

**М.В. Васильківський, С.О. Кирилюк, Д.О. Жупанов**  
(Україна, Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

## **ВИСОКОШВИДКІСНІ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ ДЛЯ ТАКТИЛЬНОГО ІНТЕРНЕТУ**

**Анотація.** Досліджено науково-обґрунтовані методи побудови мереж зв'язку п'ятого покоління (5G) при реалізації вимог тактильного Інтернету по забезпеченню мінімальної затримки інформаційних сигналів.

**Ключові слова:** 5G, тактильний Інтернет, кругова затримка сигналу, MEC та D2D технології, інфокомунікаційна мережа.

**Abstract.** The scientifically grounded methods of construction of the fifth generation communication networks (5G) in the implementation of the requirements of the tactile Internet for ensuring the minimum delay of information signals are investigated.

**Keywords:** 5G, tactile internet, circular signal delay, MEC and D2D technologies, infocommunication network.

### **Вступ**

При реалізації тактильного Інтернету в інфокомунікаційній мережі передбачається не тільки передача телефонії, відео та даних, але і тактильних відчуттів. Основною вимогою до мереж з боку концепції Тактильного інтернету є забезпечення кругової затримки сигналів величиною в 1 мс.

Враховуючи, що сучасні мережі розраховані на значення затримки в 100 мс, можна стверджувати, що реалізація програм Тактильного інтернету вимагатиме перегляду основних принципів побудови мереж зв'язку при використанні 5G технології [1]. Враховуючи малу кількість науково-дослідних робіт у цьому напрямку, можна вважати актуальною метою роботи дослідження та розробку методів побудови мереж зв'язку п'ятого покоління 5G, що забезпечують виконання вимог концепції Тактильного інтернету.

### **Основна частина**

Використання D2D взаємодій спільно з мобільними граничними обчисленнями також забезпечує додаткові переваги для стільникових мереж [2, 3]. Далі розглянемо структуру мережі 5G, що базується на D2D взаємодіях і багаторівневої хмарної системі граничних обчислень. Запропонована система складається з чотирьох основних частин з точки зору її обчислювальних можливостей для обслуговування вхідного інформаційного трафіку.

Системи 5G використовують гетерогенні типи стільників таким

чином, що стільники з прогнозованою великою щільністю користувачів використовують міні хмари, а стільники з меншою щільністю користувачів використовують мікро хмари. При цьому кожна група мікро хмар може бути безпосередньо пов'язана з міні хмарою.

Міні хмара має ще більші обчислювальні можливості ніж мікро хмара та може обслуговувати стільники як і мікро хмара. Міні хмара є більш потужним центром обробки даних, яка може обслуговувати, управляти і здійснювати моніторинг мікро хмар [5].

Використання технології D2D взаємодії спільно з багаторівневою системою граничних хмар підвищує гнучкість мережі 5G. До переваг запропонованої структури можна віднести.

Зменшення затримки встановлення зв'язку за рахунок використання технологій D2D багаторівневих хмар. Зменшення ймовірності перевантаження мережі. Досягнення більшої пропускнує спроможності. Збільшення енергетичної ефективності. Збільшення покриття в стільнику. Підвищення спектральної ефективності.

### **Висновки**

Запропонована багаторівнева система являє собою розвиток систем хмарних обчислень для мереж зв'язку від централізованої системи до гетерогенної розподіленої системи.

Розглянутий алгоритм вивантаження трафіку для запропонованої багаторівневої системи граничних обчислень забезпечує необхідні значення затримки і енергетичну ефективність, що дозволяє не тільки зменшити навантаження на ядро інфокомунікаційної мережі і ймовірність перевантаження, а й реалізувати послуги тактильного Інтернету.

### **Література**

1. Атея, А.А. 5G Граничные вычисления на базе D2D коммуникации / Атея, А.А.; Мутханна, А.С.; Филимонова, М.И. // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018) VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сборник научных статей. В 4-х томах. Под редакцией С.В. Бачевского. 2018. С. 66-70.
2. Атея, А.А. Интеллектуальное ядро для сетей связи 5G и тактильного интернета на базе программно-конфигурируемых сетей / А.А., Мутханна, А.С., Кучерявый, А.Е. // Электросвязь. 2019. № 3. С. 34-40.
3. Атея, А.А. Многоуровневая облачная архитектура для услуг тактильного интернета, «Электросвязь», // Атея, А.А.; Выборнова, А.И.; Кучерявый, А.Е./ №2, 2017.