

## МЕРЕЖА П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ З НИЗЬКОЮ ЗАТРИМКОЮ СИГНАЛІВ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*Обґрунтовано способи, забезпечення наднизької затримки в транспортних мережах 5G. Досліджено мобільну пасивну оптичну мережу (PON) та протоколи зв'язку, що покращують зв'язок між сусідніми базовими станціями.*

**Ключові слова:** PON, BS, 5G, мережа зв'язку, QoS, хмарна технологія, LTE, RAN

### *Abstract*

*Methods of providing ultra-low delay in 5G transport networks are substantiated. Mobile passive optical network (PON) and communication protocols that improve communication between neighboring base stations have been studied.*

**Keywords:** PON, BS, 5G, communication network, QoS, cloud technology, LTE, RAN

### **Вступ**

Система мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G) зможе обслуговувати різні критично важливі програми Internet of Thing (IoT), такі як промислова автоматизація, хмарна робототехніка та транспортний зв'язок, що має важливе значення для безпеки. Вимога наскрізної затримки для цих послуг, як правило, знаходиться в діапазоні від 0,1 мс до 20 мс, що надзвичайно складно реалізувати звичайній стільниковій мережі з централізованою обробкою, а також невід'ємною частиною стільникової мережі є транспортна мережа, яку називають сегментом, що відповідає за фронтальний зв'язок віддаленої БС, яка відіграє особливо важливу роль у дотриманні жорсткої вимоги щодо затримки. Тому затримка є надзвичайно важливою для критично важливих служб стільникових мереж п'ятого покоління (5G) [1].

В існуючій стільниковій мережі (наприклад, Long Term Evolution, LTE) затримку зв'язку визначають мережа радіодоступу (RAN), основна мережа (CN) та транспортна мережа між RAN та CN, де транспортна мережа вносить значну кількість затримок. Для підтримання безперервності комунікаційного з'єднання в існуючій стільниковій мережі застосовується техніка передачі, яка називається процедурою зміни користувачького обладнання (UE) відповідних BS [2]. У такій процедурі UE потрібно звільнити поточний ресурс BS і знову підключитися до цільової BS, під час якого поточні послуги можуть бути перервані. Для швидкого хендвера необхідний швидкий обмін інформацією між вихідною BS та цільовою BS. При цьому обмін інформацією потрібно спочатку передати EPC, навіть якщо дві BS розташовані близько, що створює додаткову затримку передачі обслуговування. Наприклад, широкосмугові мережі зазвичай можуть вводити затримку більше десятків мілісекунд, що навряд чи може задовольнити вимогу затримки для послуг, пов'язаних з безпекою (наприклад, менше 10 мс для дистанційного керування

Отже, існуючу стільникову мережу, включаючи RAN, базову мережу та транспортну мережу, потрібно вдосконалити або навіть переробити, щоб досягти зв'язку з наднизькою затримкою.

### **Результати дослідження**

Існують технології багаторазового доступу, призначені для транспортної мережі 5G, такі як волоконно-точковий доступ, пасивна оптична мережа (PON), гнучкий Ethernet та оптична транспортна мережа (OTN). Серед цих технологій PON вважається чудовим варіантом завдяки топології від точки до багатоточок для ефективного використання волоконних ресурсів та широкого розгортання [3]. Тим часом потрібно розробляти передові технології PON, щоб задовольнити вимоги RAN та послуг реального часу. Наприклад,

у багатоканальній мережі на основі розподілу по часу (TDM-PON) алгоритми динамічного розподілу смуги пропускання з низькою затримкою (DBA) повинні бути розроблені для зменшення затримки, викликані звичайними механізмами DBA. У мобільних мережах зв'язку на основі PON трафік X2 потребує додаткового проходження через центральний блок і мобільні базові мережі, що може призвести до великої затримки [4]. Таким чином, в PON потрібно ретельно враховувати затримку, щоб задовольнити вимоги до затримки критично важливих для часу служб.

Затримку в транспортних мережах також можна зменшити, перемістивши обчислювальні, зберігаючі, контрольні та мережеві функції до краю мережі, замість того, щоб виконувати всі функції у віддалених центрах обробки даних. Обчислення в хмарі забезпечує обчислення, зберігання, управління та мережеві функції ближче до кінцевих користувачів, які можуть бути інтегровані з існуючими стільниковими мережами (наприклад, точки агресії, базові станції), щоб забезпечити зв'язок з наднизькою затримкою для критично важливих для часу змін. послуги [5].

