

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук,
Чолишкіної Ольги Геннадіївни
на дисертаційну роботу Полігенько Олега Олеговича
“Інформаційна технологія підвищення ефективності роботи базових станцій стільникового оператора”,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології

Актуальність теми дисертації. Одним із головних напрямків розвитку сучасних телекомунікацій є удосконалення існуючих і створення нових поколінь стільникових мереж зв'язку, зокрема, 5-го покоління (5G). Вони найбільш придатні для забезпечення високошвидкісного доступу до інформаційних ресурсів, що є дуже важливим для розширення ринку телекомунікаційних послуг. Необхідність забезпечення високошвидкісного доступу до Інтернету, корпоративних та інших мереж визначає загальносвітові тенденції до збільшення на цьому ринку частки мереж ширококутового бездротового доступу. Поширенню таких мереж сприяють відносно невеликі часові і фінансові витрати на розгортання їх інфраструктури у порівнянні з дротовими мережами та можливість забезпечення ширококутового доступу в тих регіонах, де застосування дротових мереж є економічно недоцільним або неможливим. Тому впровадження новітніх високоефективних стільникових мереж нового покоління можна вважати стратегічним напрямком розвитку забезпечення населення доступними засобами отримання, передачі та поширення інформації.

Постійно зростаючі потреби у високошвидкісному доступі до інформаційних ресурсів стимулюють появу і розвиток нових поколінь стільникових мереж. Підвищення ефективності функціонування цих мереж із урахуванням нових технологій визначає коло задач, які потребують першочергового розв'язання. До найважливіших із цих задач, які визначають інноваційну новизну сучасних телекомунікаційних бездротових систем, належить задачі оцінки та підвищення ефективності їх функціонування. Існуючі методи підвищення ефективності функціонування стільникових мереж зв'язку вже значною мірою не відповідають потребам сучасності, а тому потребують корегування та доповнень.

Слід констатувати, що ключовим елементом будь-якої стільникової мережі є підсистема базових станцій. З неї починається передача даних. Тому дуже важливою і актуальною задачею є саме підвищення ефективності підсистеми базових станцій.

Дисертаційна робота «Інформаційна технологія підвищення ефективності

роботи базових станцій стільникового оператора» Полігенько О.О. пов'язана з реалізацією положень «Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні», «Основними науковими напрямками та найважливішими проблемами фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук НАН України на 2014-2018 роки». Основні наукові результати отримано в рамках НДР: XCast (Horizon 2020); шифр 306-ДБ20, тема «Методи побудови захищених мереж мобільного радіозв'язку на базі мереж 5G в Україні».

Роль автора в зазначених науково-дослідних роботах, у якій дисертант був безпосереднім виконавцем, полягає в розробленні ТЗ на НДР, виборі напрямку досліджень, моделюванні роботи телекомунікаційного обладнання різного призначення.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Дисертаційна робота Полігенько О.О. є кваліфікаційною науковою працею, написаною ним власноручно.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 166 сторінок друкованого тексту, у тому числі містить 34 рисунків та 14 таблиць. Список використаних джерел на 11 сторінках містить 112 найменувань.

У вступі наведені актуальність, мета та завдання дослідження, наукова новизна, практичне значення одержаних результатів, дані про впровадження, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У першому розділі проаналізовано архітектуру сучасних стільникових мереж, а саме 4G та 5G та їх технологічні проблеми. Основними з цих проблем автор вважає наступні: відносно низька швидкість передачі даних, відсутність загальноприйнятої технології передачі голосу, недостатня спектральна ефективність і абонентська ємність LTE, проблеми IP мультимедійної підсистеми (IMS) та інші техніко-економічні проблеми, що не дають повною мірою реалізувати весь закладений потенціал 4G.

Також в роботі розглянуто проблеми, які пов'язані з недостатньою функціональною стійкістю. Забезпечення функціональної стійкості, на думку автора, необхідно виконувати з урахуванням недостатнього фінансування, умов лавиноподібного наростання інформаційних потоків, скорочення часу на обробку інформації та прийняття рішень, зростання вартості втраченої або спотвореної інформації, а також подальшого ускладнення математичних моделей розрахункових завдань з обробки інформації. Все це створює значний вплив на роботу ПБС. З урахуванням означеного вище в роботі проаналізовано методи планування та оптимізації ПБС. Визначено, що планування мобільних мереж зв'язку вимагає великих матеріальних, трудових і часових витрат. Від того, наскільки

якісно воно буде виконано безпосередньо залежить співвідношення «ефективність-витрати», яке є визначальним в умовах ринкової економіки.

