

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО ЧАСУ ЗАТРИМКИ В МЕРЕЖАХ 5G

Гладун В. В.

(Науковий керівник Булашенко А. В., ст. викл.)

Національний технічний університет України

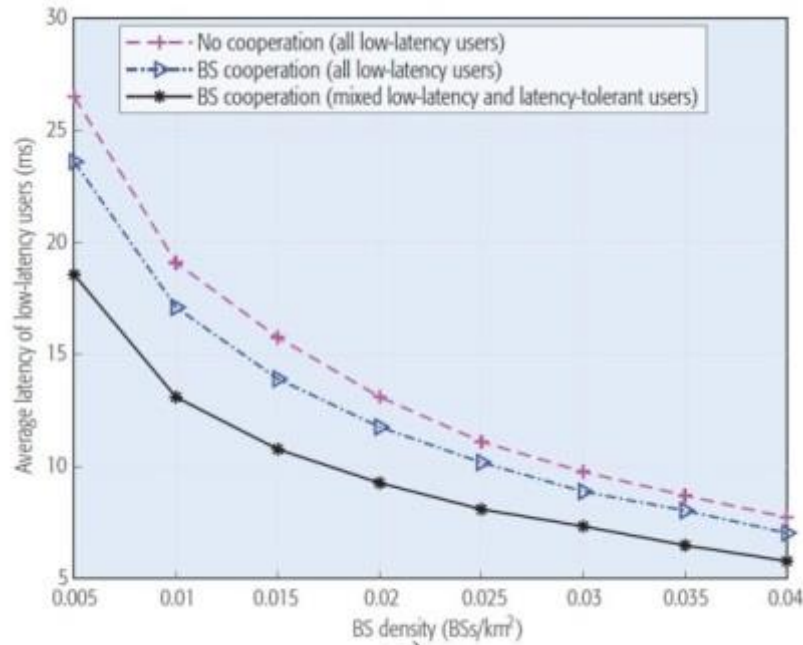
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Радіотехнічний факультет

Сьогодні основними рушіями до розвитку нових мобільних мереж 5G є збільшення об'єму інформації, що передають мобільні мережі, створення нових програм із високою швидкістю передачі даних, зростання кількості пристроїв, що підключаються до мережі, а також поява Інтернету речей (IoT), тактильного Інтернету, Інтернету всього (IoE). Тут одним із ключових питань, які треба вирішити це зменшення затримки сигналу[4]. В 2019 році лікарями у Пекіні було вперше проведено дві дистанційні операції на хребті людини за допомогою технологій 5G. Для швидкодії затримка сигналу має бути якомога меншою. Затримка – інтервал часу від моменту відправлення пакету даних передавачем, проходження через мережу і до отримання його абонентом. Якщо у мережах LTE Advanced затримка становить 10 мс, то мережі 5G потребують її зменшення до 1-0,1 мс [2]. Затримка пакетів даних присутня практично на усіх етапах оброблення та передачі сигналу (рис. 1).

