція**
Сервер обробки комплексних подій	• Генерує події в реальному часі на основі налаштованих вручну правил виявлення подій і xDR, отриманих від Сервер кореляційного аналізу. Модуль прийняття рішень у реальному часі приймає рішення на основі попередньо визначених правил і згенерованих записів подій. • виконує багатоінтерфейсну кореляцію, демаркацію базової мережі та позиціонування бездротової мережі. • Успадковує можливості інтерфейсу серверf кореляційного аналізу від попередньої версії для пересилання оброблених записів до кластерів IMC і Hadoop.
Кластер IMC	Обчислює 15-хвилинні BKPI, а також 5-хвилинні, 15-хвилинні та 60-хвилинні SDR на основі xDR, надісланих CAS, MES і CEPS.
Кластер Hadoop	Зберігає всі xDR та SDR та розраховує щоденні або більші інтервали SDR, а також SDR, необхідні для тематичного аналізу.
Веб-сервер	Надає програми, DAC, метабазу, інструменти для пакування програм і модулі керування програмами.

Продовження таблиці 3.2

Сервер	**Функція**
Сервер веб-додатків	Дозволяє розгортати розподілену програму та керувати нею. Сервери веб-додатків можна розгортати в кластері.
Сервер розкладу	Керує та координує всі процедури завдань, щоб забезпечити їхнє впорядковане виконання.
Сервер обміну даними (DSS)	Надає спільний доступ до даних платформи моніторингу стороннім серверам і інтегрує дані сторонніх серверів у SEQ Analyst.
Зондовий сервер	Збирає дані площини сигналізації та площини користувача з Gn, Gb, Gr, Gn+Gi, Gn+Gy, Gp+Gi, Iu-PS+Gn, S11+S1-U, S1-MME+S6a+S3+S10 +Gn, S5/S8+SGi, Gn+Gi+Gx, SGi+S5+Gx, S4, S9, Інтерфейси S4+S12, S16, SGs і Sv. Він також збирає дані з таких мережевих інтерфейсів 5G SA: N1, N2, N3, N4, N7, N8, N9, N10, N11, N12, N14, N15, N22, N24, N26, N28 і N38.
Сервер зондування SPM	Збирає дані рівня сигналізації з інтерфейсів A/Iu-CS, C/D/E/F/MSS-SCP, Mc, Nc і Gr і отримує інформацію про зв’язок NE, що передається в даних сигналізації.

3.3. Опис Полів з системи моніторингу

У табл. 3.3 описані поля, надісланих з системи моніторингу для подальшої обробки програмним кодом.

Таблиця 3.3

Опис полів

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
1	INTERFACEID	Визначає інтерфейс, з якого збираються дані сигналізації:
2	BEGIN_TIME	Вказує мітку часу (у секундах), коли перше повідомлення TCP/UDP передається на площині користувача. Мітка часу початку — це загальна кількість секунд від 1970-01-01 00:00 (UTC) до часу першого повідомлення TCP/UDP.
3	BEGIN_TIME_MSEL	Вказує час початку в мілісекундах, коли перше повідомлення TCP/UDP передається на рівні користувача. Мітка часу початку — це загальна кількість секунд від 1970-01-01 00:00 (UTC) до часу першого повідомлення TCP/UDP.
4	END_TIME	Вказує час завершення послуги (у секундах).
5	END_TIME_MSEL	Вказує частину часу завершення служби в мілісекундах.
6	L7_CARRIER_PROT	Протокол без HTTP/WAP, протокол HTTP, протокол WAP 1.X
7	ROAM_DIRECTION	Вхідний вихідний
8	MCC	MCC
9	MNC	MNC

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
10	RAT	Невідомо UTRAN (3G) GERAN (2G) WLAN (WLAN) GAN(GAN) Еволюція HSPA (3G) EUTRAN (4G) eHRPD(eHRPD) EUTRAN-NB-IoT(NB-IoT) 5G NR(5G)
11	LAC	LAC (шістнадцятковий)
12	RAC	RAC (шістнадцятковий)
13	SAC	SAC (шістнадцятковий)
14	CI	Ідентичність соти (шістнадцяткове)
15	BROWSER_TYPE	Тип браузера
16	L4_UL_THROUGHPUT	Вказує на висхідний трафік (у байтах), який обчислюється на рівні IP.
17	L4_DW_THROUGHPUT	Вказує трафік низхідного зв’язку (у байтах), який обчислюється на основі рівня IP.
18	L4_UL_PACKETS	Вказує кількість пакетів висхідної лінії зв’язку.
19	L4_DW_PACKETS	Вказує кількість пакетів низхідної лінії зв'язку.

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
20	TCP_CONN_STATES	підключення успішно встановлено. не вдається встановити з’єднання.
21	TCP_UL_OUTOFSEQU	Вказує кількість пакетів висхідної лінії зв’язку, які не відповідають порядку.
22	TCP_DW_OUTOFSEQU	Вказує кількість пакетів низхідної лінії зв’язку, які не відповідають порядку.
23	TCP_UL_RETRANS	Вказує кількість повторно переданих пакетів висхідної лінії зв’язку.
24	TCP_DW_RETRANS	Вказує на кількість повторно переданих пакетів по низхідній лінії зв’язку.
25	TCP_WIN_SIZE	Розмір вікна
26	TCP_CONN_TIMES	Вказує кількість спроб підключення TCP.
27	HOST	Ім'я хоста
28	STREAMING_URL	Вказує на перший відвіданий URI, який складається з URL-адреси, поєднаної з хостом. Максимальна довжина становить 128 байт.
29	GET_STREAMING_FLAG	Успішно Помилка
30	GET_STREAMING_DELAY	Вказує початкову затримку підготовки буфера (у мс), яка є тривалістю від SYN для першого налаштування зв’язку до першого пакета відповіді GET для перших потокових даних.

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
31	INTBUFFER_FULL_FLAG	Успішно Помилка У цьому полі вказується, чи вдалось отримати доступ до служби потокового передавання та розпочати потокове відтворення.
32	INTBUFFER_FULL_DELAY	Вказує початкову затримку буфера (у мс), яка є тривалістю від успішної відповіді GET для потокових даних до часу завершення початкового буфера.
33	STALL_NUM	Вказує кількість разів, коли відео зупиняється під час потокового відтворення.
34	STALL_DURATION	Вказує загальну тривалість потокових зупинок (або зависань).
35	STREAMING_DW_PACKETS	Вказує трафік дійсної передачі даних під час потокового відео. Одиниця: байт
36	STREAMING_DOWNLOAD_DELAY	Вказує дійсну тривалість передачі даних (у мс), яка використовується для обчислення пропускної здатності.
37	PLAY_DURATION	Вказує тривалість відтворення потокового медіа (у мс), яка періодично оновлюється.
38	VIDEO_FRAME_RATE	Вказує частоту кадрів потокового відео (у фс), яка періодично оновлюється.

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
39	VIDEO_CODEC_ID	НЕВІДОМО: 0; H264 MP4 H263 SCREEN VP6 VP6A SCREEN2 MPEG2
40	VIDEO_WIDTH	Вказує горизонтальну роздільну здатність потокового відео (у пікселях), яка періодично оновлюється.
41	VIDEO_HEIGHT	Вказує вертикальну роздільну здатність потокового відео (у пікселях), яка періодично оновлюється.
42	AUDIO_DATA_RATE	Вказує швидкість потокового аудіо (у Кбіт/с), яка періодично оновлюється.
43	AUDIO_CODEC_ID	Вказує формат кодування потокового аудіо, який періодично оновлюється. НЕВІДОМО AAC AMR MP3 OGG

Продовження таблиці 3.3

№	**Назва поля в базі даних**	**Опис поля**
44	STREAMING_FILESIZE	Розмір потокового мультимедійного файлу (у байтах)
45	STREAMING_DURATIOIN	Затримка потокового мультимедійного файлу (у мс)
46	MEDIA_FILE_TYPE	Перелічені значення є такими: НЕВІДОМО FLV MP4 3GP MPEG OGG MOV WEBM WMV 3GP2 MKV M4V TS F4V F4F SWF F4P F4B MP4A

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
47	PLAY_STATE	Вказує, чи відео відтворюється чи закінчується. граю Відтворення відео закінчується.
48	TCP_STATUS_INDICATOR	підключення встановлено успішно. Не на етапі доступу.
49	DISCONNECTION_FLAG	вихід через відключення потокового передавання. Вихід після завершення відтворення відео.
50	FAILURE_CODE	400–599: коди помилок відповіді GET (стандартні коди відповіді HTTP) ≥ 1000: внутрішній код причини несправності
51	TAC	TAC
52	ECI	ECI
53	TCP_RTT_STEP1	Перший TCP RTT кроку 1 (мс)
54	TCP_UL_RETRANS_WITHPL	Повторно передані пакети висхідної лінії зв’язку TCP (з корисним навантаженням)
55	TCP_DW_RETRANS_WITHPL	Повторно передані пакети низхідної лінії зв’язку TCP (з корисним навантаженням)
56	TCP_UL_PACKAGES_WITHPL	Пакети висхідної лінії зв'язку TCP (з корисним навантаженням)
57	TCP_DW_PACKAGES_WITHPL	Пакети низхідної лінії зв'язку TCP (з корисним навантаженням)

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
58	TCP_FST_SYN_DIRECTION	Напрямок першого повідомлення SYN у потоках TCP: SYN, ініційований клієнтом SYN, ініційований сервером SYN ініціюється одночасно на клієнті та сервері
59	RAN_NE_ID	Для мереж 4G заповніть ідентифікатори eNodeB. Для мереж 3G заповніть ідентифікатори RNC. Для мереж 2G заповніть ідентифікатори BSC. Для мереж 5G заповніть geNB ID.
60	HOMEMCC	MCC домашнього перевізника
61	HOMEMNC	MHK домашнього оператора
62	DATATRANS_UL_DURATION	Дійсна тривалість передачі даних висхідної лінії зв’язку（Вказує інтервал між останніми пакетами корисних даних висхідної лінії зв’язку та останніми пакетами корисних даних даних після завершення початкового буфера，Одиниця вимірювання: мс
63	AVG_UL_RTT	Вказує середнє RTT висхідної лінії зв’язку (одиниця: мс) для кожного потоку.
64	AVG_DW_RTT	Вказує середнє RTT низхідного каналу (одиниця: мс) для всіх потоків.
65	UL_RTT_LONG_NUM	Вказує кількість разів, коли середня RTT висхідної лінії зв’язку для всіх потоків перевищує 500 мс.

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
66	DW_RTT_LONG_NUM	Вказує кількість разів, коли середня RTT низхідної лінії зв'язку для всіх потоків перевищує 1 с.
67	UL_RTT_STAT_NUM	Вказує, скільки разів обчислюється RTT висхідної лінії для всіх потоків.
68	DW_RTT_STAT_NUM	Вказує, скільки разів обчислюється RTT низхідної лінії зв'язку для всіх потоків.
69	STREAMING_TYPE	Вказує на тип послуги. Перелічені значення є такими: Http прогресивне завантаження HTTP Live Streaming Http Smoothing Streaming Динамічне потокове передавання HTTP MPEG DASH WebM RTSP/UDP RTMP
70	MS_DNS_DELAY_MSEL	Це поле вказує затримку першої відповіді DNS на відео, тобто затримку між запитом DNS і повідомленнями відповіді DNS. Одиниця: мс.

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
71	DNS_FAIL_CODE	Код помилки DNS
72	FIRST_RAT	Невідомо 1UTRAN (3G) GERAN (2G) WLAN (WLAN) EUTRAN (4G) EUTRAN-NB-IoT(NB-IoT) 5G NR(5G)
73	LAST_RAT	Невідомо UTRAN (3G) GERAN (2G) WLAN (WLAN) GAN(GAN) Еволюція HSPA (3G) EUTRAN (4G) EUTRAN-NB-IoT(NB-IoT) 5G NR(5G) UTRAN (3G) GERAN (2G) WLAN (WLAN) GAN(GAN) Еволюція HSPA (3G) EUTRAN (4G) eHRPD(eHRPD) EUTRAN-NB-IoT(NB-IoT) 5G NR(5G)

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
74	APP_ID	Діапазон значень: від 0 до 0-65535 Ідентифікатори в діапазоні від 20001 до 26000 зарезервовані для самовизначених програм. Інші ідентифікатори є попередньо визначеними ідентифікаторами програми.
75	DATATRANS_DW_GOODPUT	Дійсна пропускна здатність під час початкової буферизації або відтворення відео (у байтах)
76	DATATRANS_DW_TOTAL_DURATION	Загальна затримка під час початкової буферизації або відтворення відео (у мс)
77	START_DOWNLOAD_THROUGHPUT	Обсяг завантаження (у байтах)
78	AVG_UL_RTT_MICRO_SEC	Вказує мікросекундну частину середнього RTT висхідної лінії зв’язку для кожного потоку.
79	AVG_DW_RTT_MICRO_SEC	Вказує мікросекундну частину середнього RTT низхідної лінії зв’язку для кожного потоку.
81	STREAMING_CACHE_URL	Вказує URL-адресу під час початкової буферизації та відтворення відео.
82	CLIENTHELLO_COUNTS	Вказує кількість разів ClientHello у процедурі рукостискання шифрування HTTPS.

Продовження таблиці 3.3

№	**Назва поля в базі даних**	**Опис поля**
83	FINISH_COUNTS	Вказує кількість разів завершення в процедурі рукостискання шифрування HTTPS.
84	TOTALDELAYS_OF_SHAKEHANDS	Вказує загальну затримку, накопичену під час рукостискання шифрування для всіх потоків.
85	BYTESOF_2DRECTION_DURHANDSHAKE	Вказує на додатково спожитий трафік (порівняно з даними прикладного рівня), згенерований під час узгодження шифрування. Одиницею цього поля є байт.
86	HTTPS_FAILCODE	Використовуйте перераховане значення останнього повідомлення перед Finish як код помилки під час узгодження шифрування. Якщо є кілька рукостискань шифрування, використовуйте перший код помилки як значення цього поля. Якщо існує кілька рукостискань шифрування, і останнє рукостискання є успішним, служба успішна, а перераховане значення останнього повідомлення не записується.
87	SERVICE_VALID_FLAG	Прапор дійсності сервісу
88	VIDEO_ESTIMATE_DATA_RATE	Оцінка швидкості передачі даних відео

Продовження таблиці 3.3

№	**Назва поля в базі даних**	**Опис поля**
89	L7_DL_GOODPUT_FULL_MSS	Вказує дійсний трафік висхідної лінії зв’язку (у байтах), який використовується для розрахунку пропускної здатності низхідної лінії зв’язку для служб OTT.
90	DATATRANS_DL_DURATION	Дійсна тривалість передачі даних по низхідній лінії (мс)
91	QCI_NEG	Узгоджений ідентифікатор класу QoS
92	AVG_DL_JITTER	Вказує середній інтервал тремтіння між пакетами висхідної лінії (у мс).
93	MAX_UL_JITTER	Вказує середній інтервал тремтіння між пакетами низхідної лінії (у мс).
94	MAX_DL_JITTER	Вказує максимальний інтервал тремтіння між пакетами висхідної лінії (у мс).
95	AVG_DL_JITTER	Вказує максимальний інтервал тремтіння між пакетами низхідної лінії (у мс).
98	VIDEO_START_IDLE_DELAY	Затримка запуску відео в режимі очікування
99	BTS_NODEB_ENODEB_ID	Вказує ідентифікатор BTS/NodeB/eNodeB у необроблених даних сигналізації.
100	L4_TYPE	Вказує на тип протоколу L4, наприклад TCP або UDP. TCP UDP SCTP

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
101	GET_2_FIRST_DL_DATA_DELAY	Для служб HTTP: затримка між першим GET і першим пакетом даних (мс) Затримка між першим пакетом корисного навантаження висхідної лінії зв'язку після рукостискання SSL і першим пакетом корисного навантаження низхідної лінії зв'язку після цього Для служб HTTPS: затримка між першим пакетом корисного навантаження висхідної лінії зв'язку (програма) та першим пакетом корисного навантаження вихідної лінії зв'язку після цього (програма)
102	LASTACK_2_CLIENTHELLO	Для служб HTTPS: вказує на затримку (у мс) між підтвердженням кроку 3 першого зв'язку TCP і ClientHello рукостискання SSL. Якщо зашифроване рукостискання не існує, це поле заповнюється 0.
103	FIRST_SSL_UL_CONTINUOUS_TRANS_DELAY	Вказує на затримку безперервної передачі SSL висхідної лінії під час зашифрованого рукостискання. (Повторно передані пакети та пакети Dup ACK виключаються.)
104	FIRST_SSL_DL_CONTINUOUS_TRANS_DELAY	Вказує на затримку безперервної передачі SSL у низхідній лінії під час зашифрованого рукостискання. (Повторно передані пакети та пакети Dup ACK виключаються.)

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
105	VIDEO_LAST_HOST	Останнє ім’я хоста, яке використовується після завершення відео
106	VIDEO_SR_DELAY	Вказує на затримку між запитом DNS і першим пакетом корисного навантаження низхідної лінії зв’язку (додатком) після рукостискання SSL. Якщо повідомлення DNS недоступне, виміряйте затримку від повідомлення SYN.
107	AVG_UL_TRANS_DELAY	Вказує середню затримку передачі по висхідній лінії. Одиниця: мс
108	AVG_DL_TRANS_DELAY	Вказує середню затримку передачі по низхідній лінії зв’язку. Одиниця: мс
109	ACTIVE_TRANS_NUM	Активні транзакції
110	SERVICE_CUTOFF_FLAG	Прапор переривання служби Без переривання Термінал від’єднано. Сервер відключено. Тайм-аут
111	AVG_UL_INTERVAL	Вказує середній інтервал між пакетами висхідної лінії (у мс).
112	AVG_DL_INTERVAL	Вказує середній інтервал між пакетами низхідної лінії (у мс).

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
113	USER_PROBE_BAD_EVENT_NUM	Кількість періодів низької якості зондування
114	USER_PROBE_EVENT_STATIC_PERIOD	Кількість статистичних періодів наступних подій
115	SERVER_PROBE_BAD_EVENT_NUM	Кількість періодів низької якості висхідної лінії зв’язку зонду
116	SERVER_PROBE_EVENT_STATIC_PERIOD	Кількість статистичних періодів подій вгорі
117	MAX_UL_INTERVAL	Вказує максимальний інтервал висхідних пакетів (у мс).
118	UL_LOST_PKT_EVENT_NUM	Вказує, скільки разів велика втрата пакетів висхідної лінії зв’язку.
119	TOTAL_UL_INTERVAL	Загальний інтервал висхідної лінії
120	TOTAL_UL_JITTER	Загальне джиттер висхідної лінії зв'язку
121	TOTAL_DL_JITTER	Загальне тремтіння низхідної лінії зв'язку

Продовження таблиці 3.3

№	Назва поля в базі даних	Опис поля
122	DL_DATATRANS_SEGNUM	Номер транзакції низхідного каналу
123	ANCHOR_CELL	5G NSA Signaling Plane Cell
124	S_NSSAI_SD	Тип сегмента мережі, подальший розподіл на основі груп користувачів тощо
125	MME_SIG_IP	IP-адреса інтерфейсу S1-MME MME
126	TCP_SETUP_RST_TIMES	Кількість скидань RST під час налаштування з'єднання TCP

3.4. Результати аналізу даних програмним кодом

Програмним кодом були проаналізовані данні отримані з системи моніторингу.

Отримали наступну таблицю

Таблиця 3.4

Рузультат Дослідження.

Cell name	GCI	Criteria q-ty of bad samples	Predict date	Average of DL PRBT Utilization Rate (%)	Average of User Throughput DL (Mbit/s)	Sum of DL Traffic Volume(GB)
Cell_1	2550X0000001	289	20.11.2024	94,5	4,3	4561
Cell_2	2550X0000002	289	01.01.9999	86,8	4,1	2952
Cell_3	2550X0000003	265	11.03.2024	87,9	4,6	3446
Cell_4	2550X0000004	238	01.01.9999	81,5	5	3071

Продовження таблиці 3.4

Cell name	GCI	Criteria q-ty of bad samples	Predict date	Average of DL PRBT Utilization Rate (%)	Average of User Throughput DL (Mbit/s)	Sum of DL Traffic Volume(GB)
Cell_5	2550X0000005	235	23.10.2024	89,8	4,1	4479
Cell_6	2550X0000006	209	01.01.9999	86,3	7,4	4353
Cell_7	2550X0000007	208	01.01.9999	82,7	6,4	2566
Cell_8	2550X0000008	201	01.01.9999	80,2	4,5	2954
Cell_9	2550X0000009	197	01.01.9999	78,3	5,1	3690
Cell_10	2550X0000010	186	01.01.9999	75,5	5,5	1994
Cell_11	2550X0000011	184	06.06.2030	74	6,1	2606
Cell_12	2550X0000012	177	14.04.2025	73,1	5	3258
Cell_13	2550X0000013	176	01.01.9999	71,4	5,4	2121
Cell_14	2550X0000014	176	30.04.2026	90,8	5,7	1244
Cell_15	2550X0000015	176	20.03.2024	80,8	5,8	2733
Cell_16	2550X0000016	168	03.08.2026	83,6	7	5704
Cell_17	2550X0000017	167	18.03.2024	76,1	5,7	3678
Cell_18	2550X0000018	165	01.01.9999	83,6	5,8	4135
Cell_19	2550X0000019	156	01.01.9999	69,3	6,5	3479
Cell_20	2550X0000020	152	01.01.9999	70,3	5,6	3867
Cell_21	2550X0000021	152	09.07.2024	60	7	983
Cell_22	2550X0000022	140	28.11.2025	83,3	6,2	3074
Cell_23	2550X0000023	131	11.03.2024	57,7	7,4	840
Cell_24	2550X0000024	127	21.03.2024	57	8,2	3770
Cell_25	2550X0000025	114	25.03.2024	61,7	10,2	1997
Cell_26	2550X0000026	111	20.02.2025	61,7	12,3	3775
Cell_27	2550X0000027	108	21.04.2024	40,1	13,4	1007
Cell_28	2550X0000028	92	25.10.2024	50,5	11,2	3445
Cell_29	2550X0000029	23	31.01.2024	49,1	14,2	2095

З таблиці 3.4 бачимо, що існує декілька сот, у яких дата прогнозу вже минула. Cell_1 і містить 289 поганих зразків, з датою прогнозу 20.11.2024. Використання DL PRBT становить 94.5%, що вказує на високий рівень

завантаження. Середня швидкість користувачів у Cell_1 дорівнює 4.3 Мбіт/с, а загальний обсяг трафіку досягає 4561 ГБ. Високе використання ресурсу та велика кількість поганих зразків можуть свідчити про проблеми з якістю обслуговування.

Cell_3 має GCI 2550X0000003 і містить 265 поганих зразків, з прогнозною датою 11.03.2024. Використання DL PRBT становить 87.9%, а середня швидкість користувачів — 4.6 Мбіт/с. Обсяг трафіку в Cell_3 складає 3446 ГБ. У порівнянні з Cell_1, ця сота має меншу кількість поганих зразків та вищу швидкість, проте все ще свідчить про значне навантаження на ресурси.

Також бачимо, що є соти на які дуже велике навантаження але, дата прогназування невизначена.

Cell_2, Дата прогнозу для цієї соти невизначена (01.01.9999), що вказує на постійний стан. Використання DL PRBT складає 86.8%, а середня швидкість користувачів 4.1 Мбіт/с. Загальний обсяг трафіку в Cell_2 становить 2952 ГБ. Незважаючи на менше використання ресурсу.

А також існують соти у яких дуже скоро наступить прогназована дата.

Cell_12 має GCI 2550X0000012 і містить 177 поганих зразків, з датою прогнозу 14.04.2025. Використання DL PRBT становить 73.1%, що вказує на помірний рівень завантаження. Середня швидкість користувачів у Cell_12 досягає 5 Мбіт/с, а загальний обсяг трафіку складає 3258 ГБ. Незважаючи на помірне використання ресурсів, присутня певна кількість поганих зразків, що свідчити про необхідність покращення якості обслуговування

3.4.1. Результати дослідження стрімінгових сервісів у 2К

На рис.3.3 представлен графік "Video Fluency" для 2K стрімінгового відео представлені зміни показників якості протягом певного періоду.

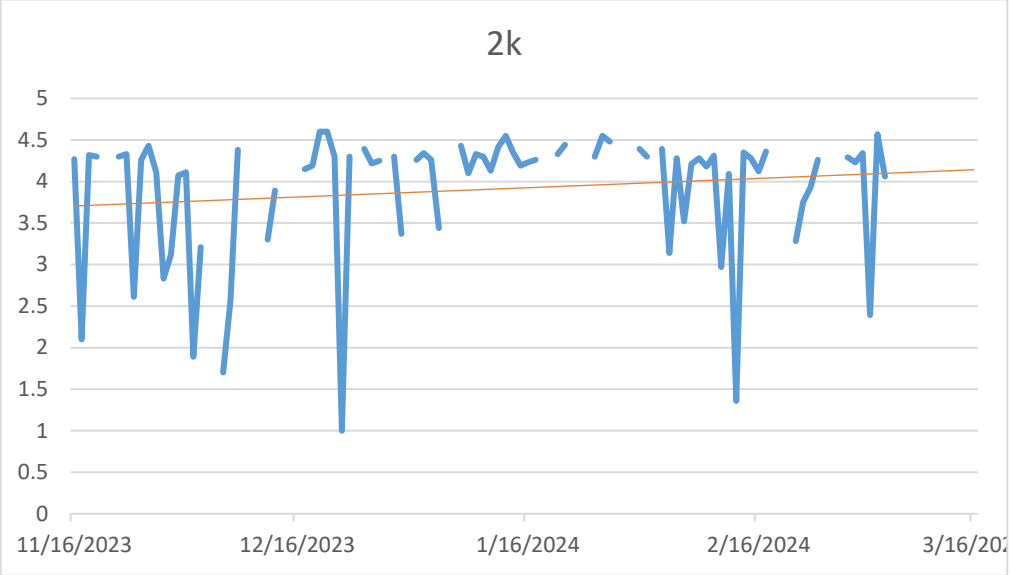


Рисунок 3.3 – Графік дослідження стрімінгу у 2К

З графіка ми бачимо, що в години пік (наприклад, у періоди з 16.12.2023) показники опускаються нижче порогового значення 3.2. Це свідчить про проблеми з якістю стрімінгу для абонентів які взаємодіють з цим стільником

Періоди, коли "Video Fluency" опускається нижче 3.2, вказують на значні просадки в якості стрімінга, що може негативно вплинути на користувацький досвід

Значні коливання якості під час годин піку демонструють, що стільникова вишка не справляється з навантаженням, що призводить до втрат якості. Дана інформація може бути використана для формування рекомендацій щодо покращення інфраструктури мережі.

3.4.2. Результати дослідження стрімінгових сервісів у 1080P

На рис рис 3.4 представлений графік "Video Fluency" для 1080p стрімінгового відео.

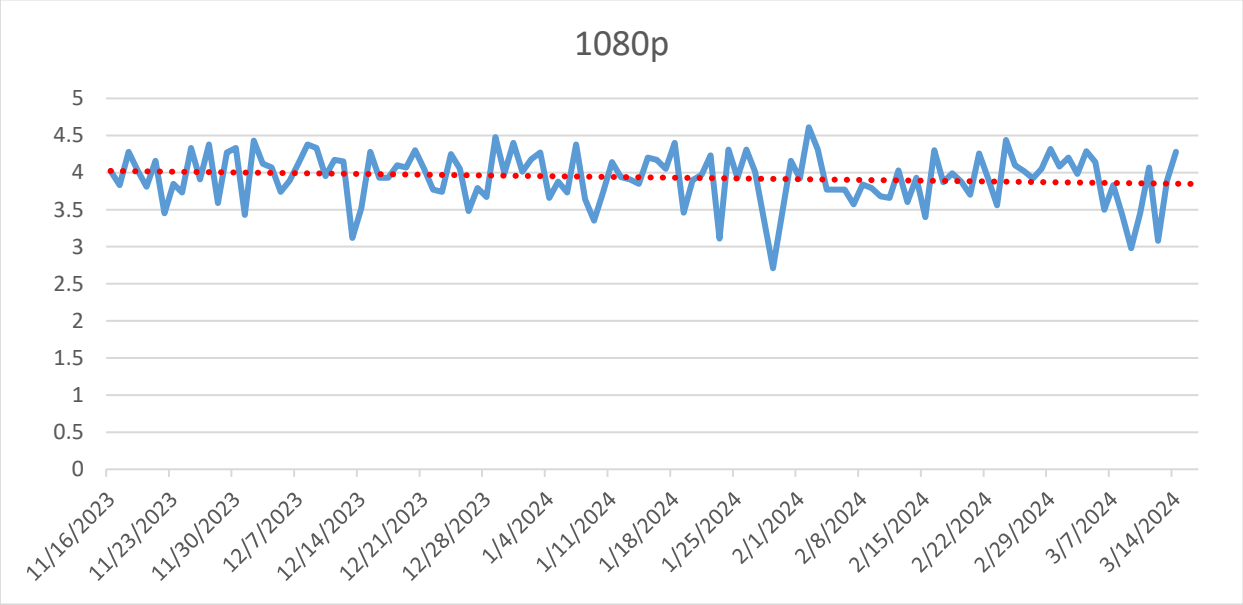


Рисунок 3.4 - Графік дослідження стрімінгу у1080р

Графік демонструє загалом прийнятний рівень якості, але помітні коливання в показниках.:

З початку 2024 року спостерігається значне зниження показників "Video Fluency", де значення опускаються нижче порогового рівня 3.2. Це означає, що абоненти починають відчувати незручності під час перегляду, що може проявлятися у вигляді затримок, буферизації чи змін якості зображення.

3.4.3. Результати дослідження стрімінгових сервісів у 720Р

На рис рис 3.5 представлений графік "Video Fluency" для 720р стрімінгового відео.

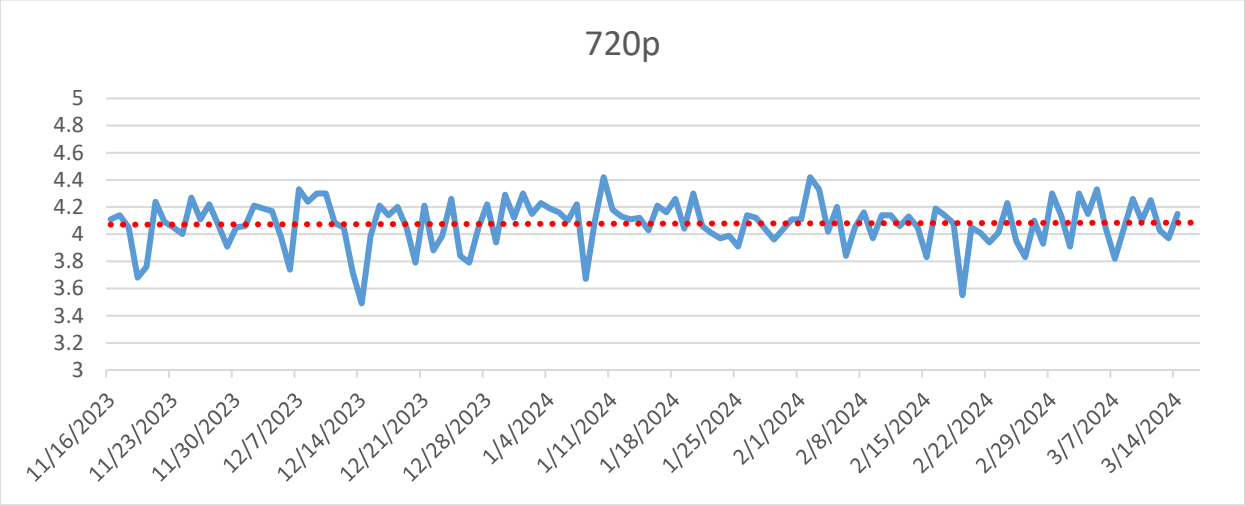


Рисунок 3.5 - Графік дослідження стрімінгу у720р

Графік показує стабільний тренд показння якості з незначними коливаннями. Переважно значення "Video Fluency" коливаються в діапазоні вище 3.2, що свідчить про прийнятну якість стрімінгового відео.

3.4.4. Результати дослідження стрімінгових сервісів у 480р

На рис рис 3.6 представлений графік "Video Fluency" для 480р стрімінгового відео.

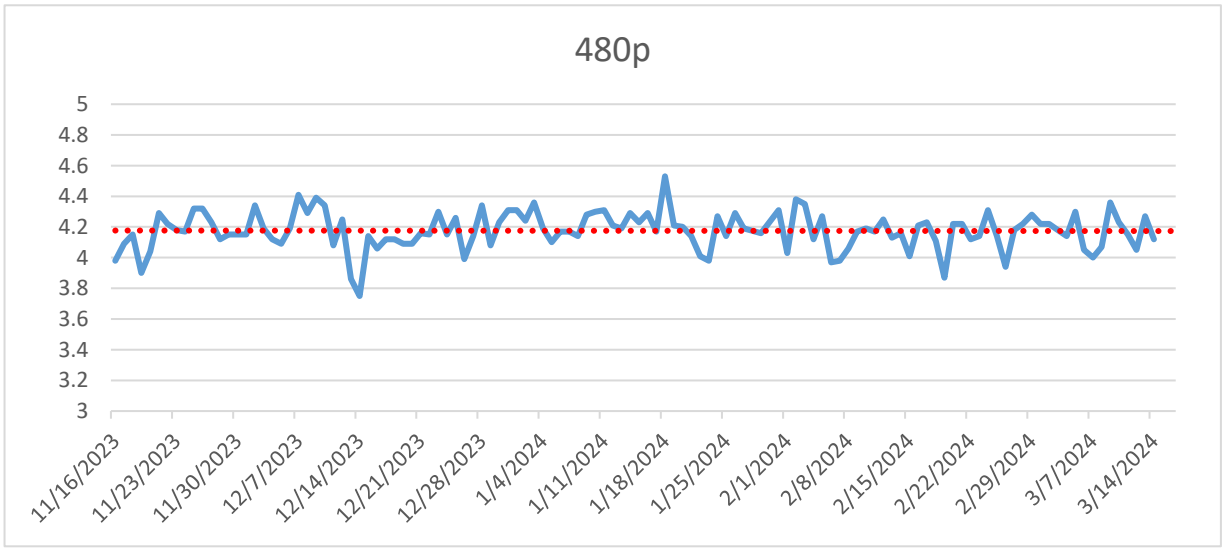


Рисунок 3.6 - Графік дослідження стрімінгу у 480р

Загальний тренд демонструє, що показники "Video Fluency" для 480p, залишаються стабільними, з невеликими коливаннями в діапазоні вище 3.2. Це свідчить про прийнятну якість стрімінгового відео в більшості випадків.

3.4.5. Результати дослідження стрімінгових сервісів у 360p

На рис рис 3.7 представлений графік "Video Fluency" для 360p стрімінгового відео.

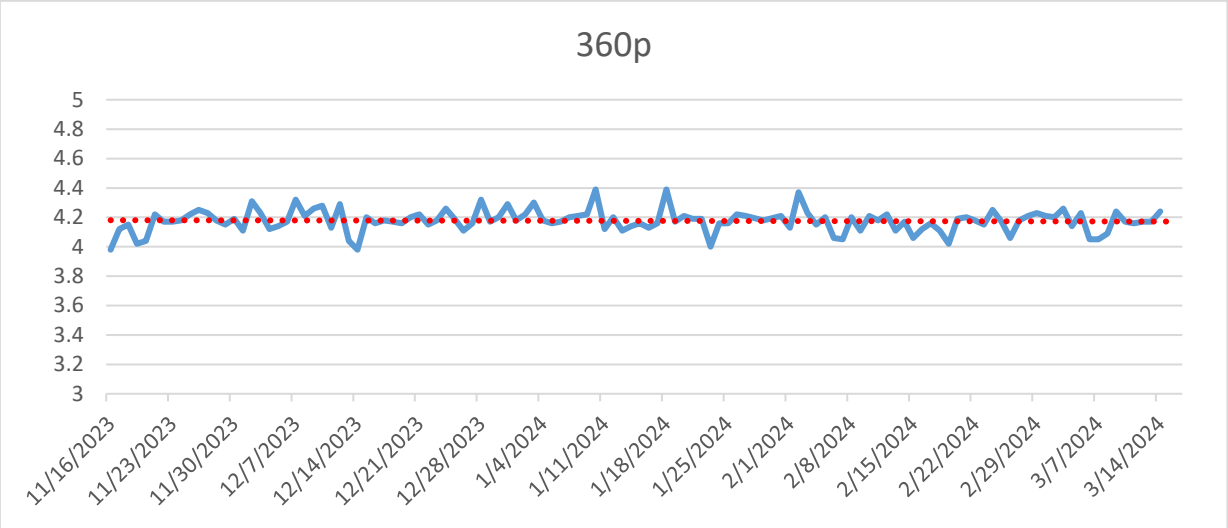


Рисунок 3.7 - Графік дослідження стрімінгу у 480p

Загальний тренд демонструє стабільні показники, які, в основному, коливаються зберігаючись вище порогового значення 3.2. Це вказує на задовільну якість стрімінгового відео для 360p в переважній більшості випадків.

3.5. Результати аналізу стрімінгових сервісів

У результаті проведеного аналізу якості стрімінгових сервісів та застосування прогнозування для різних форматів відео ми отримали наступні значення (табл 3.5)

Таблиця 3.5

Прогнозовані значення

Якість	Прогнозоване значення
2k	20.11.2024
1080p	01.01.9999
720p	06.09.2027
480p	12.06.2032
360p	06.08.2037

Для формату 2K прогнозується, що якість досягне критичного порогу до 20 листопада 2024 року.

Формат 1080p не досягне порогового рівня до 1 січня 9999 року.

Для формату 720p прогнозуємо досягнення якості лише до 6 вересня 2027 року.

Формат 480p матиме критичні покращення тільки до 12 червня 2032 року.

Для формату 360p передбачаємо досягнення якісних значень лише до 6 серпня 2037 року.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено детальний аналіз якості стрімінгових сервісів на основі даних, отриманих із системи моніторингу. Визначено, що проблеми з якістю обслуговування виявляються при аналізі конкретної стільникової вишки, яка показала зниження показників якості, особливо в години пікових навантажень.

Було досліджено можливості покращення стрімінгових сервісів завдяки аналізу даних із системи моніторингу. Визначено, що такий підхід дозволяє ідентифікувати проблеми з якістю обслуговування, такі як швидкість передачі даних та затримки, які є критично важливими для задоволеності користувачів.

У цій роботі описано метод використання програмного коду для моніторингу якості стрімінгових сервісів на основі даних з системи моніторинга.

Представлено та описано метод, використання програмного коду для аналізу якості стрімінгових сервісів, даний метод продемонстрував свою ефективність у обробці та прогнозуванні даних, що підтверджує його працездатність. Прогнозовані показники коректно відображають стан стільникових вишок, що дозволяє усвідомлено планувати заходи для покращення якості стрімінгових сервісів.

Отримані результати підкреслюють працездатність даного рішення і можливість використовувати його мобільними операторами для моніторингу стрімінгових сервісів та своєчасно реагувати на погіршення якості обслуговування абонентів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. What is GSM Architecture | Network architecture of GSM (2G). RF Wireless World. URL: https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/gsm-architecture.html.

2. Insight T. Base Station Subsystem (BSS) in System Architecture of Global System (GSM). TelTech Insight. URL: https://teltechinsight.blogspot.com/2018/08/base-station-subsystem-bss-in-system.html

3. GSM - The Network Switching Subsystem (NSS). URL: https://www.tutorialspoint.com/gsm/gsm_network_switching_subsystem.htm

4. SGSN, GGSN - 2G/3G Network Architecture and Interfaces (Gn/.. Mobile Packet Core. URL: https://mobilepacketcore.com/gprs-network-architecture/

5. UMTS - Authentication. URL: https://www.tutorialspoint.com/umts/umts_authentication.htm#:~:text=UMTS%20is%20designed%20to%20interoperate,a%20structure%20RAND%20authentication%20challenge.

6. 3G UMTS Frequency Bands: UARFCN » Electronics Notes. Electronics Notes: reference site for electronics, radio & wireless. URL: https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/3g-umts/frequency-bands-channels-uarfcn.php

7. Безпека у UMTS. easynetwork – LiveJournal. URL: https://easynetwork.livejournal.com/760.html

8. Методи та засоби захисту мобільних телефонних засобів зв'язку. Google.URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjpnt_KhbWKAxWkBxAIHW--LlwQFnoECBkQAQ&url=https://openarchive.nure.ua/bitstreams/a0c2a1fd-

2244-46f7-8e46-9ad0577fac5b/download&usg=AOvVaw02RsGN4lC-MNWZgv2PNatp&opi=89978449

9. LTE (4G) Network Architecture - LTE Core Network - Mobile Packet Core. Mobile Packet Core. URL: https://mobilepacketcore.com/lte-4g-network-architecture/

10. Singh G. vEPC (Virtual evolved packet core). Telecom Trainer. URL: https://www.telecomtrainer.com/vepc-virtual-evolved-packet-core/

11. Що таке стрімінговий сервіс. IPKey. URL: http://ipkey.com.ua/uk/faq/932-streaming-service.html.

12. Huawei Smart Care Solution Customer Journeys. TM Forum. URL: https://www.tmforum.org/certifications-awarded/huawei-smart-care-solution-customer-journeys/.

13. Distributor Masterclaw Indonesia MasterClaw Monitoring - Telemedia.id. Telemedia.id. URL: https://telemedia.id/masterclaw-monitoring/.

14. VMAX for Optimal Network Operation. ZTE - ZTE Offical Website | Leading 5G Innovations The world's leading communications service provider. URL:https://www.zte.com.cn/global/about/magazine/zte-technologies/2016/2/en_719/449138.html .

15. Літвінов Є. А., Сагайдак В. А. РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЯКОСТІ СТРІМІНГОВИХ СЕРВІСІВ АБОНЕНТА МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ДАНИХ З СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ. ЕХНОЛОГІЧНІ ГОРИЗОНТИ: ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГРЕСУ УКРАЇНИ І СВІТУ. 2024. ІІ ВСЕУКР. НАУКОВО-ТЕХН. КОНФ. С. 333–334.

16. Літвінов Є. А., Сагайдак В. А. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ. ІІ Міжнародна науково-практичній конференція «Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії». 2024.

ДОДАТОК

```
import os
import csv
from itertools import islice
from collections import defaultdict
from datetime import datetime, timedelta

# y = bx+a
# x = (y-a)/b
# cange traffic to mb

def mean(numbers):
    return float(sum(numbers)) / max(len(numbers), 1)

def combine_csv_files(folder_path):
    files = [f for f in os.listdir(folder_path) if f.endswith('.csv')]
    combined_data = []

    for file_name in files:
        file_path = os.path.join(folder_path, file_name)
        with open(file_path, 'r') as file:
            reader = csv.reader(file)
            next(reader)  # Skip header
            for row in reader:
                combined_data.append(row)

    return combined_data

def group_data_by_cell(data, cell_column):
    grouped_data = defaultdict(list)

    # print(data)
    # print('___')
    # data = sorted(data,key = lambda x:x[0])

    # print(data)
    # print('_____________')
```

```
    for row in data:
        row = [v.strip() for v in row]
        # print(cell_column)
        # print(row)
        cell = row[cell_column]
        # print(cell)
        row_values = row[:cell_column] + row[cell_column+1:]
        row_values[0] = row_values[0] if len(row_values[0]) == 8 else
'0'+row_values[0]
        # row_values[7] = 100 * float(row_values[7])/ float(row_values[8]) if
row_values[7] != 'NULL' and row_values[8] != 'NULL' and float(row_values[8])
!= 0 else None # +1 due to tet column
        # row_values[9] = 100 * float(row_values[9])/ float(row_values[10]) if
row_values[9] != 'NULL' and row_values[10] != 'NULL' and
float(row_values[10]) != 0 else None # +1 due to tet
        # del row_values[15]
        # del row_values[13]
        # row_values.append(round((float(row_values[13]) - float(row_values[11]) -
float(row_values[8]))/float(row_values[13]), 3)) # streaming traffic
        # row_values.append(round(float(row_values[8])/float(row_values[13]), 3)) #
br traffic
        # row_values.append(round(float(row_values[11])/float(row_values[13]), 3))
# fa traffic

        # print(row_values[13])
        try:
            br_traffic = float(row_values[8]) if row_values[8] != '' else 0
            fa_traffic = float(row_values[11]) if row_values[11] != '' else 0
            str_traffic = float(row_values[13]) - fa_traffic - br_traffic
        except Exception as e:
            print('-----')
            print(row_values)
            print(e)
        row_values.append(round(str_traffic, 3)) # streaming traffic
        row_values.append(round(br_traffic, 3)) # br traffic
        row_values.append(round(fa_traffic, 3)) # fa traffic
        del row_values[11]
        del row_values[10]
        del row_values[8]
```

```
        del row_values[7]
        del row_values[6]
        # print('---row_values: ', row_values)
        grouped_data[cell].append(row_values)

    return grouped_data


def perform_ols_prediction(grouped_data, thresholds, streaming_weights):
    results = {}

    # print(grouped_data)
    # print('___')

    for cell, data in grouped_data.items():
        column_dates = {}
        # print(data)
        if cell not in results:
            results[cell] = []

        data = sorted(data, key = lambda x: datetime.strptime(x[0],'%d%m%Y'))
        # print(cell)
        # print(data)

        #getting minimum date for column
        date_list = [[datetime.strptime(row[0],'%d%m%Y') if value != 'NULL' else
None for value in row[1:]] for row in data]
        # print('date_list: ', date_list)
        for i, column in enumerate(zip(*date_list)):
            # print('-____-')
            # print(i)
            y_values = [val for val in column if val is not None and val != 'NULL']
            # print(y_values)
            column_dates[i]=min(y_values) if y_values else None
        # print('column_dates: ', column_dates)

        x_values = [[float(val) if (val != 'NULL' and val != '') else None for val in
row[1:]] for row in data]
        # print(x_values)
```

```
for i, column in enumerate(zip(*x_values)):

    # print(i)

    # date = 0
    if i in [0,1,2,3,4,5,6]:

        y_values = [val for val in column if val is not None and val != 'NULL']

        # print(y_values)
        if len(y_values) < 4:
            d = datetime.strptime('01019999','%d%m%Y').date()
            results[cell].append(str(d))
            # print(streaming_weights[i])
            # print('01019999')
            continue

        n = len(y_values)
        sum_x = sum(range(n))
        # print('sum x: ',sum_x)
        sum_y = sum(y_values)
        # print('sum_y: ',sum_y)
        sum_xy = sum(x * y for x, y in enumerate(y_values))
        # print('sum_xy: ',sum_xy)
        sum_xx = sum(x * x for x in range(n))
        # print('sum_xx: ',sum_xx)

        b = (n * sum_xy - sum_x * sum_y) / (n * sum_xx - sum_x * sum_x)
        # print('b: ',b)

        a = (sum_y - b * sum_x) / n
        # print('a: ',a)
        x_days = (thresholds[i]-a)/b if abs(b) > 1e-6 else 9999
        # print('(thresholds[i]-a)/b: ', (thresholds[i]-a)/b)
        # print('x_days: ', x_days)

        # print(streaming_weights[i])
        # print(x_days)
```

```
    # date = date + streaming_weights[i]*i

    if (x_days < 0 and b < 0) or (x_days >= 0 and b >= 0):
        results[cell].append(str(column_dates[i].date()))
        continue
    elif x_days >= 9999 or (x_days < 0 and b >= 0):
        d = datetime.strptime('01019999','%d%m%Y').date()
        results[cell].append(str(d))
        continue
    thr_reach_date = column_dates[i] + timedelta(days=x_days)
    # print('thr_reach_date: ', thr_reach_date.date())

    results[cell].append(str(thr_reach_date.date()))


if i == 8:
    y_values = [val for val in column if val is not None and val != 'NULL']

    # print(y_values)
    if len(y_values) < 4:
        d = datetime.strptime('01019999','%d%m%Y').date()
        results[cell].append(str(d))
        continue

    n = len(y_values)
    sum_x = sum(range(n))
    # print('sum x: ',sum_x)
    sum_y = sum(y_values)
    # print('sum_y: ',sum_y)
    sum_xy = sum(x * y for x, y in enumerate(y_values))
    # print('sum_xy: ',sum_xy)
    sum_xx = sum(x * x for x in range(n))
    # print('sum_xx: ',sum_xx)

    b = (n * sum_xy - sum_x * sum_y) / (n * sum_xx - sum_x * sum_x)
    # print('b: ',b)

    a = (sum_y - b * sum_x) / n
    # print('a: ',a)
```

```
            x_days = (thresholds[i]-a)/b if abs(b) > 1e-6 else 9999
            # print('(thresholds[i]-a)/b: ', (thresholds[i]-a)/b)
            # print('x_days: ', x_days)
            if (x_days < 0 and b < 0):
                d = datetime.strptime('01019999','%d%m%Y').date()
                results[cell].append(str(d))
                continue
            elif x_days >= 9999 or (x_days < 0 and b >= 0) or (x_days >= 0 and b <
0):
                results[cell].append(str(column_dates[i].date()))
                continue
            thr_reach_date = column_dates[i] + timedelta(days=x_days)
            # print('thr_reach_date: ', thr_reach_date.date())

            results[cell].append(str(thr_reach_date.date()))
        elif i in [9]:
            # print('i', i)
            # print(column)
            y_values = [val for val in column[-14:] if val is not None and val !=
'NULL']

# print(y_values)
            # print(mean(y_values))
            results[cell].append(round(mean(y_values),0) if y_values else 0)
        elif i in [7, 10, 11, 12]:
            # print('i', i)
            # print(column)
            y_values = [val for val in column[-14:] if val is not None and val !=
'NULL']
            # print(y_values)
            # print(mean(y_values))
            results[cell].append(round(mean(y_values),0) if y_values else 0)
    return results


def save_ols_equations(results, output_file, thresholds, column_name):
    # print(f'results: {results}')
    # print(f'column_name: {column_name}')
    with open(output_file, 'w', newline='') as file:
```

```
        writer = csv.writer(file)
        writer.writerow(['Cell'] + column_name)
        for cell, cell_results in results.items():
            # print(f'cell: {cell}')
            # print(f'cell_results: {cell_results}')
            # for i, date in enumerate(cell_results):
            writer.writerow([cell] + cell_results)


# Main program
folder_path = '.'  # Replace with the actual folder path
output_file = 'cell_dates.csv'  # Replace with the desired output file name
cell_column = 13  # Index of the cell column (0-based)

thresholds = {0:3.2, # 2k
              1:3.2, # 1080
              2:3.2, # 720
              3:3.2, # 480
              4:3.2, # 360
              # 5:20, # streaming traffic
              5:90, # %browsing>1Mbps
              6:85, # %fa>2Mbps
              8:70 # PRB
}

streaming_weights = {0:0.0266, # 2k
                     1:0.1181, # 1080
                     2:0.2027, # 720
                     3:0.2108, # 480
                     4:0.4418,  # 360
                     5:1, # %browsing>1Mbps
                     6:1 # %fa>2Mbps
}
column_name =
['2k','1080p','720p','480p','360p','%browsing>1Mbps','%fa>2Mbps','totaltrafficmb_
avg_last_2weeks','PRB','users_avg_last_2weeks',
'str_trafficmb','br_trafficmb','fa_trafficmb']
data = combine_csv_files(folder_path)
grouped_data = group_data_by_cell(data, cell_column)
```

```
results = perform_ols_prediction(grouped_data,thresholds=thresholds,
streaming_weights=streaming_weights)
save_ols_equations(results,output_file,thresholds=thresholds,column_name=colum
n_name)
```

«ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На тему:

Додаток для розрахунку якості стрімінгових сервісів абонента мережі на основі даних з системи моніторингу.

Студент : Літвінов Є.А.
Керівник : доктор філософії Сагайдак В. А.

МЕТА ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи. Розробка застосунку для аналізу стрімінгових сервісів мобільних операторів

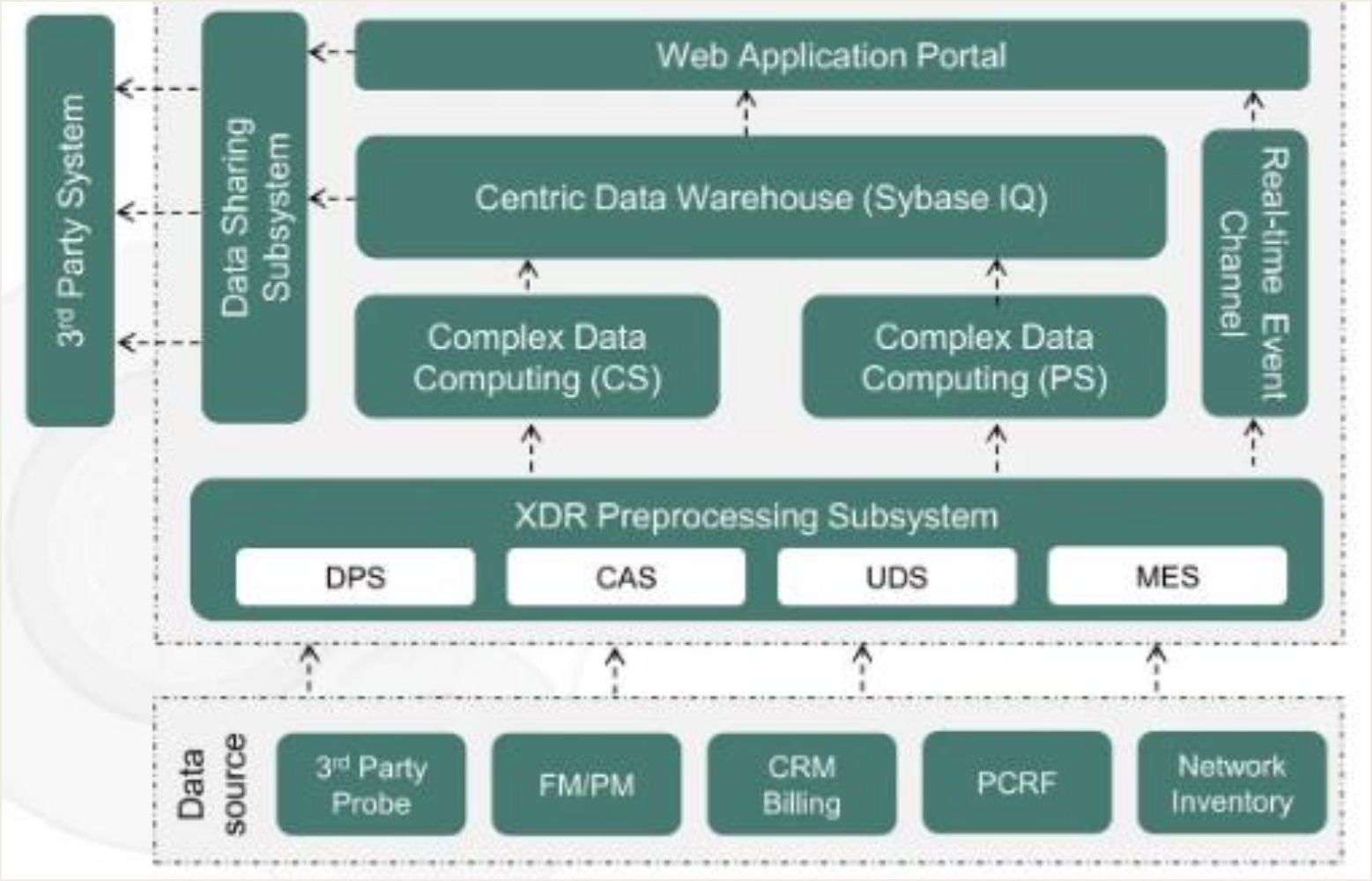
Об’єкт дослідження. Процеси, пов'язані з експлуатацією стільників інфокомунікаційної мережі, що негативно впливають на якість стрімінгових сервісів, такі як перевантаження, показники якості обслуговування (QoS), завади, фізичний знос обладнання, невдале розташування стільників.

Предмет дослідження. Додаток для оцінки якості стрімінгових сервісів мобільної мережі.

Методи та інструменти дослідження.

- Аналіз даних (Python).
- Статистичне прогнозування (Лінійна регресія).
- Групування даних (defaultdict).
- Візуалізація даних (Matplotlib).

Типова схема систем моніторингу

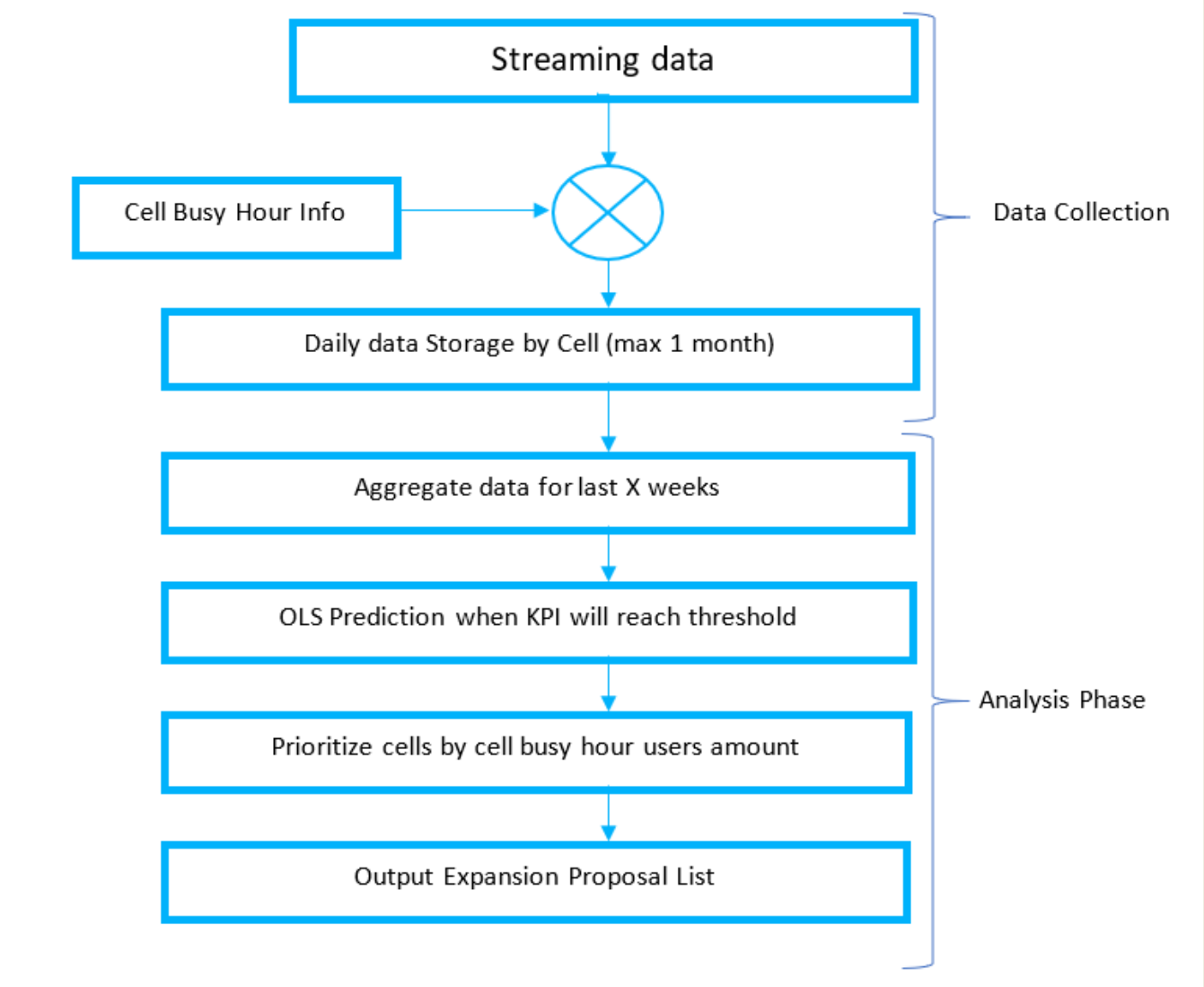


Фізична схема системи моніторинга.

Логічна схема системи моніторингу

Логічна схема системи моніторингу

Архітектура аналізу даних



Блок схема аналізу даних

Вибів порогових значень стрімінгових сервісів

Service Type	2K Streaming	1080 Streaming	720 Streaming	480 Streaming
Resolution Bitrate	>6 Mbps	>2.5 Mbps	>1.3 Mbps	>750 Kbps
Minimum Session Traffic (Bytes)	1024	1024	1024	1024
Threshold	3.2	3.2	3.2	3.2

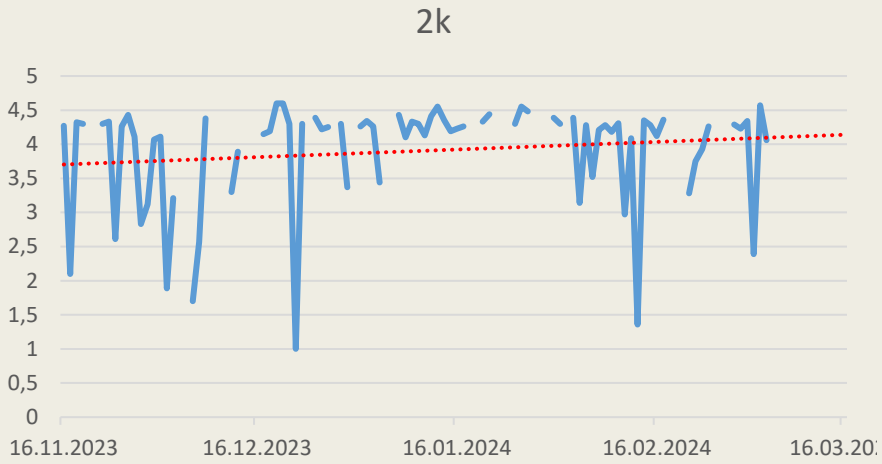
Порогові значення якості сервісів

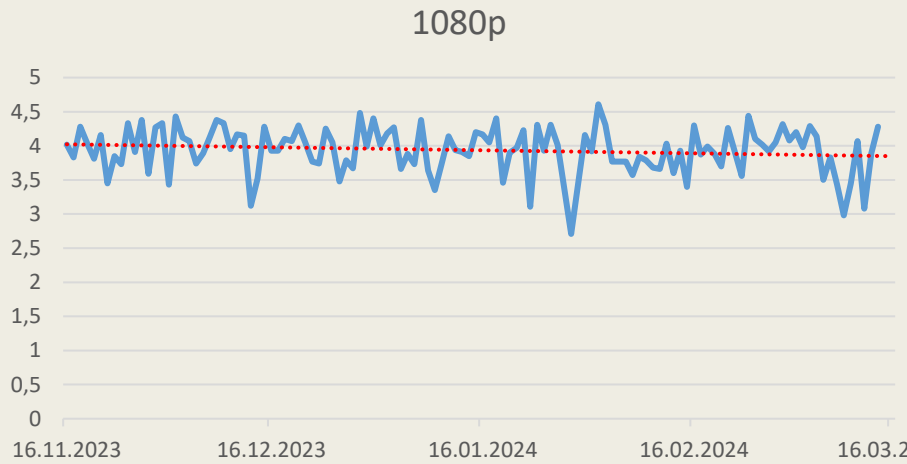
Результати аналізу даних програмним кодом

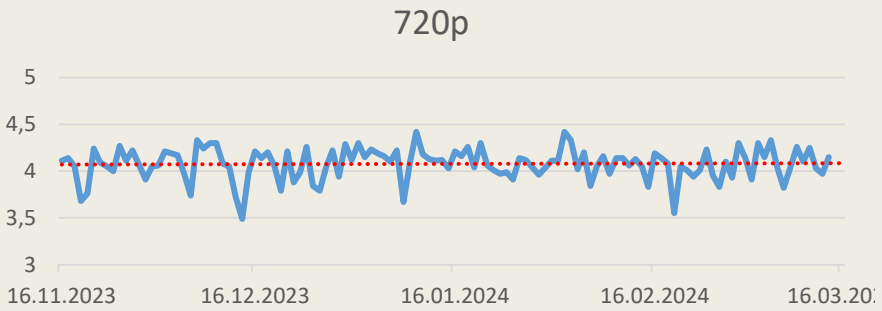
Cell name	GCI	Criteria q-ty of bad samples	Predict date	Average of DL PRBT Utilization Rate (%)	Average of User Throughput DL (Mbit/s)	Sum of DL Traffic Volume(GB)
Cell_1	2550X0000001	289	20.11.2024	94,5	4,3	4561
Cell_2	2550X0000002	289	01.01.9999	86,8	4,1	2952
Cell_3	2550X0000003	265	11.03.2024	87,9	4,6	3446
Cell_4	2550X0000004	238	01.01.9999	81,5	5	3071
Cell_5	2550X0000005	235	23.10.2024	89,8	4,1	4479
Cell_6	2550X0000006	209	01.01.9999	86,3	7,4	4353
Cell_7	2550X0000007	208	01.01.9999	82,7	6,4	2566
Cell_8	2550X0000008	201	01.01.9999	80,2	4,5	2954
Cell_9	2550X0000009	197	01.01.9999	78,3	5,1	3690
Cell_10	2550X0000010	186	01.01.9999	75,5	5,5	1994
Cell_11	2550X0000011	184	06.06.2030	74	6,1	2606
Cell_12	2550X0000012	177	14.04.2025	73,1	5	3258
Cell_13	2550X0000013	176	01.01.9999	71,4	5,4	2121
Cell_14	2550X0000014	176	30.04.2026	90,8	5,7	1244
Cell_15	2550X0000015	176	20.03.2024	80,8	5,8	2733
Cell_16	2550X0000016	168	03.08.2026	83,6	7	5704
Cell_17	2550X0000017	167	18.03.2024	76,1	5,7	3678
Cell_18	2550X0000018	165	01.01.9999	83,6	5,8	4135
Cell_19	2550X0000019	156	01.01.9999	69,3	6,5	3479
Cell_20	2550X0000020	152	01.01.9999	70,3	5,6	3867
Cell_21	2550X0000021	152	09.07.2024	60	7	983
Cell_22	2550X0000022	140	28.11.2025	83,3	6,2	3074
Cell_23	2550X0000023	131	11.03.2024	57,7	7,4	840
Cell_24	2550X0000024	127	21.03.2024	57	8,2	3770
Cell_25	2550X0000025	114	25.03.2024	61,7	10,2	1997
Cell_26	2550X0000026	111	20.02.2025	61,7	12,3	3775
Cell_27	2550X0000027	108	21.04.2024	40,1	13,4	1007
Cell_28	2550X0000028	92	25.10.2024	50,5	11,2	3445
Cell_29	2550X0000029	23	31.01.2024	49,1	14,2	2095

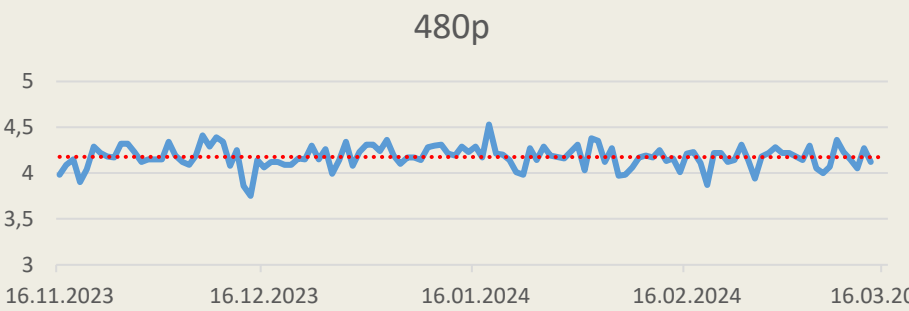
Результат Дослідження

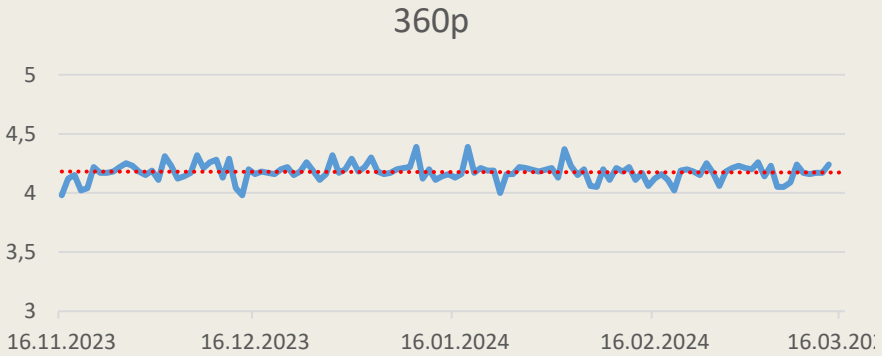
Результати дослідження











	till 14.03.2024
2k	01.01.9999
1080p	25.05.2025
720p	01.01.9999
480p	01.01.9999
360p	01.01.9999

Перспективи розвитку

- Інтеграція з системами штучного інтелекту
- Запровадження методів машинного навчання та штучного інтелекту
- Розширення застосування
- Удосконалення користувацького інтерфейсу
- Інтеграція з технологіями

ВИСНОВОК

У ході написання магістерської дисертації було виконано наступні задачі:

- Проведено детальний аналіз якості стрімінгових сервісів на основі даних, отриманих із системи моніторингу
- Досліджено можливості покращення стрімінгових сервісів завдяки аналізу даних із системи моніторингу
- Представлено та описано метод, використання програмного коду для аналізу якості стрімінгових сервісів, даний метод продемонстрував свою ефективність у обробці та прогнозуванні даних, що підтверджує його працездатність.
- Отримані результати підкреслюють працездатність даного рішення і можливість використовувати його мобільними операторами для моніторингу стрімінгових сервісів та своєчасно реагувати на погіршення якості обслуговування абонентів.

Апробація

II Всеукраїнська науково-технічна конференція «Технологічні горизонти:Розробка додатку для розрахунку якості стрімінгових сервісів абонента мережі на основі даних з системи моніторингу.

Представлено основні результати дослідження.

II Міжнародна науково-практичній конференція «Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії» Дослідження та порівняння сучасних систем моніторингу якості мобільної мережі

Представлений аналіз основних систем моніторингу

Дякую за увагу!