В кінці першого розділу здійснено постановку завдань дисертаційного дослідження, які полягають в розробці нових та удосконаленні існуючих методів, моделей та технологій підвищення ефективності ПБС операторів стільникового зв'язку.

У другому розділі наведено вдосконалений метод планування ПБС оператора стільникового зв'язку.

Для його реалізації було проведено вибір і обґрунтування математичної моделі підсистеми базових станцій E-UTRAN. Визначено елементи підсистеми, що впливають на функціональну стійкість. Наведено математичну модель для дослідження функціональної стійкості підсистем базових станцій, що представлено у вигляді неорієнтованого графу з абсолютно надійними вершинами і ненадійними ребрами. Тому, підсистема базових станцій в роботі була представлена у вигляді саме неорієнтованого графу.

Після цього, була сформульована задача синтезу оптимальної структури ПБС, яка зводиться до мінімізації витрат на її побудову при забезпеченні мінімально допустимих обмежень по якості обслуговування абонентів.

При цьому, було проведено оцінку бюджету втрат і зони покриття. Результати розрахунку бюджету втрат в системах LTE показали, що збільшення смуги частот каналу призводить до зменшення допустимих втрат розповсюдження і для збереження енергетичного балансу між каналами «вгору» і «вниз» необхідно обмежувати кількість ресурсних блоків, що припадають на абонентську станцію. Для побудови ефективної ПБС було запропоновано алгоритм вибору обладнання на основі аналізу власних потреб відповідно до якості обслуговування. Для вибору оптимального рішення для множини можливих технічних рішень автором було запропоновано проведення інтегральної багатокритеріальної оцінки.

В результаті використання всіх вище наведених результатів, була розроблена схема вирішення проблеми синтезу оптимальної структури підсистеми БС. Таким чином, традиційна постановка проблеми синтезу базується на мінімізації вартості при обмеженнях на показники ефективності функціонування та надійності.

Однак, слід відзначити, що основною складністю застосування запропонованого методу синтезу структур є труднощі відомості функціоналу якості та обмежень до лінійних функцій в залежності від елементів матриці суміжності графа структури.

Третій розділ дисертаційного дослідження присвячено підвищенню ефективності підсистем базових станцій.

Був запропонований метод розвантаження радіомережі і паралельного використання декількох каналів, а саме технологія Wi-Fi Data Offload, яка націлена на розвантаження операторської мережі від трафіку передачі даних за допомогою Wi-Fi.

Проведено аналіз технології багатоканальної передачі даних Multilink, за допомогою якої, клієнт може одночасно використовувати декілька ліній зв'язку для доставки контенту. Визначено основні процедури встановлення з'єднання для архітектури 5G.

Проведено аналіз ефективності передачі даних з використанням протоколу багатоканальної маршрутизації - MP-TCP, за допомогою якого, клієнт може встановити кілька підключень до одного і того ж хосту призначення через різні мережеві адаптери. На смартфонах Multipath TCP комбінує стільникові мережі та мережі Wi-Fi, підвищуючи пропускну здатність і прискорюючи роботу додатків, чутливих до затримки.

Також був розглянутий протокол MP-QUIC, який поєднує в собі функції HTTP/2, TLS та TCP безпосередньо через UDP, з метою зменшення латентності зв'язку між клієнтом і сервером.

Запропоновано метод підвищення енергоефективності підсистеми базових станцій. Для зниження енергоспоживання потрібно перш за все оновити застаріле обладнання, використовувати виносні радіоблоки і розподілені антенні системи. Також рекомендовано використовувати системи динамічного енергозбереження, які дозволяють відключати або переводити в режим енергозбереження невикористовувані модулі базових станцій. Використання альтернативних джерел енергії дозволить отримувати електричну енергію з енергії поновлюваних або практично невичерпних природних ресурсів і явищ і тих, які замінюють собою традиційні джерела енергії.

Четвертий розділ присвячено інформаційній технології підвищення ефективності підсистем базових станцій операторів стільникового зв'язку. Основний результат застосування розробленої інформаційної технології полягає в отриманні оптимальної архітектури підсистем БС та саме підвищенні ефективності підсистеми БС.

Також в даному розділі на основі використання розроблених та удосконалених в роботі методів, моделей та інформаційної технології було реалізовано програмне забезпечення для планування більш ефективної підсистеми базових станцій оператора стільникового зв'язку.

Наведено опис програмного забезпечення для адаптивного підлаштування розміщення сонячних панелей для підвищення енергетичної ефективності базових станцій. Для цього було розроблено прилад та програмне забезпечення на базі Arduino. Це дозволило підвищити енергетичну ефективність базових станцій.

вих станцій та підвищити коефіцієнт використання альтернативних джерел енергії.

Для гарантування захищеності даного програмного продукту було удосконалено систему захисту програмного забезпечення мобільного оператора на основі техніки обфускації.

Згідно з експериментальними результатами розроблений обфускатор StiK на 10% швидший, а також в 1.37 рази більше захищений, ніж аналоги. Це допомагає підприємствам галузі телекомунікацій забезпечити захист даних від різних типів атак.

Достовірність і новизна отриманих результатів, наукових положень, висновків та рекомендацій. Результати дисертаційної роботи викладені послідовно, систематично, відповідають поставленим в роботі задачам.

Наукова новизна дисертаційної роботи Полігенько О.О. полягає в наступному:

1. Вдосконалено метод планування ПБС оператора стільникового зв'язку.
2. Вдосконалено метод розвантаження радіоінтерфейсу ПБС.
3. Вперше розроблено метод підвищення енергетичної ефективності ПБС оператора стільникового зв'язку.
4. Вперше розроблено інформаційну технологію підвищення ефективності ПБС оператора стільникового зв'язку.

Практична цінність роботи. До практичної цінності представленої роботи слід віднести наступне:

1. Розроблено алгоритм розвантаження інтерфейсу мереж п'ятого покоління із використанням мереж стандартів не-3GPP.
2. Розроблено програмне забезпечення для адаптивного налаштування положення сонячних панелей з метою підвищення ефективності живлення базових станцій.
3. Розроблено програмне забезпечення для планування ПБС стільникових операторів.
4. Удосконалено систему захисту даних мобільного оператора на основі техніки обфускації.

Матеріали дисертаційної роботи упроваджено в діяльність ТОВ «Водафон Україна» та в навчальний процес Національного авіаційного університету та Київського коледжу зв'язку. Використання результатів дисертаційної роботи підтверджено відповідними актами впровадження.

Повнота викладу основних результатів та висновків в опублікованих працях. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 14 наукових праць, в тому числі: 4 статі у фахових виданнях, які включені до переліку МОН, 2 статі у закордонних періодичних фахових виданнях, 8 матеріалів доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях, з них 2 індексуються у наукометричній базі Scopus.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації. Розбіжності між змістом автореферату та змістом представленої дисертаційної роботи відсутні.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності. Дисертаційна робота Полігенько О.О. відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології.

Зауваження до роботи.

1. В першому розділі дисертаційної роботи було проведено змістовний аналіз стільникових мереж 4-го покоління (LTE). При цьому, майже не було приділено належної уваги принципам побудови та функціонування стільникових мереж нового покоління – 5G. Доцільніше було би включити підрозділ із даним аналізом.

2. У другому розділі (п. 2.2) при виборі обладнання для проєктування мережі LTE автором пропонується критерії k , проте повністю не розкрито механізм вибору цих критеріїв. Не розкрито, яким чином при цьому будуть обиратись вагові коефіцієнти для кожного із критеріїв.

3. У другому розділі роботи Рис. 2.7 (Підсистема базових станцій у вигляді неорієнтованого графа) містить виключно вузли мережі LTE, проте в наступних розділах були розроблені, наприклад, процедури розвантаження радіоінтерфейсу із використанням мереж Wi-Fi. Тому доцільно було би на даній схемі вказати вузли мереж Wi-Fi та 5G, а також інтерфейси зв'язку мережі LTE із ними.

4. Узагальнена структура розробленої інформаційної технології містить блок «База даних протоколів транспортної мережі», проте детального аналізу цих протоколів проведено не було.

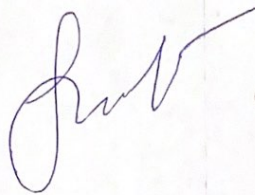
5. З тексту дисертації та автореферату не до кінця зрозуміло, яким чином буде реалізовано розроблену інформаційну технологію на мережі оператора стільникового зв'язку.

6. Не всі використані аббревіатури знайшли своє відображення у списку скорочень.

Загальні висновки

У цілому дисертаційна робота “Інформаційна технологія підвищення ефективності роботи базових станцій стільникового оператора” є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують задачу підвищення ефективності роботи базових станцій стільникового оператора. Дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету міністрів № 567 від 24 липня 2013 року (з останніми змінами від 07 липня 2016 року), а її автор Полігенько Олег Олегович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент,
Кандидат технічних наук, доцент
Декан факультету комп'ютерно-інформаційних технологій
Міжрегіональної Академії управління персоналом



О. Чолишкіна

«28» січня 2021 р.

Підпис офіційного опонента
Чолишкіної Ольги Геннадіївни
засвідчую
Вчений секретар



А. Білоус

«28» січня 2021 р.