

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МЕРЕЖАХ RAN ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто проблему високого енергоспоживання систем RAN з якою зіштовхнулись мобільні оператори. Під час аналізу проблеми, ми детально розглянемо її походження та причини. Далі ми обговоримо можливі шляхи вирішення цих проблем, включаючи використання передових технологій та підходів, зокрема використання штучного інтелекту.

Ключові слова: штучний інтелект, безпроводна мережа, енергоефективність.

Abstract

The paper examines the problem of high energy consumption of RAN systems faced by mobile operators. During the analysis of the problem, we will examine in detail its origin and the reasons. Next, we will discuss possible solutions to these problems, including the use of advanced technologies and approaches, in particular the use of artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence, wireless network, energy efficiency.

Вступ

Мережа радіодоступу (RAN — Radio Access Network) — є основним компонентом бездротової телекомунікаційної системи, який забезпечує зв'язок між кінцевими пристроями і ядром мережі. RAN відповідає за передачу даних, управління з'єднаннями та забезпечення безперервності зв'язку. Він включає базові станції та антени, які приймають і передають сигнали.

Однак RAN є найбільшим споживачем енергії в мобільній мережі, близько 87% від загального енергоспоживання обладнання оператора припадає саме на цей компонент. Це стає серйозною проблемою, особливо в умовах зростаючих тарифів на електроенергію та необхідності зниження викидів вуглецю. Значна кількість мобільних операторів шукає шляхи оптимізації енергоспоживання цього вузла для підвищення ефективності мережі та зниження експлуатаційних витрат.

Традиційні методи управління мережею стають менш ефективними в умовах зростаючої складності та обсягу даних. Тому впровадження ШІ стає необхідністю для автоматизації прийняття рішень та підвищення продуктивності RAN.

Результати дослідження

ШІ має потенціал значно знизити енергоспоживання RAN, впроваджуючи інтелектуальне управління мережею. Однією з ключових проблем є нерівномірне навантаження на базові станції. У години пікового трафіку одні сегменти мережі перевантажені, тоді як інші залишаються майже бездіяльними. Це призводить до зайвого споживання енергії і зниження ефективності. ШІ може аналізувати трафік у реальному часі, визначати періоди та зони низького навантаження, тимчасово відключати непотрібні елементи й регулювати потужність передавачів залежно від місцезнаходження користувачів. Такий підхід дозволяє знизити енергетичні витрати, підтримуючи стабільну якість обслуговування.

Іншою проблемою є інтерференція між базовими станціями, яка виникає через обмеженість спектра та щільне розташування обладнання [1]. Це змушує станції працювати на вищій потужності для подолання завад, що додатково збільшує споживання енергії. ШІ може оптимізувати розподіл частотного спектру, аналізуючи рівень перешкод і динамічно переналаштовуючи канали. Завдяки

цьому мережа працюватиме стабільніше, не витрачаючи зайву енергію на боротьбу з інтерференцією.

Ще одне важливе завдання — прогнозування пікових навантажень. Традиційні методи не завжди встигають реагувати на раптовий сплеск активності, що призводить до перевантажень і втрати якості зв'язку. ШІ здатен на основі аналізу історичних даних і поточного трафіку передбачати такі ситуації, дозволяючи мережі підготуватися заздалегідь [2]. Це дає змогу уникнути перевантажень і підтримувати стабільну роботу навіть у години пік.

Окрім цього, передача даних у мережі часто відбувається неефективно через відсутність аналізу типу трафіку [3]. Наприклад, відео та голосові дзвінки потребують стабільного з'єднання з мінімальними затримками, тоді як фонові дані можуть передаватися з меншою пріоритетністю. ШІ може класифікувати трафік і динамічно розподіляти ресурси, забезпечуючи найкращу якість обслуговування для важливих потоків даних, при цьому економлячи енергію на менш критичних задачах.

Проте варто враховувати й підводні камені. ШІ залежить від якості даних, на яких він навчається. Якщо дані будуть неповними чи неточними, це може призвести до неправильних рішень і погіршення роботи мережі. Враховуючи різноманітність телекомунікаційних середовищ, існує ризик, що моделі ШІ можуть не врахувати всі нюанси роботи мережі в різних регіонах. Крім того, складність управління такими системами, необхідність регулярного оновлення алгоритмів та кіберзагрози залишаються актуальними викликами. Без врахування цих аспектів впровадження ШІ може не виправдати очікувань, створивши додаткові проблеми замість їхнього вирішення.

Висновки

Впровадження штучного інтелекту в мережі радіодоступу RAN має величезний потенціал для трансформації інфраструктури зв'язку. ШІ допомагає не лише знизити енергоспоживання, але й зробити мережі адаптивними, розумними та більш ефективними. Проте, для досягнення цих результатів важливо врахувати ризики, пов'язані з якістю вхідних даних і складністю управління такою системою. Тільки продумане впровадження та постійне вдосконалення алгоритмів ШІ дозволить забезпечити стабільність, точність рішень і стійкість мережі до можливих збоїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. Schmidt, D. Block, and U. Meier, "Wireless interference identification with convolutional neural networks," in 2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN), pp. 180–185, 2017.
2. S. A. Rajab, W. Balid, M. O. Al Kalaa, and H. H. Refai, "Energy detection and machine learning for the identification of wireless mac technologies," in 2015 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), pp. 1440–1446, 2015.
3. S. Boubiche, D. E. Boubiche, A. Bilami, and H. Toral-Cruz, "Big data challenges and data aggregation strategies in wireless sensor networks," IEEE Access, vol. 6, pp. 20558–20571, 2018.

Грбачак Назарій Віталійович — аспірант групи 172-23а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: nazarii.hrabchak@gmail.com

Науковий керівник: **Васильківський Микола Володимирович** — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Nazarii Vitaliyovych Hrabchak — postgraduate of 172-23a group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nazarii.hrabchak@gmail.com

Supervisor: **Vasylykivskyi Mykola V.** — candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Information Communication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia