

NETWORK SLICING У 5G: ІЗОЛЯЦІЯ ТРАФІКУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Костромицький А.І., Філіппенко Д.Є.

e-mail: andrii.kostromytskyi@nure.ua, danylo.filippenko@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., доц. Костромицький А.І.

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

This work examines 5G network slicing and its essential role in isolating traffic for critical infrastructure. Transitioning from legacy "best-effort" models, 5G utilizes network virtualization to dynamically create task-oriented, isolated virtual networks. The study highlights the multiplexing of eMBB and delay-critical URLLC traffic, where strict resource isolation guarantees ultra-low latency (< 1 ms) and 99.999% reliability for systems like telemedicine and autonomous transport. Additionally, integrating Multi-access Edge Computing (MEC) localizes data processing, mitigating cyber threats like DDoS. Ultimately, end-to-end isolation across all network levels ensures guaranteed Quality of Service (QoS) for vital industrial applications.

Перехід від мереж четвертого покоління (4G/LTE) до п'ятого (5G) знаменує зміну парадигми: від «мережі для смартфонів» до концепції всеохоплюючого цифрового середовища. Класична модель зв'язку базувалася на принципі «найкращих зусиль» (best-effort), за якого всі кінцеві користувачі та додатки конкурували за спільний пул ресурсів. Проте для функціонування критичної інфраструктури – телемедицини, автономного транспорту чи систем промислової автоматизації – такий підхід є неприпустимим через ризики непередбачуваних затримок або втрати даних.

Метою доповіді є аналіз механізмів ізоляції трафіку в мережах 5G для забезпечення безперебійної роботи критично важливих послуг.

Одним із ключових рішень цієї проблеми є технологія «нарізки мережі» (network slicing), що дозволяє створювати логічно ізольовані віртуальні мережі на базі спільної фізичної інфраструктури. Кожен такий сегмент (слайс) є цілісною системою, яка здійснює наскрізне управління радіодоступом, транспортною мережею та ядром. Впровадження цієї концепції стало можливим завдяки інтеграції технологій програмно-визначених мереж (SDN) та віртуалізації мережевих функцій (NFV). На основі вимог Угоди про рівень обслуговування (SLA) ці технології забезпечують динамічний розподіл обчислювальних та радіоресурсів [1].

Моделі розподілу ресурсів для потреб критичної інфраструктури базуються на мультиплексуванні гетерогенного трафіку: покращеного мобільного широкосмугового доступу (eMBB) та надзвичайно надійного зв'язку з низькою затримкою (URLLC). Для гарантування параметрів URLLC (затримка < 1 мс, надійність 99,999%) застосовуються механізми суворої (ортогональної) або гнучкої (неортогональної) ізоляції

радіоресурсів. Зокрема, під час критичних інцидентів пакети URLLC можуть фізично «випереджати» трафік eMBB, щоб медичні або промислові дані не потрапляли в загальну чергу [2].

Важливу роль у забезпеченні ізоляції відіграють багатодоступні граничні обчислення (MEC). Для критичної інфраструктури створюються виділені віртуальні машини безпосередньо на вузлах MEC, що дозволяє обробляти дані від промислових роботів або медичних систем поблизу джерела (базової станції), не спрямовуючи їх через глобальний інтернет. Така фізична ізоляція обчислювальних ресурсів мінімізує ризики зовнішніх кібератак (наприклад, DDoS) та забезпечує детерміновану затримку сигналізації [3].

Висновки. Технологія network slicing трансформує телекомунікаційну мережу у гнучку програмовану платформу. Завдяки ізоляції віртуальних каналів 5G долає обмеження попередніх поколінь зв'язку, гарантуючи параметри якості обслуговування (QoS) навіть за пікових навантажень. Суворі ізоляція на радіочастотному, транспортному та обчислювальному рівнях є необхідною умовою для безпечної інтеграції інфокомунікацій у системи життєзабезпечення, промисловість та автономний транспорт.

Список використаних джерел:

1. Afolabi I. Network Slicing and Softwarization: A Survey on Principles, Enabling Technologies, and Solutions [Електронний ресурс] / I. Afolabi, T. Taleb, K. Samdanis, A. Ksentini, H. Flinck // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2018. – Vol. 20, Iss. 3. – pp. 2429 - 2453. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8338143>
DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2815638>
2. Popovski P. 5G Wireless Network Slicing for eMBB, URLLC, and mMTC: A Communication-Theoretic View [Електронний ресурс] / P. Popovski, K. F. Trillingsgaard, O. Simeone, G. Durisi // IEEE Access. – 2018. – Vol. 6. – pp. 55765 - 55779. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8493121>
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2872781>
3. Campolo C. 5G Network Slicing for Vehicle-to-Everything Services [Електронний ресурс] / C. Campolo, A. Molinaro, A. Iera, F. Menichella // IEEE Communications Magazine. – 2017. – Vol. 55, Iss. 12. – pp. 122 - 128. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8141977>
DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1700268>