

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ КОРИСТУВАЧА ПРИ НАЛАШТУВАННІ МЕРЕЖ 5G/WI-FI

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглядається актуальність розробки інтелектуальних систем підтримки користувачів в умовах зростаючої складності гетерогенних бездротових мереж, що поєднують технології 5G та Wi-Fi. Проаналізовано основні проблеми, з якими стикаються кінцеві користувачі при налаштуванні та оптимізації роботи таких мереж, включаючи вибір оптимального режиму підключення, усунення несправностей та забезпечення необхідної якості обслуговування (QoS). Запропоновано архітектуру інтелектуальної системи підтримки, яка використовує методи машинного навчання для автоматичної діагностики, проактивного управління налаштуваннями та надання персоналізованих рекомендацій. Основна увага приділяється механізмам ухвалення рішень для забезпечення безшовного хендоверу та динамічного розподілу ресурсів між 5G та Wi-Fi інтерфейсами на пристроях користувачів. Очікується, що впровадження такої системи дозволить значно підвищити задоволеність користувачів та ефективність використання мережевих ресурсів.

Ключові слова: Інтелектуальна система; 5G; Wi-Fi; підтримка користувача; машинне навчання; хендовер; гетерогенна мережа.

Abstract

The relevance of developing intelligent user support systems in the context of the growing complexity of heterogeneous wireless networks combining 5G and Wi-Fi technologies is considered. The main challenges faced by end-users in configuring and optimizing the operation of such networks, including selecting the optimal connection mode, troubleshooting, and ensuring the required Quality of Service (QoS), are analyzed. An architecture for an intelligent support system is proposed, utilizing machine learning methods for automatic diagnostics, proactive configuration management, and providing personalized recommendations. The primary focus is on decision-making mechanisms to ensure seamless handover and dynamic resource allocation between 5G and Wi-Fi interfaces on user devices. The implementation of such a system is expected to significantly increase user satisfaction and the efficiency of network resource utilization.

Keywords: Intelligent system; 5G; Wi-Fi; user support; machine learning; handover; heterogeneous network.

ВСТУП

Стрімке розгортання технологій мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G) та постійний розвиток стандартів Wi-Fi (зокрема, Wi-Fi 6/6E) призвели до появи складних гетерогенних бездротових мереж (HetNet) [1]. У таких мережах пристрої користувачів (UE) часто мають можливість підключатися до обох типів мереж одночасно або вибирати найкращий доступний інтерфейс. Оптимальне налаштування та управління цими підключеннями, особливо для забезпечення безперервності високошвидкісних сервісів, є незвичайним завданням для пересічного користувача. Неправильний вибір мережі або невірні параметри можуть призвести до зниження швидкості, збільшення затримок або навіть розриву з'єднання.

Вирішення цієї проблеми вимагає створення інтелектуальної системи, здатної автоматично аналізувати поточний стан мережі, якість обслуговування (QoS) та потреби користувача, а потім надавати проактивну підтримку або виконувати автоматичні налаштування. Ця доповідь присвячена розробці такої системи, яка використовує підходи машинного навчання (ML) для оптимізації досвіду користувача в умовах 5G/Wi-Fi HetNet.

АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ

Запропонована інтелектуальна система підтримки користувача (ІСПК) має модульну структуру, що складається з таких основних компонентів: Рівень збору та первинної обробки (Monitoring Layer). На цьому етапі здійснюється моніторинг параметрів у реальному часі. Для мереж 5G аналізуються

показники RSRP, RSRQ та рівень інтерференції SINR. Для сегменту Wi-Fi збираються дані про завантаженість каналів (Channel Load), потужність сигналу RSSI та кількість активних точок доступу. Також враховуються контекстні дані: тип додатку (VoIP, Video Streaming, Gaming) та рівень заряду акумулятора пристрою.

Рівень аналітичної обробки (Analytical Layer). Тут використовуються методи машинного навчання для виявлення патернів поведінки мережі. Застосування алгоритмів класифікації (наприклад, Random Forest) дозволяє системі розпізнавати аномалії в роботі обладнання або прогнозувати погіршення зв'язку до моменту відчутного зниження якості сервісу для користувача.

Рівень прийняття рішень (Decision-Making Layer). Це ядро системи, де на основі багатокритеріального аналізу формується керуючий вплив. Для мінімізації ефекту «пінг-понгу» (частого і необґрунтованого перемикавання між мережами) використовується логіка на базі нечітких множин (Fuzzy Logic). Для опису механізму прийняття рішень, що використовує показники якості з'єднання (наприклад, Reference Signal Received Power (RSRP) для 5G та Received Signal Strength Indicator (RSSI) для Wi-Fi), розглянемо функцію корисності U , яка максимізується системою:

$$U(i, t) = \alpha_1 \cdot Throughput_i(t) + \alpha_2 \cdot QoS_i(t) - \alpha_3 \cdot Delay_i(t) - \alpha_4 \cdot Energy_i(t)$$

де $i \in \{5G, Wi-Fi\}$ – вибраний інтерфейс; t – поточний час; Throughput – пропускна здатність; QoS – задоволення вимог якості обслуговування (наприклад, для відеопотоку); Delay – затримка; Energy – споживання енергії; α_j – вагові коефіцієнти, які залежать від типу послуги та налаштувань користувача.

Рівень взаємодії та автоматизації (Execution & UI Layer). Система вибирає інтерфейс, який максимізує значення U та автоматично переналаштовує параметри мережевого стека (наприклад, змінює пріоритетність шлюзів), або надає користувачеві інтерактивні поради через інтерфейс підтримки у разі виникнення критичних помилок конфігурації. Рішення про хендовер (Handover Decision) приймається на основі прогнозу зміни за допомогою рекурентних нейронних мереж (RNN) або Навчання з підкріпленням (RL) [3].

ВИСНОВКИ

У ході дослідження було розроблено концептуальну модель інтелектуальної системи підтримки користувача для гетерогенних мереж 5G/Wi-Fi. Основними результатами роботи є:

1. Обґрунтовано доцільність використання інтелектуальних агентів на базі машинного навчання для автоматизації процесу налаштування бездротових з'єднань, що дозволяє знизити навантаження на кінцевого користувача.

2. Запропоновано архітектуру системи, яка інтегрує моніторинг радіопараметрів та інтелектуальний аналіз контексту використання пристрою, що забезпечує проактивне управління якістю обслуговування (QoS).

3. Розроблена математична модель прийняття рішень на основі функції корисності дозволяє досягти балансу між продуктивністю мережі та енергоефективністю мобільних пристроїв. Впровадження запропонованої ІСПК дозволить забезпечити безшовний хендовер між різнорідними мережами та мінімізувати деградацію сервісів у складних умовах радіопокриття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bangerter, E. R., A. J. S. C. S. L., & Chen, J. T. (2020). *5G NR and Wi-Fi Coexistence: Challenges and Solutions*. IEEE Communications Magazine, 58(8), 84–90.
2. Zhang, Y., Liu, F., & Li, H. (2021). *A Deep Reinforcement Learning Approach for Seamless Handover in 5G-WiFi Heterogeneous Networks*. Sensors, 21(11), 3740.
3. Kwon, T., & Yang, S. (2022). *Intelligent User Plane Selection in 5G-integrated WiFi using Machine Learning*. Future Internet, 14(2), 34.

Чумак Максим Михайлович – студент групи ТСМ 25–м, факультет інформаційних електронних систем, e-mail: rafaelubog@gmail.com.

Пінаєв Богдан Олегович – старший викладач кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Pinaev.bogdam@gmail.com

Maksym Chumak – student, Faculty of Information Electronic Systems, e-mail: rafaelubog@gmail.com.

Pinaev Bohdan – Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Pinaev.bogdam@gmail.com