

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**СЕМЕГЕН АНДРІЙ МИХАЙЛОВИЧ**

УДК 621.395.743

**ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ПЕРЕДАЧІ МЕРЕЖІ LTE 4G**

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2018

Роботу виконано на кафедрі радіотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук,  
завідувач кафедри радіотехнічних систем  
**Дунець Василь Любомирович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри біотехнічних систем  
**Дедів Леонід Євгенович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 21 лютого 2018 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №25 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-612.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Тенденція, коли в головній ролі виступає передача даних, всі очевидніше проявляє себе в глобальному розвитку зв'язку мобільної індустрії. В даний час люди звикли до великих швидкостей мобільного Інтернету і він стає такою ж необхідністю в повсякденному житті, як колись фіксований.

Подальшим формуванням світових телекомунікаційних технологій в галузі мобільного зв'язку вважається розробка і впровадження стандартів 4G, які забезпечать величезні швидкості передачі даних і, відповідно підвищать якість пропонованих користувальницьких послуг і знизять витрати у використанні телекомунікаційного обладнання.

Одним із способів, призначених для вирішення актуальних завдань в сучасних телекомунікації, є застосування технології Long Term Evolution (скорочено, LTE-технології). Відповідно, мережі стільникового зв'язку, які реалізовані на основі даного стандарту, називають LTE-мережі.

Сьогодні майже ні у кого немає сумнівів в тому, що технологія LTE має найбільшу перспективу в широкосмугового мобільного зв'язку. Хоча мережа LTE в даний час використовується здебільшого в цілях доступу в Інтернет, звичайно, передача даних буде не єдиною послугою, яка надається в цих мережах. Оператори, як і раніше, отримують основний дохід від телефонії, і навіть незважаючи на швидке зростання трафіку, для них дуже важлива можливість збереження послуги передачі голосу і SMS. Проблема в тому, що LTE, будучи технологією «AllIP», передачу голосу не підтримує в тому сенсі, в якому ми це розуміємо на прикладі традиційних мереж GSM / UMTS. Теоретично, завдяки відмінним характеристикам (малі затримки і висока швидкість), мережу в змозі забезпечити той рівень якості мови, який надавали технології попередніх поколінь, а може і краще.

**Мета роботи:** розгляд технології LTE як варіант побудови мультисервісної мережі та можливості передачі не тільки даних, а також відео та голосового сигналу через мережу LTE 4G. **Методи виконання роботи:** економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретико-емпіричний.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Основним об'єктом дослідження є зв'язок нового покоління LTE 4G.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

Новий метод передачі інформації з допомогою радіозв'язку що є набагато швидшим і якіснішим ніж мережі попередніх поколінь.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у тому, що надає переваги перед зв'язком старших поколінь у багатьох аспектах будучи це швидкістю передачі, ширина смуги, чи кількість абонентів що активні водночас.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів 16-17 листопада 2017 року.

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 120 сторінки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** шляхом аналізу та порівняння відомих мереж передачі даних обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

**У першому розділі** «Технологія LTE» було описано технологію 4G LTE, що являє собою технологію нового покоління для передачі інформації з допомогою радіохвиль. Досліджено базовий принцип роботи цієї технології. На основі отриманих результатів було проведено порівняння з іншими технологіями передачі інформації 3G, HSDPA, GSM т.п. Розглянуто особливості реалізації каналів передачі інформації з допомогою мережі технології четвертого покоління 4G LTE, описано проблему передачі голосу у цій мережі. Проведено аналіз можливих на-прямків розвитку технології 4G LTE.

**У другому розділі** «Реалізація передачі голосу в мережі LTE» було описано проблему передачі голосу в мережі четвертого покоління 4G LTE. Проаналізовано основну конкурентну технологію передачі відео і голосової інформації: Over The Top сервіси. Досліджені і описані 3 основні методи передачі голосу з допомогою технології LTE 4G. Розглянуті їхні переваги і недоліки, виконано порівняння цих технологій між собою. Дослідження Circuit Switched Fall-Back, Voice over LTE Generic Access та IMS-based Voice Services проводилось з урахуванням і вирішенням проблем узгодження мережі четвертого покоління 4G LTE із попередніми поколіннями радіозв'язку.

