

ОПИС ЗАВЕРШЕНОЇ РОЗРОБКИ (ініціативна)

Найменування розробки:

Дослідження архітектурних рішень створення систем мобільного зв'язку 5-го покоління

Исследование архитектурных решений систем мобильной связи 5-го поколения

Research of architectural solutions of 5th generation mobile communication systems creations

1. Номер державної реєстрації: 0116U007011

2. Науковий керівник: д.т.н., професор Кравчук С.О.; д.т.н., професор Кравчук С.А.; PhD., Professor Serhii Kravchuk

3. Суть розробки, основні результати.

Метою роботи було створення теоретичних засад розвитку існуючих і розробки нових методів підвищення ефективності архітектурних рішень створення систем мобільного зв'язку 5-го покоління.

В роботі отримані наступні результати:

1. Проведено класифікацію методів та архітектур кооперативної ретрансляції;
2. Розроблено модель каналу кооперативної віртуальної багатоантенної системи МІМО в безпроводових мережах розподіленої інфраструктури з ретрансляцією та досліджено характеристики ймовірності переривання зв'язку такої інфраструктури.
3. Розроблено алгоритм вибору «кращого» ретранслятора для безпроводових мереж з кооперативною ретрансляцією, який враховує ряд критеріїв (положення ретранслятора, коефіцієнт бітових помилок, енергоспоживання в вузлах ретрансляції), що дозволяє зменшити втрати в тракті і ефект затінення.
4. Запропоновано нову схему кооперативної ретрансляції без підтримки безпосереднього з'єднання між терміналами джерела і цільового приймача. У порівнянні з традиційною схемою кооперативної ретрансляції така схема демонструє більш стабільні характеристики радіоліній в широкому діапазоні зміни загасання між терміналами джерела і цільового приймача.

Целью работы являлось создание теоретических основ развития существующих и разработки новых методов повышения эффективности архитектурных решений создания систем мобильной связи 5-го поколения.

В работе получены следующие результаты:

1. Проведена классификация методов и архитектур кооперативной ретрансляции;
2. Разработана модель канала кооперативной виртуальной многоантенной системы МІМО в беспроводных сетях распределенной инфраструктуры с ретрансляцией и исследованы характеристики вероятности прерывания связи такой инфраструктуры.
3. Разработан алгоритм выбора «лучшего» ретранслятора для беспроводных сетей с кооперативной ретрансляцией, который учитывает ряд критериев (положение ретранслятора, коэффициент битовых ошибок, энергопотребление в узлах ретрансляции), что позволяет уменьшить потери в тракте и эффект затенения.
4. Предложена новая схема кооперативной ретрансляции без поддержки непосредственного соединения между терминалами источника и целевого приемника. По сравнению с традиционной схемой кооперативной ретрансляции такая схема демонстрирует более стабильные характеристики

радиолиний в широкому діапазоні змін згасання між терміналами джерела і цільового приймача.

Робота була спрямована на створення теоретичних основ для розвитку існуючих та розробку нових методів для покращення ефективності архітектурних рішень для створення мобільних систем зв'язку 5-го покоління.

Нижче наведено результати роботи:

1. Класифікація методів і архітектур кооперативного релієвого зв'язку була виконана;
2. Модель каналу кооперативної віртуальної багатантенної MIMO системи в бездротових мережах розподіленої інфраструктури з релієм була розроблена, а характеристики ймовірності переривання зв'язку такої інфраструктури були досліджені.
3. Алгоритм вибору "найкращого" релієвого вузла для бездротових мереж з кооперативним релієм був розроблений, який враховує ряд критеріїв (положення повторювача, коефіцієнт помилки бітів, витрати енергії в вузлах релієвого зв'язку), що дозволяє зменшити втрати в шляху та ефект затінення.
4. Новий спосіб кооперативного релієвого зв'язку без прямого зв'язку між терміналами джерела та цільового приймача запропоновано. У порівнянні з традиційним способом кооперативного релієвого зв'язку, цей спосіб демонструє більш стабільні характеристики зв'язку в широкому діапазоні згасання між терміналами джерела та цільового приймача.

5. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право):

1. Впровадження модифікації протоколу TCP в широкополосних мережах радіодоступу / С.О. Кравчук, Д.А. Міночкін, А.В. Єрмаков, А.В. Кривошеїна // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 76886 від 15.02.2018 р.
2. Патент на корисну модель UA № 136128, Бюл. № 15 від 12.08.2019, Цифровий модем для систем радіорелейного загоризонтного зв'язку / М.Ю. Ільченко, С.О. Кравчук, М.М. Кайдено, Д.В. Роскошний, Л.О. Афанасьєва, І.М. Кравчук. (МПК H04L 27/20, H04L 27/22)

4. Порівняння зі світовими аналогами.

Рівень досліджень відповідає світовому рівню.

5. Економічна привабливість для просування на ринок

Економічна доцільність даної науково-технічної розробки полягає у тому, що використання розроблених наукових основ дозволяє створювати новітні конкурентоспроможні радіосистеми з підтримкою мобільності. Економічна ефективність впровадження даної розробки ґрунтується на продажі отриманих в процесі виконання роботи патентів, принципів побудови, методик розрахунків.

6. Потенційні користувачі

Міністерство освіти та науки України, вітчизняні та закордонні організації та підприємства інформаційно-телекомунікаційної галузі.

7. Існуючі результати впровадження.

Результати роботи впроваджені в навчальний процес. Опубліковано електронний навчальний посібник «Поширення радіохвиль в зоні покриття безпроводових мереж зв'язку. Теоретичні основи та приклади розв'язання задач». Розроблено лабораторні роботи- «Планування та оптимізація безпроводової мережі Інтернету Речей за протоколом LoRaWAN на основі програмного пакету CloudRF», Налаштування датчиків безпроводової мережі Інтернету Речей за протоколом LoRaWAN та ознайомлення з інструментом Cayenne для створення застосунків та керування датчиками Інтернету Речей» з дисципліни «Інтернет речей та системи міжмашинної взаємодії»; «Використання RFID-міток на рухомих об'єктах» по дисципліні Телекомунікаційні безпроводові мережі.

8. Форма участі інвестора (яка частина форми участі в реалізації результатів проекту інвестора: частка в проекті%, частка від прибутку%, інші) - відсутні

9. Обсяг інвестицій (необхідна для результатів проекту сума інвестицій в доларах США) - відсутні.

10. Мета інвестицій (розширення бізнесу, створення нового підприємства, інше) – відсутні.

11. Назва підрозділу, телефон, e-mail – кафедра телекомунікацій, ІТС, 204-98-58, liana.afanasyeva@@gmail.com.

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації):
Тези конференцій

1. Кравчук С.О. Ймовірність переривання зв'язку в когнітивній телекомунікаційній системі на базі аероплатформи // Матер. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 16–20 квітня, 2018 р. – К.: Хімджест, 2018. – С. 161–164. // Kravchuk S.O. Outage probability of communication in a cognitive radio system based on an aeroplatformy // Dig. of the 12th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 16-20, 2018, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2018. – P. 161-164.
2. Журавель А.С., Кравчук С.О. Динамічний доступ до спектру в мережах когнітивного радіо: підхід, що використовує теорію ігор // Матер. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 16–20 квітня, 2018 р. – К.: Хімджест, 2018. – С. 171–173. // Zhuravel A.S., Kravchuk S.O. Dynamic spectrum access in cognitive radio networks: the game theoretic approach // Dig. of the 12th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 16-20, 2018, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2018. – P. 171-173.
3. Кравчук С.О., Кравчук І.М. Реалізація MIMO-системи для ТСВА шляхом формування віртуальної антенної решітки // Матер. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 16–20 квітня, 2018 р. – К.: Хімджест, 2018. – С. 177–180. // Kravchuk S.O., Kravchuk I.M. Implementation of the MIMO-system for HAPS by forming a virtual antenna array // Dig. of the 12th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 16-20, 2018, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2018. – P. 177-180.
4. Кравчук С.О., Афанасьєва Л.О., Кравчук І.М. Ієрархічна система управління і телеметрії для інтелектуальних безпілотних літальних апаратів // Матер. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 16–20 квітня, 2018 р. – К.: Хімджест, 2018. – С. 187–190. // Kravchuk S.O., Aphanasieva L.O., Kravchuk I.M. Hierarchical control system and telemetry for intelligent unmanned aerial vehicles // Dig. of the 12th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 16-20, 2018, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2018. – P. 187-190.
5. Кравчук С.О., Афанасьєва Л.О. Розподіл ресурсів з підтримкою заданої якості обслуговування для телекомунікаційної системи на основі аероплатформ // Матер. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 16–20 квітня, 2018 р. – К.: Хімджест, 2018. – С. 201–204. // Kravchuk S.O., Aphanasieva L.O. Resources distribution for the telecommunication systems based on aero-plattform // Dig. of the 12th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 16-20, 2018, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2018. – P. 201-204.
6. Афанасьєва Л. О., Кравчук С.О., Шевченко І.І., Рисцова К.І. Схема кодованої кооперації // Матер. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 16–20 квітня, 2018 р. – К.: Хімджест, 2018. – С. 211–213. // Aphanasieva L.O., Kravchuk S.O., Shevchenko I.I., Rystsova K.I. Coded cooperation scheme // Dig. of the 12th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 16-20, 2018, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2018. – P. 211-213.
7. Казачінер К.А., Кравчук С.О. Технології віртуальних стільників у мережах п'ятого покоління 5G // Матер. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 16–20 квітня, 2018 р. – К.: Хімджест, 2018. – С. 220–222. // Kazachiner K.A., Kravchuk S.O. Technologies of the Virtual Small Cells in 5G-Networks // Dig. of the 12th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 16-20, 2018, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2018. – P. 220-222.
8. Афанасьєва Л.О., Кравчук С.О. Протокол адаптивної ретрансляції для кооперативних мереж // Матер. 13-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Перспективи телекомунікацій”, 15–19 квітня, 2019 р. – К.: Хімджест, 2019. – С. 192–194. // Aphanasieva L.O., Kravchuk S.O. Adaptive relay protocol for cooperative networks // Dig. of the 13th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 15-19, 2019, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2019. – P. 192-194.
9. 1. Міночкін Д.А., Рибак О.О. Аналіз безпеки інтернету речей за технологією LoRaWan // Матер. 13-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Перспективи телекомунікацій”, 15–19 квітня, 2019 р. – К.: Хімджест, 2019. – С. 150–153. // Minochkin D.A., Rybak O.O. The analysis of security Internet of Things on technology LoRaWAN // Dig. of the 13th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications”, april 15-19, 2019, Kyiv, Ukraine. – К.: Himjest, 2019. – P. 150-153.
10. Хлівний Д.Ю., Кравчук С.О. Алгоритм розміщення базових станцій для масштабних гетерогенних мереж LTE // 36. матер. 14-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Перспективи телекомунікацій” ПТ-2020, 13–17 квітня, 2020 р. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 165–167. // D.Yu. Hlivniy, S.O. Kravchuk, “Base Station Placement Algorithm for Large-Scale LTE Heterogeneous Networks”, Proceedings of the 14th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications” MCT-2020, april 13-17, 2020,

Kyiv, Ukraine. – Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. – P. 165-167. (ISSN (print) 2663-502X, ISSN (online) 2664-3057). (<http://conferenc.its.kpi.ua/proc/issue/archive>, <http://journals.uran.ua/> (ISSNOnline 2664-3057)).

11. Безпроводова кооперативна ретрансляція з технологією HARQ / Л.О. Афанасьєва, С.О. Кравчук, І.І. Шевченко, М.М. Чуб // 36. матер. 14-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Перспективи телекомунікацій” ПТ-2020, 13–17 квітня, 2020 р. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 168-170. // L.O. Afanasieva, S.O. Kravchuk, I.I. Shevchenko, M.M. Chub, “Wireless cooperative relaying with the HARQ”, Proceedings of the 14th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications” MCT-2020, april 13-17, 2020, Kyiv, Ukraine. – Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. – P. 168-170. (ISSN (print) 2663-502X, ISSN (online) 2664-3057). (<http://conferenc.its.kpi.ua/proc/issue/archive>, <http://journals.uran.ua/> (ISSNOnline 2664-3057)).
12. Експериментальне відпрацювання ретрансляційних вузлів сузір’я дронів / С.О. Кравчук, М.М. Кайдєнко, Л.О. Афанасьєва, І.М. Кравчук // 36. матер. 14-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Перспективи телекомунікацій” ПТ-2020, 13–17 квітня, 2020 р. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 175-177. // S.O. Kravchuk, M.M. Kaydenko, L.O. Afanasyeva, I.M. Kravchuk, “Experimental testing of the relay node drones constellation”, Proceedings of the 14th International Scientific conf. “Modern Challenges in Telecommunications” MCT-2020, april 13-17, 2020, Kyiv, Ukraine. – Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. – P. 175-177. (ISSN (print) 2663-502X, ISSN (online) 2664-3057). (<http://conferenc.its.kpi.ua/proc/issue/archive>, <http://journals.uran.ua/> (ISSNOnline 2664-3057)).

Статті фахові

1. Kravchuk S., Afanasieva L. Formation of a wireless communication system based on a swarm of unmanned aerial vehicles // Information and Telecommunication Sciences. - 2019. - No 1. - 11-18 p. DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12019.11-18>
2. Kravchuk S., Afanasieva L. Wireless cooperative relaying without maintaining a direct connection between the source and target receiver terminals // Information and Telecommunication Sciences. - 2019. – Vol. 10, No 2. - 5-11 p.
3. Testing of the drone swarms as a communication relay system, S. Kravchuk, M. Kaidenko, L. Afanasieva, I. Kravchuk, Information and Telecommunication Sciences, Vol. 11, Number 1, pp. 92-101 (2020) (DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12020.92-101>).
4. Міночкін Д.А., Кравчук С.О. Використання необробленої навігаційної інформації в операційній системі Android: розділ в кн. Досягнення в телекомунікаціях 2019 / за наук. ред. М.Ю. Ільченка, С.О. Кравчука. – К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – С. 108-133. // Minochkin D.A., Kravchuk S.O. Use of non-processed mavigation information in the Android operating system
5. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О., Кайдєнко М.М. Системи загоризонтного зв’язку: розділ в кн. Досягнення в телекомунікаціях 2019 / за наук. ред. М.Ю. Ільченка, С.О. Кравчука. – К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – С. 182-199. // Ilchenko M.Y., Kravchuk S.O., Kaydenko M.M. Over-horizon systems of communications
6. Кравчук С.О., Афанасьєва Л.О., Кравчук І.М., Міночкін Д.А. Телекомунікаційні сервіси для віддалених поселень – критичні телекомунікації: розділ в кн. Досягнення в телекомунікаціях 2019 / за наук. ред. М.Ю. Ільченка, С.О. Кравчука. – К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – С. 200-219. // Kravchuk S.O., Afanasieva L.O., Kravchuk I.M., Minochkin D.A. Telecommunication services to very remote villages – critical Communications
7. Afanasieva L., Kravchuk S. Wireless Systems with New Cooperative Relaying Algorithm. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 152. Springer, Cham., pp. 274-288 (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_15
8. S. Kravchuk, L. Afanasieva, "Best" relay selection algorithm for wireless networks with cooperative relaying, IEEE 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo), 9-13 Sept. 2019, p. 1-4. (IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/UkrMiCo47782.2019.9165410)

14. Надати ключові слова до розробки: кооперативна ретрансляція; допоміжний ретранслятор; безпроводова система передачі даних; характеристики радіолінії