Незважаючи на те, що вузол хмари, інтегрований із стільниковими мережами, може забезпечити обчислення та можливість зберігання даних ближче до кінцевих користувачів для підтримки критично важливих для часу послуг, він також має кілька обмежень. Зокрема, суперечність між обмеженим охопленням одного вузла хмари та мобільністю кінцевих користувачів може призвести до погіршення продуктивності з точки зору затримки. З цього приводу міграція послуг була запропонована і розглядається як перспективне рішення [6]. При цьому міграція служб називається переміщенням служб з одного хмарного вузла на інший. Як показано на рис. 1, коли один вузол хмари перевантажений, запускається міграція служби, для розвантаження вузла хмари на інші вузли або крайові сервери. Крім того, коли користувачі переходять із зони, охопленої одним хмарним вузлом, на інший, критично важливі для часу служби повинні бути відповідним чином перенесені, щоб відстежувати рух користувачів та підтримувати безперервність служби із задоволенням жорстких вимог щодо затримок для цих служб. Однак міграція послуг може потребувати додатковий час, що може призвести до переривання послуги зв'язку. Таким чином, при міграції послуг потрібно використовувати алгоритми, що враховують вимоги до послуг та доступні мережеві ресурси.

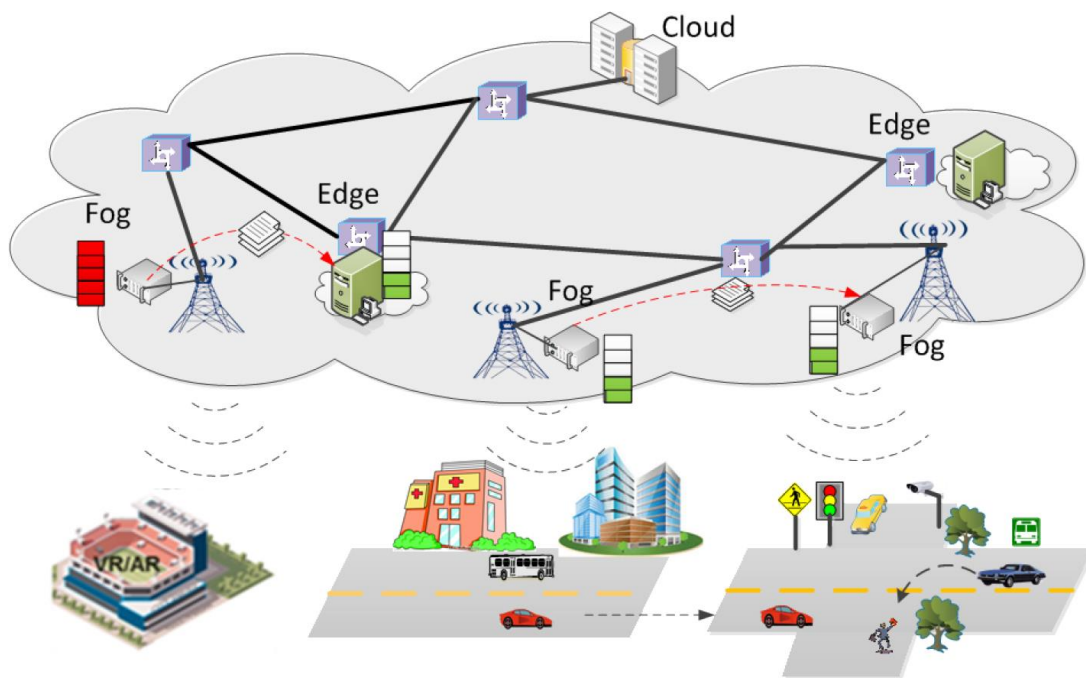


Рисунок 1 – Міграція послуг у стільникових мережах із підтримкою хмари

Міграція послуг є ефективним рішенням для підтримання безперервності обслуговування для користувачів, що характеризуються високою мобільністю в хмарних обчислювальних мережах (FeCN).

Метою проектування архітектури мобільного зворотного зв'язку є покращення зв'язку між сусідніми БС, особливо для тих БС, що належать до різних PON.

Пропонується схема міграції послуг з інформацією про QoS, заснована на існуючих процедурах передачі, для підтримки автомобільних послуг у режимі реального часу. У контексті FeCN для автомобільних комунікацій мобільність є однією з головних проблем для транспортних засобів через обмежене охоплення

хмарних вузлів, розташованих одночасно з BS. З одного боку, безперервність автомобільного зв'язку повинна підтримуватися процедурою передачі. З іншого боку, до постійних транспортних послуг також слід старанно ставитися з точки зору якості обслуговування. В дослідженні запропоновано використовувати схему міграції послуг з QoS, яка відповідає процедурі передачі, з додаванням механізмів прийняття рішень відповідно до вимог QoS від цих поточних транспортних служб у режимі реального часу. Основною особливістю запропонованої схеми є те, що протокол міграції послуг розроблений для вдосконалення існуючого протоколу передачі при реалізації обміну інформацією, за допомогою чого можна зменшити негативні наслідки, викликані міграцією. Для дослідження ефективності запропонованої схеми, необхідно використовувати симулятор для аналізу наскрізного профілю затримки, надійності та вартості міграції в конкретному дослідженні. Це дозволить розглянути реалістичну модель мобільності транспортних засобів. Результати вказують на те, що наскрізна затримка автомобільних служб може бути задоволена [4].

## Висновки

Представлено механізм нарізання смуги пропускання з урахуванням затримки для міграції послуг в мережах мобільного зв'язку на основі PON. У запропонованій схемі пропускну здатність зв'язку динамічно та ефективно ділиться на два фрагменти для міграційного трафіку та неміграційного трафіку відповідно до різних вимог до затримки. Ключова ідея запропонованої схеми полягає у розрізанні великих міграційних даних на дрібні фрагменти та передачі їх у декількох циклах опитування за вимогою порогу затримки. Тим часом для неміграційного трафіку пропускну здатність надається відповідно до різних вимог до якості обслуговування. Щоб уникнути монополізації пропускну здатності міграційним трафіком, встановлюється поріг виділеної пропускну здатності для міграційного трафіку в кожному циклі опитування, щоб мінімізувати негативний вплив на неміграційний трафік. Ефективність міграційного та неміграційного трафіку можна збалансувати, регулюючи поріг. Результати моделювання показують, що дані міграції можуть бути успішно здійснені протягом необхідного часового порогу, тоді як затримка та тремтіння для неміграційного трафіку з різними пріоритетами можуть бути значно зменшені.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Li, X. Shen, L. Chen, D. Van, J. Ou, L. Wosinska, and J. Chen, "Service migration schemes in fog computing enabled cellular network to support real-time vehicular services," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 13704-13714, Jan., 2019.
2. J. Li, X. Shen, L. Chen, J. Ou, L. Wosinska, and J. Chen, "Delay-aware network slicing for service migration in mobile backhaul networks" *IEEE/OSA Journal of Optical Communication and Networks*, vol. 11, issue 4, pp. B1-B9, Apr., 2019.
3. Y. Cao, Y. L. Zhao, J. Li, R. Lin, J. Zhang, J. Chen, "Multi-Tenant Provisioning for Quantum Key Distribution Networks with Heuristics and Reinforcement Learning: A Comparative Study," *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 2019.
4. X. Shen, J. Li, L. Chen, S. He, and J. Chen, "Heterogeneous DSRC and Cellular Networks with QoS-aware interface selection to Support Real-time Vehicular Communications" 2019.
5. Y. Cao, Y. L. Zhao, J. Li, R. Lin, J. Zhang, J. Chen, "Online Multi-Tenant Secret-Key Assignment with Reinforcement Learning over Quantum Key Distribution Networks" *IEEE/OSA Optical Fiber Communication Conference (OFC)*, March, 2019.
6. Високошвидкісні оптичні мережі доступу/ М.В. Васильківський, Г.Л. Антонюк, О.С. Полуденко, К.О. Коваль. – Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017, №2. – с. 57-62.

**Антонюк Ганна Леонідівна** — аспірант групи АС-20, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: annaantonuik@gmail.com

**Полуденко Ольга Сергіївна** - аспірант групи АС-19, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rtt.poludenko@gmail.com

**Кирилюк Сергій Олександрович** - аспірант групи АС-20, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rtt.poludenko@gmail.com

**Слободянюк Сергій Олександрович** – ст. гр. ТКС – 19 м, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rtt.poludenko@gmail.com

Науковий керівник: **Васильківський Микола Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри ТКСТБ, заступник декана факультету ІРЕН, Вінницький національний технічний університет

**Antonuk Hanna L.** — Department of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : annaantonuk@gmail.com

**Poludenko Olha S.** — Department of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : rtt.poludenko@gmail.com

**Kyrylyuk Serhiy O.** — Department of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : rtt.poludenko@gmail.com

**Slobodyanyuk Serhiy O.** — Department of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : rtt.poludenko@gmail.com

Supervisor: **Vasylykivsky Mykola V.**— Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia