

Підвищення пропускної спроможності систем широкопалосного радіодоступу шляхом використання технології MIMO

Повышение пропускной способности систем широкополосного радиодоступа путем использования технологии MIMO

Raise of broadband radio access systems capacity by use of MIMO

1. **Номер державної реєстрації** 0108U000520
2. **Науковий керівник:** к.т.н., доцент Кравчук С.О., Кравчук С.А., Sergii Kravchuk.
3. **Суть розробки, основні результати.**

Укр.

Робота присвячена створенню теоретичної бази для розробки й дослідження принципів і методів підвищення пропускної спроможності (ПС) спектрально-ефективних мікрохвильових систем широкопалосного радіодоступу (СШР) шляхом використання технології адаптивної просторово-часової обробки сигналів MIMO (Multiple Input Multiple Output).

Дано метод каналної оцінки для OFDM-систем з MISO і просторово-частотно-часовим кодуванням, який дозволяє суттєво зменшити коефіцієнт бітових помилок каналу із замираннями. Запропоновано метод лінійного просторового перетворення з оптимізацією передаваної потужності як ефективний підхід до підвищення ПС. Розглянуто застосування SMIMOR як нове архітектурне рішення для побудови СШР наступного покоління з високою ПС. Одержано формули для визначення ПС мережі при послідовній і паралельній ретрансляціях. Розроблено аналітичну модель імовірності помилки в багатоантенній кооперативній ретрансляційній системі. Досліджено використання фіксованих ретрансляторів у мережі з відомою інфраструктурою для забезпечення виграшу просторового рознесення серед безпроводових терміналів, які мають обмеження на кількість антен. Одержано математичні моделі ергодичної ПС і імовірності бітової помилки мікростільникової MIMO-системи з просторово-часовим блоковим кодуванням і фазовою маніпуляцією для каналу із замираннями. Проведено порівняльний аналіз характеристик ПС і BER, розрахованих за відомими аналітичними моделями MIMO-каналу й отриманих експериментально. Запропоновано підходи до підвищення ПС радіосистеми з MIMO за рахунок зменшення впливу міжстільникових завад.

Запропоновано імітаційні моделі фізичного рівня MIMO-системи для програмних пакетів Visual System Simulator (VSS), інтегрованих з пакетом MWO (Microwave Office) компанії AWR, та SIMULINK пакета MATLAB. Розроблено оригінальні програмні блоки, інтегровані до середовища VSS, а саме: вбудовані DLL бібліотеки (C/C++) та додаткові модулі MATLAB, які можуть бути використані на практиці при моделюванні радіотракту MIMO-системи. Створено модель фізичного рівня системи WiMAX для SIMULINK пакета MATLAB. Додатково до відомої моделі радіоканалу WiMAX, яка входить до складу стандартної бібліотеки MATLAB версії R2008a, запропонована модель включає модуль адаптивної модуляції і кодування, а також оригінальний модуль MIMO із просторово-часовим кодуванням.

Рос.

Робота посвящена созданию теоретической базы для разработки и исследования принципов и методов повышения пропускной способности (ПС) спектрально-эффективных микроволновых систем широкополосного радиодоступа (СШР) путем использования технологии адаптивной пространственно-временной обработки сигналов MIMO (Multiple Input Multiple Output).

Дан метод каналной оценки для OFDM-систем с MISO и пространственно-частотно-временным кодированием, который позволяет существенно уменьшить коэффициент битовых ошибок канала с замираньями. Предложен метод линейного пространственного преобразования с оптимизацией передаваемой мощности как эффективный подход к повышению ПС. Рассмотрено применение SMIMOR как новое архитектурное решение для построения СШР следующего поколения с высокой ПС. Получены формулы для

определения ПС сети при последовательной и параллельной ретрансляциях. Разработана аналитическая модель вероятности ошибки в многоантенной кооперативной ретрансляционной системе. Исследовано использование фиксированных ретрансляторов в сети с известной инфраструктурой для обеспечения выигрыша пространственного разнесения сред беспроводных терминалов, которые имеют ограничение на количество антенн. Получены математические модели эргодической ПС и вероятности битовой ошибки микросотовой ММО-системы с пространственно-временным блочным кодированием и фазовой манипуляцией для канала с замираниями. Проведен сравнительный анализ характеристик ПС и BER, рассчитанных за известными аналитическими моделями ММО-канала и полученных экспериментально. Предложены подходы к повышению ПС радиосистемы с ММО за счет уменьшения влияния межсотовых помех.

Предложены имитационные модели физического уровня ММО-системы для программных пакетов Visual System Simulator (VSS), интегрированных с пакетом MWO (Microwave Office) компании AWR, и SIMULINK пакета MATLAB. Разработаны оригинальные программные блоки, интегрированные к среде VSS, а именно: встроенные DLL библиотеки (C/C++) и дополнительные модули MATLAB, которые могут быть использованы на практике при моделировании радиотракта ММО-системы. Создана модель физического уровня системы WiMAX для SIMULINK пакета MATLAB. Дополнительно к известной модели радиоканала WiMAX, которая входит в состав стандартной библиотеки MATLAB версии R2008a, предложенная модель включает модуль адаптивной модуляции и кодирования, а также оригинальный модуль ММО с пространственно-временным кодированием.

Англ.

Work is devoted creation of theoretical baseline for working out and research of principles and methods of raise of capacity (ПС) for microwave broadband radio access systems (СШР) by use of production engineering of adaptive existential machining of signals MIMO (Multiple Input Multiple Output).

The method of a channel estimation for OFDM-systems with MISO and with space-time-and-frequency coding which allows to reduce essentially factor of bit errors of the channel with a fading is given. The method of linear space transformation with optimization of transferred power as the effective approach to raise ПС is offered. Application CMIMOR as the new architectural solution for construction СШР of following generation with high ПС is observed. Formulas for definition ПС of a network are gained at consecutive and parallel retransmissions. The analytical model of probability of an error in multiantenna co-operative relaying system is developed. Use of the fixed repeaters in a network with a known infrastructure for maintenance of a scoring of a space diversity of medium of wireless terminals which have restriction on quantity of antennas is investigated. Mathematical models эргодической ПС and probabilities of a bit error microcellular ММО-системы with existential block coding and phase-shift keying for the channel with a fading are gained. The comparative analysis of characteristics ПС and BER, counted for known analytical models ММО-канала and gained experimentally is carried out. Approaches to raise ПС of radio system with ММО at the expense of decrease of agency of intercellular handicapes are offered.

Imitating models of physical level ММО-системы for software packages Visual System Simulator (VSS), integrated with package MWO (Microwave Office) are offered company AWR, and SIMULINK package MATLAB. The original program blocks integrated by medium VSS are developed, namely: built in DLL libraries (C/C++) and additional modules MATLAB which can be used in practice at modelling of radio section ММО-системы. The model of physical level of system WiMAX for SIMULINK package MATLAB is created. In addition to known model of radio channel WiMAX which is a part of standard library MATLAB of version R2008a, the offered model switches on the module of adaptive modulation and coding, and also original module ММО with existential coding.

- 4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності – не має.**
- 5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Результати відповідають світовому рівню, а представлені методи підвищення пропускної здатності систем безпроводового доступу за рахунок значного підвищення швидкості передачі даних не мають аналогів у світовій практиці.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Робота фундаментальна, тому для впровадження отриманих положень необхідне проведення прикладної НДР.

7. Потенційні користувачі:

галузі, міністерства, відомства, підприємства і організації телекомунікаційного профілю.

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).

Результати теоретичних досліджень, програмні модулі розроблених методів підвищення пропускної здатності безпроводових систем.

9. Існуючі результати впровадження.

В урядових дисциплінах "Сучасні телекомунікаційні системи", «Системи мобільного зв'язку» та «Системи абонентського доступу» в Інституті телекомунікаційних систем НТУУ "КПІ" шляхом введення цілого ряду нових розділів, зокрема, «Моделювання радіотраси в умовах міської забудови», «Теорія та техніка МІМО», «Моделювання каналів в умовах частотноселективних та частотнонеселективних завмирань», «Пропускна спроможність систем мобільного зв'язку» «Побудова систем доступу на базі технології МІМО», «Багатостанційний доступ на базі просторового розділення та МІМО» та ін.; для комп'ютерного моделювання функціонування різних типів МІМО систем у цілому та окремих їх вузлів, що дає можливість проводити розробки різних типів МІМО систем і підтримувати раціональне використання обладнання робочої системи з можливістю постійної модернізації її складових частин.

10. **Назва підрозділу:** НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ», e-mail: sakravchuk@ukr.net.

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:

Дві монографії:

- Ильченко М.Е., Кравчук С.А. Телекоммуникационные системы на основе высотных аэроплатформ. – К.: НПП "Издательство "Наукова думка" НАН Украины", 2008. – 580 с.

Ильченко М.Ю., Кравчук С.О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: НВП "Видавництво "Наукова думка" НАН України", 2008. – 328 с.

- Ильченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи широкосмугового радіодоступу. – К.: Наукова думка, 2009. – 312 с.

Десять статей у фахових виданнях:

- Кравчук С.О., Міночкін Д.А. Моделі ергодичної пропускної здатності і імовірності помилки багатоантенної радіосистеми з просторово-часовим кодуванням в каналі із завмираннями // Зб. наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2009. – Вип. № 20. – С. 63–71.

- Кравчук С.О. Модель імовірності помилки в багатоантенній кооперативній ретрансляційній системі // Зб. наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – К.: ВІТІ НТУУ "КПІ", 2009. – Випуск № 2. – С. 47–62.

- Ильченко М.Е., Кайдено Н.Н., Кравчук С.А. Системная архитектура мобильного и фиксированного WiMAX // Зв'язок. 2009. – № 1-2. – С. 48–50.

- Кравчук С.О. Метод вибору опорного ретранслятора для ефективного групування в багатопробльотній мережі WiMAX // Цифрові технології: збірник. – Одеса: Одес. Нац. академія зв'язку ім. О.С. Попова. – 2009. – Вип. 5. – С. 91–99.

- Кравчук С.О., Міночкін Д.А., Чумак В.К. Напрямки вдосконалення MESH-мереж // Зб. наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2009. – Вип. № 17. – С. 120–124.

- Кравчук С.О., Міночкін Д.А., Чумак В.К. Напрямки вдосконалення технології МІМО // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2008. – Вип. № 15. – С. 153–159.

- Кравчук С.А. Система широкополосного радиодоступа миллиметрового диапазона длин волн с распределенной сотовой архитектурой // Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники», ч. 1. – 2008.– №1–2. – С. 193–195.

- Кравчук С.О. Модель прямого канала системы широкоугового радиодоступа з диференційованими послугами гарантованої передачі // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2008. – №1. – С. 5–12.

- Кравчук С.О., Міночкін Д.А. Методика вибору структури і характеристик системи МІМО при впливі міжстільникових завад // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Вип. № 14. – К.: ВКНУ, 2008. – С. 128–136.

- Кравчук С.О., Міночкін Д.А. Застосування технології МІМО в системах мобільного зв'язку 3-го покоління з урахуванням міжстільникових завад // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – Випуск № 2. – Київ: ВІПІ НТУУ «КПІ», 2008. – С. 42–51.

Опубліковані 57 тез доповідей:

1. Гудыменко И.А., Кравчук С.А. Повышение эффективности работы широкополосных радиосистем посредством использования модуляции на нескольких несущих // Матеріали 5 Міжнародної науково-технічної конференції студентства та молоді «Світ інформації та телекомунікацій», 9–10 квітня 2008 р., Київ: ДУІКТ, 2008. – С. 43–44.

2. Кравчук С.А. Система широкополосного радиодоступа миллиметрового диапазона длин волн с распределенной сотовой архитектурой // Тезисы докл. XXVIII Международной научно-технической конференции «Проблемы электроники», 15–17 апреля, 2008 г., г. Киев, Украина. – Киев: НТУУ «КПИ», 2008. – С. 14.

3. Миночкин Д.А., Кравчук С.А. Разработка моделей каналов МІМО систем // Сборник материалов 4-й международной молодежной научно-технической конференции РТ-2008 «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций», 21–25 апреля, 2008 г., Севастополь, Крым. – Севастополь: Изда-во СевНТУ, 2008. – С. 38.

4. Гудыменко И.А., Кравчук С.А. Сравнительная характеристика технологий CDMA и OFDM для построения систем широкополосного радиодоступа // Сборник материалов 4-й международной молодежной научно-технической конференции РТ-2008 «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций», 21–25 апреля, 2008 г., Севастополь, Крым. – Севастополь: Изда-во СевНТУ, 2008. – С. 87.

5. Щедов Д.С., Кравчук С.А. Системы широкополосного радиодоступа на основе технологи TD-CDMA // Сборник материалов 4-й международной молодежной научно-технической конференции РТ-2008 «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций», 21–25 апреля, 2008 г., Севастополь, Крым. – Севастополь: Изда-во СевНТУ, 2008. – С. 90.

6. Лоза В.Я., Кравчук С.А. Технология отслеживания мобильного абонента в сотовой системе широкополосного радиодоступа миллиметрового диапазона волн // Сборник материалов 4-й международной молодежной научно-технической конференции РТ-2008 «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций», 21–25 апреля, 2008 г., Севастополь, Крым. – Севастополь: Изда-во СевНТУ, 2008. – С. 91.

7. Чайковский Ю.А., Кравчук С.А. Хэндовер мобильных абонентов между сотовыми сетями связи и сетями ad-hoc // Сборник материалов 4-й международной молодежной научно-технической конференции РТ-2008 «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций», 21–25 апреля, 2008 г., Севастополь, Крым. – Севастополь: Изда-во СевНТУ, 2008. – С. 102.

8. Тарасенко О.И., Кравчук С.А. Использование программы TSUNG для проведения нагрузочных испытаний WEB серверов // Сборник материалов 4-й международной молодежной научно-технической конференции РТ-2008 «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций», 21–25 апреля, 2008 г., Севастополь, Крым. – Севастополь: Изда-во СевНТУ, 2008. – С. 286.

9. Тарасенко О.И., Кравчук С.А. Использование методики нагрузочных испытаний для контроля производительности работы WEB портала в рамках итерационной модели разработки программного обеспечения // Сборник материалов 4-й международной молодежной научно-технической конференции РТ-2008 «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций», 21–25 апреля, 2008 г., Севастополь, Крым. – Севастополь: Изда-во СевНТУ, 2008. – С. 287.

10. Ильченко М.Е., Кайдено Н.Н., Кравчук С.А. Системная архитектура мобильного и фиксированного WiMAX // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 20–27.

11. Чайковский Ю.А., Кравчук С.А. Основные вопросы построения конвергентных беспроводных mesh сетей // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 63–64.

12. Кравчук С.А. Снижение уровня интерференции в mesh сетях широкополосного радиодоступа // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 65–67.

13. Кравчук С.А. Канальная пропускная способность с учетом вероятности прерывания связи в распределенной сотовой системе с ММО // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 68–70.

14. Кравчук С.А. Влияние выбора топологии ретрансляции на пропускную способность беспроводной mesh сети на основе кооперативного ММО // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 71–74.

15. Ивлев Ю.В., Кравчук С.А. Базовый расчет частотного ресурса для сегмента сети WiMAX // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 77–78.

16. Щедов Д.С., Кравчук С.А. Сравнение технологий W-CDMA и TD-CDMA при построении систем широкополосного радиодоступа // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 106–107.

17. Кравчук С.А., Лоза В.Я. Проблемы выбора частотной полосы и вида модуляции для систем широкополосного радиодоступа миллиметрового диапазона волн // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 130–132.

18. Кравчук С.А., Круть В.А. Повышение эффективности использования систем беспроводного доступа путем задействования технологии когнитивного радио // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 135–137.

19. Гудыменко И.А., Кравчук С.А. Применение в системах широкополосного радиодоступа модуляции на нескольких несущих для снижения межсимвольной интерференции в каналах с частотноселективными замираниями // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 140–142.

20. Минович Д.А., Кравчук С.А. Сравнительная оценка моделей каналов ММО с учетом пропускной способности и достижимой вероятности появления однокбитовых ошибок // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 143–145.

21. Кравчук С.А., Тарасенко О.И. Использование метода нагрузочных испытаний при разработке сетевого программного обеспечения // Збірник матеріалів 2-ї міжнародної

науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій», 20–23 травня 2008 р., м. Київ, Україна. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2008. – С. 259-260.

22. Кравчук С.А. Оптимизация пропускной способности систем широкополосного радиодоступа // Труды 9-й Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2008), 19-23 мая 2008 г., г. Одесса, Украина. В 2-х т. Том 1. – Одесса: ЧП «Политехперіодика», 2008. – С. 205. (всего: т. 1 – 252 с., т. 2 – 258 с.)

23. Кравчук С.А. Повышение пропускной способности систем широкополосного радиодоступа // Зб. тез четвертої міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології», 15–19 вересня 2008 р., смт. Лівадія, Крим. – К.: ДУІКТ, 2008. – С. 75–76.

24. Ильченко М.Е., Кайденко Н.Н., Кравчук С.А. организация сетей абонентского доступа учебных и научных заведений к информационным ресурсам // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 17–20.

25. Щедов Д. С., Кравчук С. О. Шляхи вдосконалення технології TDD-CDMA // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 39.

26. Макаревич Е. Н., Кравчук С.А. Имитационное моделирование каналов с замираниями в мобильной связи // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 41.

27. Кравчук С.А. Классификация систем широкополосного беспроводного доступа // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 46.

28. Kravchuk S. Benefits and Limitations of the Hybrid Fiber Radio Technology // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 47.

29. Кравчук С.А. Преимущества беспроводной архитектуры распределенной антенной системы над традиционной сотовой структурой // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 48.

30. Кравчук С.А. Линейное пространственное преобразование с оптимизацией передаваемой мощности в мобильной системе с каналом MISO // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 49.

31. Юнчик А. А., Кравчук С. А. Технология LTE как последняя степень развития мобильной связи для перехода к 4G // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 60.

32. Гудыменко И.А., Кравчук С.А. Самоорганизация случайно распределённых сетей стандарта IEEE 802.11 на основе межуровневой адаптации // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 66.

33. Kravchuk S. A Seamless Infrastructure for Millimeters Wave Band Network employing Hybrid Fiber Radio and Dynamic Group Cell conception // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 70.

34. Kravchuk S. Millimeters Wave Band Broadband System employing Hybrid Fiber Radio and IEEE 802.16 MAC // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 71.

35. Витовцев А. А., Кравчук С.А. Процедура хэндовера в сетях WiMAX // Зб. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 72.

36. Кравчук С.А. Программный модуль отображения характеристик диаграммы направленности антенн систем связи // 36. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 106.
37. Кравчук С.А. Программный модуль анализа потерь на распространение радиосигналов в условиях городской и пригородной застроек // 36. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 107.
38. Кравчук С.А., Кайдено Н.Н., Миночкин Д.А. Моделирование физического уровня системы WiMAX в среде SIMULINK пакета MATLAB // 36. тез 3-ї міжнародної наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–24 квітня 2009 р., м. Київ, Україна. – К.: НТУУ "КПІ", 2009. – С. 108.
39. Гудыменко И.А., Кравчук С.А. Самоорганизация хаотически распределенных сетей семейства стандарта IEEE 802.11 на основе межуровневой адаптации // Матер. 5-й Международной молодежной научно-технической конф. "Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2009", 20–25 апреля 2009 г., Севастополь, Украина. – Севастополь: Вебер, 2009. – С. 44.
40. Міночкін Д.А., Кравчук С.О. Напрямки вдосконалення mesh-мереж // Матер. 5-й Международной молодежной научно-технической конф. "Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2009", 20–25 апреля 2009 г., Севастополь, Украина. – Севастополь: Вебер, 2009. – С. 122.
41. Кравчук С.О., Міночкін Д.А. Моделі ергодичної пропускної здатності і імовірності помилки багатоантенної радіосистеми з просторово-часовим кодуванням у каналі із завмираннями // 5 Міжнародна науково-практична конф. "Військова освіта і наука: сьогодні та майбутнє" на честь 175-ї річниці заснування Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, 14–16 жовтня 2009 р. – К.: ВІКНУ, 2009. – С. 15.
42. Kravchuk S. Bit error probability of threshold relaying in cooperative wireless access systems // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 83.
43. Скляр М.О., Кравчук С.О. Технології підтримки мобільності у гібридних мережах // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 94.
44. Библик М.Ю., Кравчук С.А. Планирование и оптимизация систем радиосвязи с помощью программного пакета Atoll // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 95.
45. Бобков Д.Д., Кравчук С.А. Влияние положения пилотных символов на пропускную способность многоантенной системы широкополосного радиодоступа // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 96.
46. Деменчук В.В., Кравчук С.А. Эффективная схема хэндовера с предварительно настроенным туннелированием в системах IEEE 802.16e // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 97.
47. Згурський О.С., Кравчук С.О. Застосування SC-FDMA в мережах 3GPP LTE // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 98.
48. Лаврик М.В., Кравчук С.А. Анализ эффективности адаптивных антенных решеток // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 99.
49. Кравчук С.О., Міночкін Д.А. Методи і моделі дослідження характеристик каналів МІМО-систем // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 100.
50. Гудименко І.А., Кравчук С.О. Технологія кооперативного МІМО в мультимедійних безпроводових сенсорних мережах // 36. тез 4-ї міжнародної науково-технічної конф. «Проблеми телекомунікацій», 20–23 квітня 2010 р., Київ. – Київ: ВД «ЕКМО», 2010. – С. 101.

51. Гудименко І.А., Кравчук С.А. Багатокористувацьке МІМО в системах широкопозового радіодоступу // Матеріали 6-й міжнародної молодіжної науково-технічної конференції РТ-2010 «Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікацій», 19–24 квітня, 2010 г., Севастополь, Крим. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 67.

52. Згурський О.С., Кравчук С.О. Багатоканальний випадковий доступ в радімережах на основі OFDMA // Матеріали 6-й міжнародної молодіжної науково-технічної конференції РТ-2010 «Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікацій», 19–24 квітня, 2010 г., Севастополь, Крим. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 63.

53. Деменчук В.В., Кравчук С.А. Ефективна схема хендвера з попередньо налаштованим тунелюванням в системах IEEE 802.16e // Матеріали 6-й міжнародної молодіжної науково-технічної конференції РТ-2010 «Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікацій», 19–24 квітня, 2010 г., Севастополь, Крим. – Севастополь: Вебер, 2010. – С.69.

54. Бобков Д.Д., Кравчук С.А. Вплив потужності пілот-сигнала на швидкість передачі даних в багатоантенній системі широкопозового радіодоступу // Матеріали 6-й міжнародної молодіжної науково-технічної конференції РТ-2010 «Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікацій», 19–24 квітня, 2010 г., Севастополь, Крим. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 70.

55. Скляр М.О, Кравчук С.О. Generic access network as example of vertical handover decision // Матеріали 6-й міжнародної молодіжної науково-технічної конференції РТ-2010 «Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікацій», 19–24 квітня, 2010 г., Севастополь, Крим. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 77.

