

УДК 006.015.5:[004.738.5:621.391]

DOI <https://doi.org/10.30837/IYF.PDICIMT.2024.201>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА МОБІЛЬНОГО ІНТЕРНЕТУ В ШВИДКІСНИХ ПОТЯГАХ

Жигло С.В.

Науковий керівник – к.т.н, доцент Штефан Н.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІВТ,  
м. Харків, Україна

e-mail: [serhii.zhyhlo@nure.ua](mailto:serhii.zhyhlo@nure.ua)

In today's world, high-speed trains are an important part of the transport infrastructure, but passengers often face mobile communication problems while traveling. At the moment, the relevance of this topic is justified by the broad interest of the state represented by the Ministry of Digital Transformation, the national carrier of goods and passengers JSC Ukrainian Railways, leading electronic communications operators, end users of electronic communications services, and the practical need to solve this problem.

Current methods include the construction of new base stations on each "problematic" section of the railway, but this is not economically feasible, as it requires significant capital investment, and the revenue from services will not cover operating costs.

This report is dedicated to analyzing the existing problems and developing new methods to improve the quality of mobile communications.

Світовий досвід забезпечення пасажирів швидкісних потягів якісним бездротовим зв'язком та інтернетом полягає у трьох різних принципах побудови такої системи.

### 1. Інтернет від Starlink

Компанією SpaceX побудована велика супутникова система для роздачі високошвидкісного інтернету в місцях, де він не доступний або небезпечний. При цьому використання цієї системи у швидкісних потягах України створює перні труднощі:

по-перше, сама технологія Starlink не розрахована на роботу в високошвидкісних потягах;

по-друге, 1 комплект при статичному використанні здатний забезпечити швидкість передачі даних у 100Мбт/с. Кількість пасажирів у потягу Інтерсіті+ становить 579. Навіть за допомогою 4-х комплектів середня швидкість на одного користувача не буде перевищувати 500 кбт/с (частковий трафік забере внутрішньопотягове обладнання.);

по-третє, використання голосового зв'язку можливо лише з повноцінним впровадження технології VoWiFi (Wi-Fi Calling – технологія, яка дозволяє здійснювати дзвінки, надсилати й отримувати SMS і MMS повідомлення навіть за відсутності покриття мобільної мережі, незалежно

від вашого місцезнаходження чи оператора з використанням Wi-Fi-мережі);

по-четверте, це безпекова складова цього процесу. Досвід використання українськими військовими Starlink показав не стабільність технології, оскільки «керується ззовні».

## 2. Система Trackside Network (TSN)

TSN – це окрема бездротова мережа з широкосмуговим доступом до Інтернету.

Типова мережа TSN складається з 2-х основних частин:

- оптичної магістралі вздовж усієї залізничної лінії;
- бездротове обладнання у вигляді базових станцій на стовпах та терміналів на даху поїзда.

Необхідною умовою для будівництва виділеної мережі зв'язку «поїзд-земля» є прокладання оптичного кабелю вздовж усієї залізничної лінії. На деяких ділянках можна використовувати фіксований бездротовий зв'язок між базовими станціями TSN-мережі, але оптика вздовж шляхів - це основна умова.

Залежно від обраної технології, частотного діапазону та інших умов (таких як дощові зони ITU) проводяться розрахунки енергетичного запасу лінії між терміналом на поїзді та базовою станцією та визначається рекомендована відстань між базовими станціями.

В Україні в 2010 році Укрзалізниця вже мала негативний досвід будівництва власної мережі. Проект не мав доставного ефекту. Наразі будувати окрему мережу для поїздів не вигідно і це важко піддається реалізації, оскільки потребує колосальних інвестицій як на тво, так і на експлуатацію.

## 3. Мобільний зв'язок та інтернет від операторів мобільного зв'язку

Основними перевагами використання цієї моделі є :

- використання вже існуючої базової інфраструктуру операторів мобільного зв'язку з необхідною модернізацією за відсутності потреби побудови нової мережі;

- можлива синергія існуючих мереж усіх операторів;

- мінімальні безпекові ризики, оскільки надавачі послуг є резидентами України;

- можливість користуватися як інтернетом, так і голосовим зв'язком.

При цьому існує ряд недоліків використання цієї моделі:

- не достатнє покриття залізної дороги за межами населених пунктів;
- затухання сигналу у вагоні на рівні 20дБ;
- затримка реєстрації абонентів в нових сотах станцій при збільшенні швидкості потягу;

- падіння пропускної спроможності при одночасній реєстрації великої кількості абонентів у соті;

- несиметричний характер зв'язку, коли швидкість скачування (download) приблизно 20 разів вище, ніж швидкість вивантаження (upload).

Основними способами модернізації існуючих мереж мобільних операторів під можливість забезпечення якісного мобільного зв'язку та мобільного інтернету в високошвидкісних потягах є використання:

- адаптивних антенних систем - розробка антен, які можуть динамічно змінювати свої параметри для оптимізації прийому сигналу в залежності від розташування та швидкості потяга;

- антен з високий коефіцієнтом випромінювання для зменшення втрат сигналу та підвищення якості зв'язку;

- штучного інтелекту для оптимізації зв'язку - застосування алгоритмів машинного навчання для аналізу даних про якість зв'язку та автоматичного вибору найкращого каналу зв'язку;

- прогнозування потенційних перешкод у зв'язку та автоматичне переключення на альтернативні частоти.

При цьому створення єдиної інтегрованої системи, яка об'єднає сигнали усіх операторів, супутниковий зв'язок з іншими системами потягу (система приймання та обробки сигналів, внутрішньопотягова система WiFi, система GPS, система управління рухом) забезпечить стабільний та якісний сервіс пасажиром у вигляді доступу бездротового доступу до високошвидкісної мережі Інтернет та якісний мобільний зв'язок незалежно від розташування та швидкості руху потягу.

#### Список використаних джерел:

1. Generalized Frequency Division Multiplexing for 5th Generation Cellular Networks [Електронний ресурс] / [N. Michailow, M. Matthé, I. Gaspar та ін.]. URL: [https://www.vodafone-chair.org/media/publications/legacy/n-michailow/Generalized\\_Frequency\\_Division\\_Multiplexing\\_for\\_5th\\_Generation\\_Cellular\\_Networks.pdf](https://www.vodafone-chair.org/media/publications/legacy/n-michailow/Generalized_Frequency_Division_Multiplexing_for_5th_Generation_Cellular_Networks.pdf) (дата звернення: 01.03.2024).

2. Дослідження основних недоліків базових станцій різних поколінь стільникового зв'язку / Р. С. Одарченко та ін. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2016. С.107-110.

3. План заходів щодо підвищення якості послуг рухомого (мобільного) зв'язку, затверджено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 1189-р [Текст]// URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1189-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 02.03.2024).

4. Нікітенко О.М., Єгоров А.Б., Штефан Н.В. Сучасні інструменти управління якістю. Харків: ХНУРЕ, 2019. 245 с.