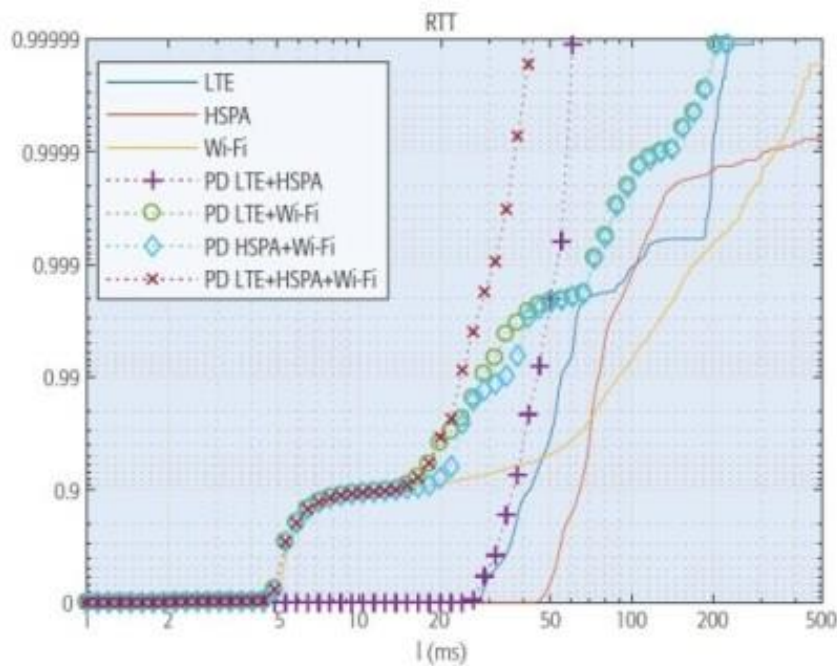


Рис. 1. Етапи передачі сигналу, що вносять затримку

Затримка сигналу залежить від багатьох факторів: щільності розподілу базових станцій (БС), ширини смуги пропускання, часу передачі (ТТІ), кількості абонентів БС та інше [2]. На рис. 2 а наведено графік залежності затримки сигналу від щільності розподілу базових станцій. Також варто звернути увагу на вплив затримки на надійність – чим більша затримка, тим вища надійність інтерфейсу передачі даних (рис. 2 б).



а)



б)

Рис. 2. а) Залежність затримки від щільності розподілу БС; б) Залежність надійності від затримки для різних інтерфейсів

У мережах 5G очікується розвиток технології device-to-device (D2D), що забезпечує прямий зв'язок між мобільними пристроями. Абоненти зможуть обмінюватись даними напряму, без необхідності їх маршрутизації через всю мережу. Зрозуміло, що даний підхід значно скорочує затримку сигналу та зменшує навантаження мережі. Такі технології можна використовувати, наприклад, при моніторингу руху автомобільного транспорту. Це автоматичні миттєві повідомлення про затори, аварії на дорогах, інформація про дорожні

знаки та стани світлофорів, забезпечення безпеки дорожнього руху. Дорожньо-транспортної пригоди на рис. 3 можна уникнути, забезпечивши надійний обмін інформацією в режимі реального часу, що можна реалізувати за допомогою D2D [3].

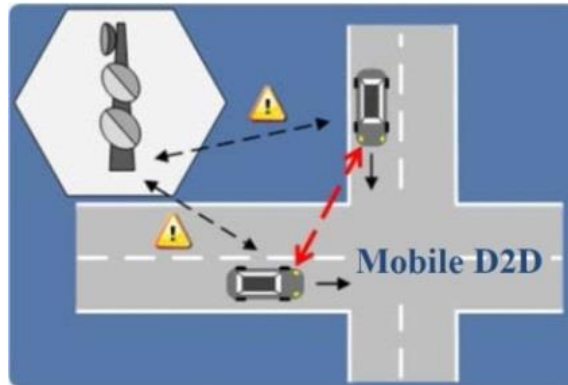


Рис. 3. Приклад дорожньої ситуації

Зменшити затримку сигналу можна також завдяки зменшенню часу передачі (TTI – Time Transmission Interval) [1]. Малий TTI дозволяє передавати дані з більш високою швидкістю. Асоціація 3GPP представила дуже гнучку кадрову структуру для 5G NR, яка дає можливість зменшити тривалість передачі у порівнянні з LTE. Наприклад, може змінюватись інтервал між підносійними (SCS – Subcarrier Spacing) для виконання операцій у різних діапазонах частот. У мережі LTE стандартний розмір SCS становить 15 кГц і може масштабуватися з коефіцієнтом 2^N , де $N = [0, 1, 2, 3, 4, 5]$. Крім того, кількість символів OFDM сигналу за час передачі також може змінюватись. Дотримуючись концепції NR, користувачів можна розмістити на комірках, що складаються з 14 OFDM-символів, або використовувати міні-комірки, що складаються з 1-13 символів. Таким чином, зменшення TTI можна реалізувати зменшенням тривалості символу (збільшенням SCS), або зменшенням кількості символів. Наприклад, TTI тривалістю 0,125 мс може бути реалізованим завдяки розширенню інтервалу між підносійними до 120 кГц ($N=3$).

Значна частина часу затримки вноситься у приймачеві. Типовий LTE-приймач близько 60 % часу обробки витрачає на турбодекодування, а інша частина витрачається на такі операції, як OFDM-обробка, стабілізація та демодуляція [1]. Зменшити час обробки можна, використовуючи код з малою щільністю перевірок на парність LDPC, що узгоджений з 3GPP для 5G NR. Для подальшого зменшення часу обробки пропонується зменшити час надсилання повідомлення гібридного автоматичного повторного запиту (HARQ) шляхом передбачення правильності прийому пакету даних. Якщо прогноз передбачає помилку в пакеті даних, то відразу робити запит на повторну передачу пакету.

Очікується, що мережа 5G буде підтримувати технологію OFDMA, але і деякі нові схеми множинного доступу, такі як SCMA, MUSA, PDMA, що можуть підтримувати більшу кількість з'єднань та покращити ефективність використання частотного ресурсу. Затримка сигналу може бути значно знижена за рахунок збільшення кількості з'єднань шляхом надання гарантованого

доступу до мережі. Компанія Huawei пропонує використовувати в мережах 5G метод SCMA – багатостационарний доступ до мережі, заснований на розріджених кодах [5]. Ця технологія поєднує в собі код низької щільності та технологію модуляції, що вибирає оптимальні коди шляхом кон'юкції, заміщення і повороту фази, і робить таким чином, щоб різні користувачі передавали інформацію на основі привласнених кодових книг (рис. 2). Даний метод кодової модуляції сигналів дозволить забезпечити в 2,7 разу більше користувачів в одній соті, у порівнянні з LTE, що використовують традиційний OFDMA.

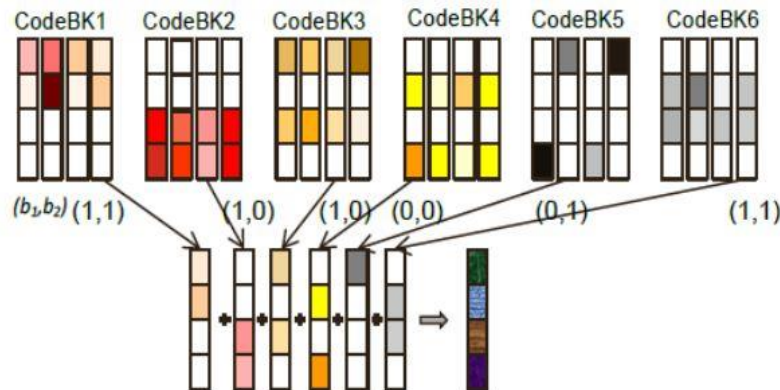


Рис. 4. Кодові книги SCMA

Отже, в ході роботи були розглянуті деякі методи зменшення затримки сигналу в мережі 5G. Навіть, якщо абоненти не помітять переваг нових технологій, у порівнянні з LTE, низькі затримки та висока швидкість передачі даних стануть у нагоді для Інтернету речей, безпілотного транспорту, віртуальної реальності, дистанційної медицини та інших технологій майбутнього.

Література

1. Pucovi G. Achieving Ultra-Reliable Low-Latency Communications: Challenges and Envisioned System Enhancements / G. Pucovi, H. Shariatmadari, G. Berardinelli, K. Pedersen // IEEE Network. – 2018. – Vol. 32, no. 2. – pp. 8-15. DOI: 10.1109/MNET.2018.1700257.
2. Гладун В.В. Забезпечення високої якості мережі 5G за допомогою D2D / В.В. Гладун, А.В. Булашенко // МНТК «РТПСАС», 18 – 24 листопада 2019 р, Київ. – С. 57 – 59.
3. Popovski P. Wireless Access for Ultra-Reliable Low-Latency Communication: Principles and Building Blocks / P. Popovski, J. J. Nielsen, C. Stefanovic, E. Carvalho // IEEE Network. – 2018. – Vol. 32, no. 2. – pp. 8-15. DOI: 10.1109/MNET.2018.1700258.
4. Medbo J. Channel modelling for the fifth generation mobile communications / J. Medbo, K. Borner, K. Haneda, V. Hovinen // The 8th European Conference on Antennas and Propagation, 6-11 April 2014, The Hague, Netherlands. – The Hague: IEEE, 2014.
5. Гнитецький В.А. Забезпечення дуже низьких затримок у стільниковій системі 5G на базі МЕС / В.А. Гнитецький, А.В. Булашенко // МНТК «РТПСАС». 18 – 24 листопада 2019 р, Київ. — С. 153 – 155.
6. Тихвинский В.О. Возможности технологии 5G для создания сетей широкополосного беспроводного доступа в малых и средних населенных пунктах // В. О. Тихвинский // Региональный семинар МСЭ «Оптимальные решения по обеспечению широкополосного доступа в малых и средних населенных пунктах», 17-19 фев. 2015 г., г. Москва.