

## **КОНВЕРГЕНТНА ГЕТЕРОГЕННА МЕРЕЖА ІЗ КОМУНІКАЦІЄЮ D2D**

<sup>1</sup> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;

### **Анотація**

*Запропоновано модель конвентгентної гетерогенної мережі, що поєднує в собі мобільну мережу та безпроводну локальну мережу із зв'язками D2D та проаналізована продуктивність такої мережі.*

**Ключові слова:** мережа 5G, гетерогенна мережа, пристрій-пристрій, конвентгентна мережа.

### **Abstract**

*A model of a convergent heterogeneous network that combines a mobile network and a wireless local area network with D2D links is proposed and the performance of such a network is analyzed.*

**Keywords:** 5G network, heterogeneous network, device-to-device, converged network.

### **Вступ**

Щоб задовольнити постійно зростаючий бездротовий сервіс ефективно формувати конвентгентну мережу, використовуючи між мережевий механізм такий як ресурси гетерогенних безпроводних мереж для ефективного узгодження. Незважаючи на потенційні переваги конвентгентної мережі, її продуктивність потребує подальшого вдосконалення, особливо на межі комірків та сільські райони, де є лише одна мережа в наявності.

Для подальшого покращення продуктивності конвентгентної мережі, що складається із мобільної мережі LTE-A та бездротова локальна мережа IEEE 802.11n. Три основні технічні виклики, які ускладнюють розподіл ресурсів є: розподіл ресурсів із захопленням різноманітних технологій мереж радіо доступу, вибір користувацьких моделей зв'язку від декількох мереж до максимальної кількості та підвищення підсилення та управління інтерференцією.

Задача вирішується шляхом подання схеми розподілу ресурсів, яка виконує вибір режиму, розподіл ресурсів WLAN та розподіл ресурсів мережі LTE-A в трьох різних часових масштабах. Схема розподілу ресурсів напіврозподілена та реалізована в базовій конвентгентній мережі зв'язку з D2D та досяжна ефективність поліпшення демонструються через результати моделювання.

Багато робіт у літературі присвячено конвентгентним мережам [1-6] та лініям D2D, що лежать в основі безпроводного зв'язку мереж [7-14]. Але як покращити роботу мережі для зв'язку D2D можна досягти за рахунок використання гетерогенних мереж.

Метою роботи є створення методу визначення ефективності за рахунок аналізу ймовірності блокування та середньої кількості користувачів від завантаження системи у інтегральній гетерогенній мережі доступу.

### **Результати дослідження**

Конвентгентна мережа може не надавати підвищення продуктивності мережі в таких областях, як межі комірків або сільські райони, де доступна лише одна мережа. Зв'язок між пристроєм (D2D) можна застосувати в цих сферах для покращення продуктивності мережі, оскільки вона дозволяє безпосередньо спілкуватися між вихідним і кінцевим користувачами, що знаходяться в безпосередній близькості, і за допомогою включення стрибка та повторно використовувати підсилення мережі [5]. Підсилення стрибка – це результат посилення D2D з використанням або висхідної лінії зв'язку (UL), або лише ресурси низхідній лінії зв'язку (DL). Підвищення повторного використання досягається одночасним використанням одного і того ж набору ресурси як для традиційних (тобто,

ретрансляційних комунікацій через базові станції) та каналів зв'язку D2D. Тому для досягнення продуктивності мережі потрібне удосконалення у всій конвергентній мережі, а зв'язок D2D можна увімкнути у конвергентну мережу.

Лежача в основі стільникової / бездротової локальної мережі D2D мережа зв'язку, що складається із стільникової мережі LTE-Advanced (LTE-A) та безпроводної локальної мережі IEEE 802.11n, оскільки вони забезпечують високу швидкість передачі даних при широкому покритті області із підтримкою QoS. Модель системи зображена на рис. 1. Покращені NodeB (eNB) (або базова станція) мереж LTE-A та WLAN точки доступу (AP) з'єднані між собою через LTE-A розвинену мережу пакетних ядер (EPC) та постачальник послуг Інтернету (ISP). Синхронізація AP з мережею LTE-A досягнуто за допомогою протоколів синхронізації, наприклад, IEEE 1588-2008 та мережевий протокол часу версія 4 (NTPv4) за допомогою резервних передач Ethernet підключений до AP. Користувачі можуть отримати доступ послуги, що підключаються до однієї мережі (наприклад, UE8) або одночасно підключається до декількох мереж, що використовують багатофункціональну функцію UE (наприклад, UE9). У цій системі підтримується мережа (або керований оператором) D2D-зв'язок. Використовуючи традиційний режим, користувачі спілкуються з eNB або AP (наприклад, UE8). Використання Режиму D2D, джерела та цільові користувачі в близькості безпосередньо спілкуються один з одним (наприклад, UE4 та UE5). Ці зв'язки D2D можуть бути встановлені за допомогою декількох мереж у конвергентних мережах; наприклад, зв'язок D2D між UE1 і UE2 можна встановити протягом як мережа LTE-A, так і WLAN. Крім того, коли користувачі D2D не знаходяться в межах покриття AP, може бути посиленням D2D великої потужності, що встановлена між користувачами, з'єднавши UE безпроводні радіостанції за допомогою мережі LTE-A. Для з'єднання радіостанцій WLAN, доречно управління інформацією та автентифікацією повідомити запитом, що надсилаються відповідно через LTE-A мережа.

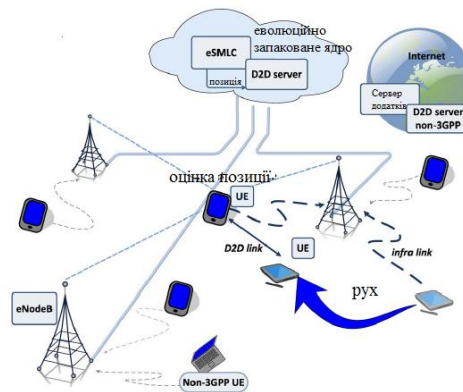


Рис. 1. Конвергентна гетерогенна мережа

На рис. 2 подана реалізація системи, що складається з мережі LTE-A та IEEE 802.11n WLAN, що працюють в тактових частотах 2.1 та 2.4 ГГц смугами пропускання відповідно. Показано напіврозподілену реалізацію. В ній зменшується сигналізація накладних та сигнальних затримок, що розподіляють обчислювальний тягар по мережах та запобігає єдиному точка відмови. Різні функції схема розподілу ресурсів виконується в AP, eNB та централізований сервер управління (CCS), який підключений до LTE-A EPC через мережевий шлюз пакетної передачі даних (PDNGW). AP та CCS спілкуються через шлюз доступу до WLAN (WAG), еволюційний пакетний шлюз даних (ePDG) та PDN-GW. Ресурси eNB та CCS спілкуються через сервісне обслуговування шлюзу (S-GW) і PDN-GW. Вибір режиму здійснюється на CCS. Для визначення режиму користувача, середнє підсилення каналу для обох традиційних та потенційних каналів D2D надсилаються до CCS. Так визначається режим користувача, вибрані режими інформували AP та eNB про налаштування ліній.