**У третьому розділі** «Експериментальна частина» Користуючись програмою для імітації з'єднання мережі четвертого по-коління 4G LTE із мережею UMTS / GSM проведено вимір тривалості затримки між терміналами. Виміри були проведені при різній завантаженості мережі які вплинули на тривалість затримки. Проведено розрахунок пікових швидкостей передачі.

**У четвертому розділі** «Розрахунок технологічних характеристик мережі» проведено розрахунок мережі четвертого покоління 4G LTE. Розраховано ефективність використання смуги пропускання, ефективність потужності сигнал / шум, опорного рівня сигналу, кількість абонентів та радіус покриття.

**У розділі** «Спеціальна частина» представлені дві програми що використовувались при виконанні даної роботи: Mathcad та HUAWEI Local Maintenance Terminal. Описаний вклад даних програм для спрощення виконання завдання та представлені вигляд інтерфейсу даних комп'ютерних програм.

У розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 58386,70 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» об'єкти зв'язку, радіомовлення і телебачення є найважливішим методом передачі інформації, тому їх робота є необхідною мірою для вчасного оповіщення про НС, що можуть зашкодити населенню. Стійкість роботи систем раннього виявлення НС на ННО забезпечить завчасне виявлення надзвичайних ситуацій і уникнення шкоди Персоналу підприємства на населенню.

У розділі «Екологія» встановлено що електромагнітне випромінювання відіграє важливу роль в житті людини, але не варто забувати про його шкідливий вплив на людей і інших живих істот. Тому слід зменшувати його вплив на довкілля якомога частіше. Створювати загорожі і безпечні зони навколо потужних джерел випромінювання, дотримуватись усіх методів для захисту персоналу що працює на таких установах. Регулярно проводити дослідження і слідкувати за змінами що можуть спричинити такі типи забруднення для того щоб вчасно попередити незворотну шкоду нашій планеті.

У додатках наведено витяг статті про дану роботу із матеріалів VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 16-17 листопада 2017.

## ВИСНОВКИ

Для вирішення проблеми було проведено детальний огляд конкурентоспроможних технологій, що дозволяють реалізувати послугу з передачі голосу в мережі LTE. Зроблено аналіз і детально викладені принципи роботи представлених технологій, виявлено переваги та недоліки кожної з них. Методом порівняння обраний найбільш відповідний спосіб вирішення проблеми організації голосових послуг.

Проведено експериментальне дослідження обраного стандарту передачі голосу CS Fallback. Ретельно вивчені недоліки, а саме підрахунок часу і затримок, обумовлені цією технологією. проведено дослідження впливу параметрів мережі і характеру підключень на затримки.

Результати дослідження показали, що затримки існують і можуть вплинути на якість обслуговування. Запропоновано варіант з впровадженням технології CSFB з подальшим оновленням до ULTRA-Flash CSFB.

Технологія CS Fallback забезпечить плавний перехід до мереж LTE з послугою передачі голосу. А оновлення дозволить знизити величину затримок і поліпшити інші характеристики мережі.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. А.М. Семеген, В.Л. Дунець канд. техн. наук «Дослідження режимів передачі мережі LTE 4G», Актуальні задачі сучасних технологій. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конфції молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листопада 2017 р.). Том 2. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. – 59 с.

### **АНОТАЦІЯ**

У магістерській роботі розглянуто особливості архітектури мереж четвертого покоління мобільного зв'язку LTE, взаємопов'язана структура транспортних і логічних каналів. Виконано загальний огляд технологій передачі голосу в мережах LTE. Проведено аналіз і докладне вивчення найбільш підходящих методів.

В роботі представленні результати експериментального дослідження обраної технології на основі мережі LTE. Проведено розрахунки технологічних характеристик радіо інтерфейсу стандарту LTE. Запропоновано оптимальний варіант вирішення проблеми організації голосових послуг в мережі LTE і обґрунтовано доцільність впровадження обраної технології.

### **ANNOTATION**

The Master's work includes the architectural features of the fourth (4th) generation of LTE mobile communication and interconnected structure of transport and logical channels. The general overview of the voice broadcast technology in LTE network, analysis and detailed study of the most applicable methods are described in this work.

Work includes the results of chosen method's experimental study based LTE mobile network and the calculations of the technologic characteristics of the LTE standard's radio interface. Based on the study results, the optimal determination for voice service organizational issue in LTE network is given and the chosen technology's implementation practicability is justified.

**Ключові слова:** 4G, LTE, четверте покоління, мережа, методи передачі