

67-72-79/1  
17.06.16

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Хайдер Худхаір Аббас Аль-Заяді на тему "Підвищення якості сприйняття послуг для абонентів мереж 4G на основі моделі сервісної архітектури LTE", що подана до захисту на здобуття

наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

**Актуальність теми роботи.** Мобільні телекомунікаційні системи стрімко розвиваються на фоні появи Інтернету речей та Cloud Computing. Ці технології дають змогу абоненту на декілька порядків розширити сфери використання кінцевих мобільних пристроїв, проте і вимагають від комунікаційної технології суттєвого збільшення пропускної здатності та якості обслуговування. Виходячи з вищесказаного, можна стверджувати, що дисертаційна робота Хайдер Худхаір Аббас Аль-Заяді є своєчасною, оскільки вирішує протиріччя між необхідністю підвищення пропускної здатності, якості обслуговування і сприйняття послуг та обмеженістю каналного ресурсу мобільних мереж за технологією LTE і його використанням у складних умовах безпроводного передавання даних.

Додатковим аргументом на користь актуальності теми роботи може служити тендер на частотний діапазон під впровадження технології LTE в Україні, проведення якого заплановане на кінець 2017 року. Отже, проведення досліджень, що стосуються аспектів технології LTE, в нашій державі викликає підвищену цікавість.

Отже, сформульована у роботі наукова задача підвищення якості сприйняття послуг у мережах LTE на основі адаптації радіоканалу, покращення показника справедливості розподілу ресурсів та удосконалення міжрівневої взаємодії сервісної архітектури LTE є актуальною.

**Загальна характеристика роботи.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та

додатку. Робота викладена на 145 сторінках, включаючи 109 сторінок основного тексту. Перелік використаних джерел містить 103 найменування.

У вступі подано загальну характеристику дисертаційної роботи, обґрунтовано всі основні її положення та подано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У першому проаналізовано основні завдання із забезпечення QoE (Quality of Experience) і QoS (Quality of Service) в безпроводних мобільних мережах покоління 4G. Встановлено, що відсутній комплексний підхід до підвищення пропускної здатності з одночасним забезпеченням якості сприйняття послуг на основі підвищення справедливості розподілу ресурсів між абонентами в комірці LTE.

У другому розділі представлено математичні моделі компонентів радіоканалу LTE, які дають можливість адаптувати пропускну здатність мережі, якість обслуговування і якість сприйняття послуг до умов середовища між абонентом та базовою станцією.

У третьому розділі проведено дослідження пропускної здатності та якості обслуговування в LTE із застосуванням нових та удосконалених моделей і методів управління ресурсами та формування пропускної здатності для висхідного та низхідного фізичних каналів.

У четвертому розділі проведено дослідження набору параметрів, які впливають на пропускну здатність, якість обслуговування та якість сприйняття інфокомунікаційних послуг. Це дослідження базується на розроблених у третьому розділі методах та моделях, а також враховує аспекти стандарту LTE, моделі яких подано у другому розділі.

В додатку А до роботи подано акти про використання її результатів.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, наданих в дисертації, їхня достовірність.** Обґрунтованість та достовірність отриманих у дисертаційній роботі нових наукових результатів забезпечено за рахунок коректного використання добре апробованих математичних підходів, що широко використовуються у процесі дослідження безпроводних

телекомунікаційних систем та мереж, а також шляхом чіткого трактування отриманих результатів дослідження з урахуванням прийнятих наближень.

**Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі.**

Вперше запропоновано модель групової відеотрансляції у мережі LTE, яка є багат шаровою та забезпечує адаптивні сигнально-кодові конструкції для передавання даних, що у сукупності дає змогу отримати об'єктивну оцінку якості сприйняття послуги та справедливості розподілу ресурсів.

Удосконалено модель каналоутворення за технологією LTE, яка враховує процес діаграмоутворення, кількість портів MIMO та структуру OFDM символів. Це забезпечує підвищення пропускну здатності виділеного для користувача каналу.

Набув подальшого розвитку метод розподілу ресурсів нульового типу в радіоканалі LTE шляхом урахування співвідношення між необхідною та наданою пропускну здатністю, що дає змогу розрахувати справедливість розподілу частотно-часових ресурсів в середньому у мережі.

Набув подальшого розвитку метод розподілу ресурсів першого типу в радіоканалі LTE з використанням віконного механізму групування абонентів за значенням співвідношення сигнал/шум, що дало змогу підвищити середню якість сприйняття послуг у комірці мережі.

**Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях.** Основні результати, які отримані в дисертаційній роботі, опубліковано в 23 наукових працях, серед них – 2 статті у іноземних фахових виданнях, 8 статей у виданнях, що входять до переліку МОН України та індексуються у міжнародних науково-метричних базах даних, 13 публікацій у збірниках праць міжнародних і всеукраїнських конференцій.

Опубліковані праці повністю висвітлюють основні результати дисертації, які також пройшли всебічну апробацію і отримали схвалення провідних фахівців у сфері телекомунікацій.

**Відповідність дисертації встановленим вимогам.** Оформлення дисертації відповідає вимогам до дисертаційних робіт. Автореферат дисертації повністю відповідає змісту дисертаційної роботи, висвітлює всі отримані результати, сформульовані висновки та запропоновані рекомендації. Стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

**Важливість для науки і народного господарства одержаних результатів та шляхи їх використання.** Використання удосконаленої моделі каналотворення дало змогу підвищити пропускну здатність радіоканалу LTE до 25. % та створило передумови для використання індикатора якості каналу з метою удосконалення міжрівневої взаємодії сервісної моделі LTE. Досягнуто підвищення справедливості розподілу ресурсів нульового типу у комірці LTE у середньому на 30%. Дослідження стратегій розподілу ресурсів у процесі надання послуги групової відеотрансляції показало, що для швидкості кодування символів 120 ксим/с стратегія максимізації показника якості сприйняття забезпечує на 34% вищий рівень показника QoE, однак стратегія максимізації показника справедливості розподілу ресурсів дає змогу на 21% підвищити цей показник.

Результати роботи використано у компанії Horizon Scope Mobile Telecom (м. Багдад Аль-Мансор, Ірак), у ПП «Цифрові технології» (м. Львів) для покращення якості обслуговування абонентів при наданні мультимедійних послуг, у навчальному процесі кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка».

#### **Зауваження до дисертаційної роботи**

1. Не до кінця обґрунтовано застосування S-подібної кривої у якості моделі, що встановлює зв'язок між показником якості сприйняття послуг та швидкістю кодування символів даних. Інтуїтивно мотивація такого вибору зрозуміла, однак варто було навести порівняння з альтернативними моделями.

2. Варто було б сформулювати та вирішити оптимізаційну задачу, пов'язану з встановленням оптимальних коефіцієнтів розподілу ресурсів

у моделі багатошарової відеотрансляції, які стосуються стратегій максимізації якості сприйняття та максимізації показника справедливості розподілу ресурсів.

3. Не до кінця зрозумілим є вигоду від застосування запропонованої технології діаграмоутворення, яка поєднує однокористувацький та багатокористувацький режими роботи. Ці режими зазвичай застосовуються в окремих випадках.

4. Отримані з використанням моделі групової відеотрансляції результати не дають змогу однозначно судити про переваги тієї чи іншої стратегії розподілу ресурсів. Значно спростити розуміння міг би інтегрований показник, що врахував би обидва показники – якості сприйняття та справедливості розподілу ресурсів.

5. Окремий матеріал з другого розділу носить теоретико-аналітичний характер, а отже його слід було розмістити у першому розділі.

6. У четвертому розділі бракує рекомендацій щодо використання отриманих результатів, проте цей недолік частково нівелює наявність актів про використання результатів роботи.

7. У тексті дисертаційної роботи присутні окремі термінологічні двозначності, які ускладнюють сприйняття результатів.

Слід зазначити, що наведені зауваження не змінюють загальну позитивну оцінку наукової значимості і практичної цінності дисертаційної роботи

#### **Загальні висновки**

1. Дисертаційна робота Хайдер Худхаір Аббас Аль-Заяді на тему "Підвищення якості сприйняття послуг для абонентів мереж 4G на основі моделі сервісної архітектури LTE" є завершеною науковою працею, що містить нові науково обґрунтовані результати, важливі для подальшого розвитку систем мобільного зв'язку 4-го покоління на основі технології LTE.

2. Сукупність наукових положень, сформульованих та обґрунтованих у дисертаційній роботі становить вирішення наукової задачі підвищення якості сприйняття послуг у мережах LTE на основі адаптації радіоканалу, покращення показника справедливості розподілу

ресурсів та удосконалення міжрівневої взаємодії сервісної архітектури LTE.

3. Структура дисертаційної роботи є обґрунтованою, за змістом робота відповідає вимогам Паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі, а автореферат об'єктивно і з необхідною повнотою відображає зміст і основні положення дисертації.

4. За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями дисертаційна робота Хайдер Худхаір Аббас Аль-Заяді на тему "Підвищення якості сприйняття послуг для абонентів мереж 4G на основі моделі сервісної архітектури LTE" відповідає вимогам пп. 9, 11, 12, "Порядку присудження наукових ступенів", а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри телекомунікаційних систем  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки



Д.В. Агеєв

Підпис проф. Агеєва Д.В. засвідчую:

Учений секретар  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки



І.В.Магдаліна