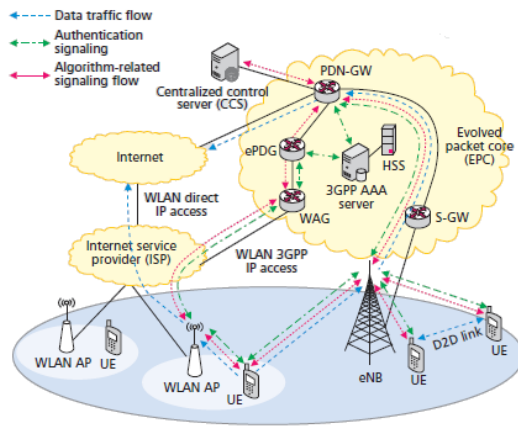


Рис. 2. Схема напіврозподіленого розподілу ресурсів

Відповідно до пропускної здатності та продуктивності CI показано на рис. 3, стільникова бездротова конвергентна мережа забезпечує вищу продуктивність, ніж звичайна система. Схема забезпечує подальше удосконалення ефективності, а її продуктивність збільшується з D. Коли D збільшується, може бути більше зв'язків D2D встановлено, оскільки кількість потенційних D2D користувачів у системі збільшується з D. Як результат, продуктивність запропонованої схеми збільшується при D. Коли  $D = 40\%$  відсотків, запропонована схема покращує пропуску здатність в 3.4 і 10 разів порівняно з пропуску здатністю, досягнутої в стільниковій конвергентній WLAN мережі та звичайній системі відповідно. Причини такого підвищення ефективності - це спільний розподіл ресурсів в декількох мережах, експлуатація кращих бездротових каналів між користувачами в близькості, реалізація повторного використання переваги використання посилення D2D на основі WLAN та ефективне використання ортогональних та не ортогональних ресурсів для управління інтерференцією. Ця робота порівняння демонструє пропуску здатність та поліпшення якості, що можна досягти конвергування декількох мереж та включення D2D зв'язків в межах конвергентної мережі.

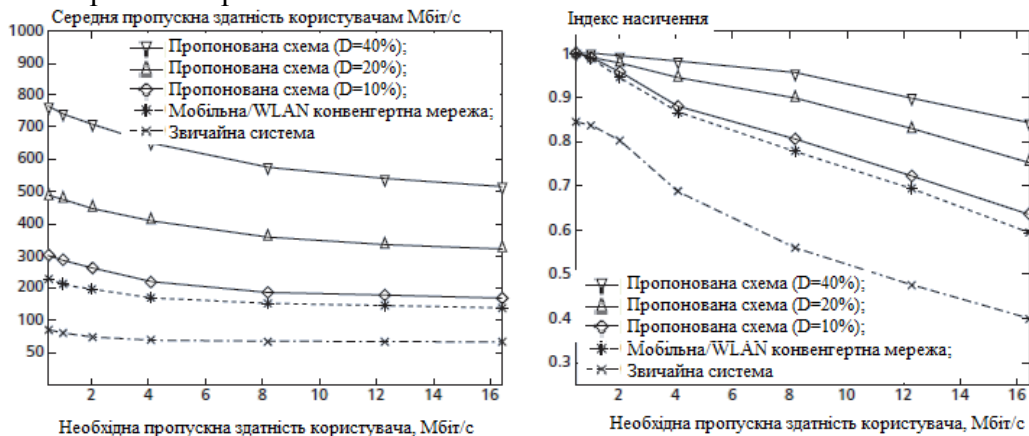


Рис. 3. Залежність середньої пропускної здатності та індексу насичення від необхідної пропускної здатності

### Висновки

Таким чином, ми дослідили розподіл ресурсів конвергентної мережі зв'язку із технологією D2D, що містить LTE-A мережі, безпроводні локальні мережі IEEE 802.11n. Ресурс запропонованої схеми розподілу для максимального використання пропуску здатність системи, що задовольняє якість QoS. Запропонована схема була розроблений на основі різних технологій мереж PHY та MAC та керувати інтерференцією та зменшення високої складності і накладні сигнали, викликані режимом процес відбору. Результати моделювання продемонстрували, що запропонована схема значно покращує системну пропуску здатність та задоволення QoS.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ferrus R. Interworking in heterogeneous wireless networks / R. Ferrus, O. Sallent, R. Agusti // IEEE Wireless Communications. – 2010. – Vol. 17, No.2. – pp.22-31. DOI: 10.1109/MWC.2010.5450657.
2. Peng M. Self-configuration and self-optimization in LTE-advanced heterogeneous networks / M. Peng, D. Liang, Y. Wei // IEEE Communications magazine. – 2013. – Vol. 51, No.5. – pp.36-45. DOI: 10.1109/MCOM.2013.6515045.
3. Andreev S. Intelligent access network selection in converged multi-radio heterogeneous network / S. Andreev, M. Gerasimenko, O. Galinina // Wireless Communications. – 2014. – Vol. 21, No. 6. – pp. 86-96. DOI: 10.1109/MWC.2014.7000976.
4. Гнитецький В.А. Забезпечення дуже низьких затримок у стільниковій системі 5G на базі MEC / В.А. Гнитецький, А.В. Булашенко // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 18 – 24 листопада 2019 р — Київ, 2019. — С. 153 – 155.
5. Демченко І.В. Перспективи розвитку технологій 5G / І.В. Демченко, А.В. Булашенко // Матеріали II всеукраїнська науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Радіоелектроніка в XXI столітті». — Київ: КПІ, 14-16 травня 2019. — С. 31 – 33.
6. Маленчик Т.В. Алгоритм подавлення завад у режимі псевдовипадкового переналаштування частоти / Т.В. Маленчик, А.В. Булашенко // 23-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Конференція «Інформаційні радіотехнології та технічний захист інформації», Т.3 — Харків: ХНУРЕ, 16-18 квітня 2019. — Т.3. — Р. 129 – 130.
7. Fodor G. Design aspects of network assisted device-to-device communications / G. Fodor, E. Dahlman, G. Mildh, S. Parkvall, N. Reider, G. Miklos, Z. Turanyi // IEEE Communications Magazine. – 2012. – Vol. 50, No. 3. – pp. 170-177. DOI: 10.1109/MCOM.2012.6163598.
8. Feng D. Device-to-device communications underlying cellular networks / D. Feng, L. Lu, Y. Yuan-Wu, G.Y. Li, G. Feng, S. Li // IEEE Transactions on Communications. – 2013. – Vol. 61, No. 8. – pp. 3541-3551. DOI: 10.1109/TCOMM.2013.120787.
9. Гладун В.В. Забезпечення високої якості мережі 5G за допомогою технології D2D / В.В. Гладун, А.В. Булашенко // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 18 – 24 листопада 2019 р — Київ, 2019. — С. 57 – 59.
10. Цапков С.В. Метод перехресної ентропії для зниження відношення PAPR в системах OFDM / С.В. Цапков, А.В. Булашенко // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 18 – 24 листопада 2019 р — Київ, 2019. — С. 51 – 53.
11. Гладун В.В. Система вигризки на основі D2D / В.В. Гладун, А.В. Булашенко // Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року. – Суми: Сумський державний університет, 2020. — С. 166 –167.
12. Демченко І.В. Технології слайсинга у мережі 5G // І.В. Демченко, А.В. Булашенко // 23-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Конференція «Перспективи розвитку інфокомунікацій та інформаційно-вимірювальних технологій», Т.4 — Харків: ХНУРЕ, 16-18 квітня 2019. — Т.4. — Р. 129 – 130.
13. Ляшко Д.Г. Спільне використання ресурсів D2D та мобільного зв'язку / Д.Г. Ляшко, А.В. Булашенко // Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року. – Суми: Сумський державний університет, 2020. — С. 170 –171.
14. Яценко С.В. Модель OFDM з цикло-стаціонарним визначенням спектру / С.В. Яценко, А.В. Булашенко // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 18 – 24 листопада 2019 р — Київ, 2019. — С. 192 – 194.

**Гладун Віктор Вадимович** — студент групи PI-71, радіотехнічного факультету, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, e-mail: victor.gladun2000@gmail.com;

**Булашенко Андрій Васильович** — ст. викл. кафедри теоретичних основ радіотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ.

**Gladun Victory V.** — Department of Radio Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, email: victor.gladun2000@gmail.com;

**Bulashenko Andrew V.** — senior lecture of the chair of theoretical foundations of radio engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv