

Автоматизовані технології моніторингу якості голосових сервісів VoLTE та VoWiFi

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглядаються технології автоматизації оцінки якості голосових сервісів у мережах Voice over LTE (VoLTE) та Voice over WiFi (VoWiFi). Проведено аналіз ключових показників якості (Key Performance Indicators, KPI), моделей моніторингу та оптимізації, а також розглянуто застосування штучного інтелекту (ШІ) та алгоритмів машинного навчання для прогнозування якості зв'язку. Особливу увагу приділено інструментам активного й пасивного моніторингу, а також методам підвищення ефективності роботи операторських мереж.

Ключові слова: VoLTE, VoWiFi, якість обслуговування (Quality of Service, QoS), автоматизація оцінки якості, ключові показники ефективності (KPI), машинне навчання, моніторинг, штучний інтелект.

Abstract

The paper examines technologies for automating the quality assessment of Voice over LTE (VoLTE) and Voice over WiFi (VoWiFi) voice services. It analyzes key performance indicators (KPI), monitoring and optimization models, and considers the application of artificial intelligence (AI) and machine learning algorithms for predicting connection quality. Special attention is paid to active and passive monitoring tools, as well as methods for improving the efficiency of operator networks.

Keywords: VoLTE, VoWiFi, quality of service (QoS), quality assessment automation, key performance indicators (KPI), machine learning, monitoring, artificial intelligence (AI).

Вступ

З розвитком IP-телефонії та мобільного зв'язку впроваджено нові технології голосової передачі – VoLTE (Voice over LTE) та VoWiFi (Voice over WiFi). Вони забезпечують високу якість голосових викликів, використовуючи IP-мережі для маршрутизації трафіку. Проте динамічне середовище бездротових мереж ускладнює забезпечення стабільної якості обслуговування (QoS).

Забезпечення належної якості VoLTE та VoWiFi потребує постійного моніторингу мережових параметрів, їх аналізу та коригування. Автоматизація оцінки якості дозволяє зменшити людський фактор та підвищити точність оцінки KPI.

Основними завданнями автоматизованої оцінки є [1]:

- Моніторинг у реальному часі – аналіз роботи мережі на основі трафіку.
- Прогнозування проблем зв'язку – виявлення потенційних збоїв у роботі мережі.
- Оптимізація ресурсів – балансування навантаження між VoLTE та VoWiFi.

Метою цієї статті є аналіз та узагальнення сучасних методів автоматизації оцінки якості VoLTE та VoWiFi, включаючи використання KPI (Key Performance Indicators), алгоритмів машинного навчання та програмних рішень для моніторингу.

Основна частина

Для оцінки якості голосових викликів у VoLTE та VoWiFi мережах використовуються ключові показники продуктивності (KPI), які дозволяють визначити, наскільки стабільним є з'єднання та чи відповідає воно міжнародним стандартам якості. Одним із найважливіших показників є затримка (Latency), що визначає час, необхідний для передачі голосового пакета від відправника до отримувача. Чим нижча затримка, тим природнішим здається розмова. Для мереж VoLTE нормативним значенням є ≤ 150 мс, тоді як для VoWiFi – ≤ 200 мс через специфіку передачі через Wi-Fi-інфраструктуру [1].

Ще одним критичним параметром є джитер (Jitter) – варіація затримки між отриманими голосовими пакетами. Якщо різниця між часом надходження пакетів є великою, це призводить до

спотворень звуку, затримок або втрати частини мовлення. Для забезпечення високої якості зв'язку джитер не повинен перевищувати 30 мс у VoLTE та 50 мс у VoWiFi.

Крім того, оцінюється рівень втрати пакетів (Packet Loss). Якщо частина голосових пакетів втрачається в процесі передачі, це може спричинити пропуски звуків та слова, що значно знижує якість розмови. Допустимий рівень втрати пакетів у VoLTE – до 1%, а у VoWiFi – до 2%, оскільки бездротові мережі Wi-Fi зазвичай менш стабільні [1,2].

Оцінка якості голосу також здійснюється за допомогою MOS (Mean Opinion Score), що є суб'єктивним показником якості розмови. Він варіюється від 1 до 5, де 5 означає ідеальну якість, а 1 – дуже погану якість звуку. MOS розраховується на основі математичних моделей, таких як E-model, що враховують затримки, втрати пакетів, джитер та інші параметри.

Автоматизація оцінки якості VoLTE та VoWiFi може здійснюватися за допомогою активного та пасивного моніторингу.

Активний моніторинг передбачає створення тестових викликів, що імітують реальні голосові розмови, для перевірки якості обслуговування. Такий підхід дозволяє аналізувати продуктивність мережі за різних умов, наприклад, при зміні навантаження або зміні частотних діапазонів. Використовуються спеціалізовані інструменти, такі як RTP Probe, SIPp та PingPlotter, які дозволяють проводити глибокий аналіз трафіку.

Пасивний моніторинг, на відміну від активного, не створює додаткового навантаження на мережу. Він здійснюється шляхом збору даних про реальні виклики та їх аналізу. Це дає змогу оцінити якість обслуговування в реальних умовах експлуатації. Для цього застосовуються такі технології, як Wireshark, NetFlow та sFlow, які дозволяють детально аналізувати маршрутизацію трафіку та його параметри [2,3].

Одним із найперспективніших підходів до автоматизації оцінки якості VoLTE та VoWiFi є застосування машинного навчання. Алгоритми штучного інтелекту можуть аналізувати великі обсяги даних, прогнозувати можливі проблеми та автоматично коригувати параметри мережі для покращення продуктивності [3].

Алгоритми машинного навчання для оцінки якості зв'язку:

- Random Forest – аналізує історичні дані та класифікує якість викликів.
- XGBoost – прогнозує можливі втрати пакетів та затримки.
- LSTM (Long Short-Term Memory) – передбачає зміни якості в реальному часі.

Ці алгоритми можуть інтегруватися у системи управління мережами, що дозволяє операторам мобільного зв'язку швидко реагувати на зміни та покращувати якість обслуговування користувачів.

Ще одним напрямком автоматизації є динамічне управління якістю сервісу (QoS). Це дозволяє адаптувати параметри мережі залежно від умов роботи та рівня навантаження.

Оптимізаційні підходи включають [3]:

- Динамічне перемикання між VoLTE та VoWiFi, що дозволяє забезпечити кращу якість з'єднання.
- Автоматичне балансування навантаження, щоб зменшити перевантаження мережі.
- Адаптивне кодування голосу, яке змінює параметри аудіокодеків для зниження впливу втрат пакетів.

Висновки

Автоматизація оцінки якості VoLTE та VoWiFi є важливим кроком для підвищення ефективності роботи сучасних мобільних мереж. Впровадження технологій машинного навчання, динамічного управління QoS та розумного моніторингу дозволяє значно знизити затримки, втрати пакетів та покращити загальну якість голосових викликів. Подальші дослідження в цій сфері зосереджені на інтеграції технологій 5G, Wi-Fi 6 та штучного інтелекту для ще більш ефективного управління якістю зв'язку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ITU-T Recommendation G.107 - The E-model: A computational model for use in transmission planning / International Telecommunication Union. – Женева, 2015. – Режим доступу: <http://rfc.nop.hu/itu7/G/G0107e.pdf> (дата звернення: 24.04.2025).
2. Quality of Service (QoS) in LTE and Wi-Fi Networks / Juniper Networks // Technical Report. – 2021. – Режим доступу: https://www.juniper.net/documentation/en_US/white-papers/quality-of-service-in-lte-and-wi-fi-networks.pdf (дата звернення: 24.04.2025).
3. Optimizing VoLTE Performance in LTE Networks / Ericsson White Paper // Ericsson. – 2020. –

Режим доступу: <https://www.ericsson.com/4adc87/assets/local/reports-papers/white-papers/optimizing-volte-performance-in-lte-networks.pdf> (дата звернення: 24.04.2025).

Хрустовський Анатолій Анатолійович – студент групи КІВТ-21б, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tolik6566tolik@gmail.com.

Пастушенко Олександр Леонідович – старший викладач, кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mr.waildcat@ukr.net.

Khrustovskyi Anatolii – student of the group KIVT-21b, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tolik6566tolik@gmail.com.

Pastushenko Olexandr – Senior Lecturer, Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mr.waildcat@ukr.net.