56. Щедов Д.С. Кравчук С.А. Система інтелектуального контролю потужності на основі технології TD-CDMA // Матеріали 6-й міжнародної молодіжної науково-технічної конференції РТ-2010 «Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікацій», 19–24 квітня, 2010 г., Севастополь, Крим. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 158.

57. Bibik M.Y., Kravchuk S.O. Optimum antenna downtilt angles for macrocellular wideband code division multiple access network // Матеріали 6-й міжнародної молодіжної науково-технічної конференції РТ-2010 «Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікацій», 19–24 квітня, 2010 г., Севастополь, Крим. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 186.

та 7 доповідей (публікації у реферованих журналах):

58. Кравчук С.А. Направлення розвитку телекомунікаційних систем широкопозового радіодоступу довгохвильової частини міліметрового діапазону // Матеріали 18-й Міжнародної Кримської конференції «СВЧ-техніка і телекомунікаційні технології» (КрыМиКо'2008) в 2-х томах. Том 1. Севастополь, 8–12 вересня 2008 г. – Севастополь: Вебер, 2008. – С. 237 – 239.

59. Кравчук С.А., Кайдєнко Н.Н. Широкопозовна мультимедійна мережа на базі безпроводного обладнання стандарту TD-CDMA // Матеріали 18-й Міжнародної Кримської конференції «СВЧ-техніка і телекомунікаційні технології» (КрыМиКо'2008) в 2-х томах. Том 1. Севастополь, 8–12 вересня 2008 г. – Севастополь: Вебер, 2008. – С. 240 – 241.

60. Кравчук С.А. Характеристики OFDM сигналу для мікросотових і сотових радіосистем мобільної зв'язі міліметрового діапазону довжин хвиль // Матеріали 18-й Міжнародної Кримської конференції «СВЧ-техніка і телекомунікаційні технології» (КрыМиКо'2008) в 2-х томах. Том 1. Севастополь, 8–12 вересня 2008 г. – Севастополь: Вебер, 2008. – С. 242–243.

61. Кравчук С. А. Формування динамічної групової мікросоти для широкопозових мереж радіодоступу міліметрового діапазону довжин хвиль // Матер. 19-й Міжнародна Кримська конференція «СВЧ-техніка і телекомунікаційні технології» (КрыМиКо'2009), 14–18 вересня 2009 г., Севастополь. – Севастополь: Вебер, 2009. – С. 231–232.

62. Кравчук С. А. Реализация бесшовной передачи обслуживания в сети радиодоступа миллиметрового диапазона волн с распределенной микросотовой архитектурой // Матер. 19-й Международная Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2009), 14–18 сентября 2009 г., Севастополь. – Севастополь: Вебер, 2009. – С. 246–247.

63. Минович Д.А., Кравчук С.А. Исследование систем радиодоступа с ММО путем использования канальных статистических параметров второго порядка // Матер. 20-й Международной Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010), 13–17 сентября 2010 г., Севастополь, Украина. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 427–428.

64. Гудыменко И.А., Кравчук С.А. Организация системы широкополосного радиодоступа на основе многопользовательского ММО с кооперацией // Матер. 20-й Международной Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010), 13–17 сентября 2010 г., Севастополь, Украина. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 500–501.

За тематикою роботи виконано докторську дисертацію «Методи підвищення пропускну здатності систем ширококутового радіодоступу».

ОПИС ЗАВЕРШЕНОЇ РОЗРОБКИ надсилається по e-mail або подається в електронному вигляді до оргвідділу НДЧ. Файл “Документ Word”, розмір шрифту 12, міжрядковий інтервал 1, формат А4, поля з усіх боків 2 см).

Увага !

Кожна розробка надається окремим файлом з наступною назвою:

- для завершених бюджетних робіт - № теми з літерою наприклад, 2317-ф або 2014-п,
- для госпдоговірних робіт - підрозділ, літери ГД, наприклад, ФІОТ-ГД1, ФІОТ-ГД2.
- для робіт виконаних в рамках міжнародного науково-технічного співробітництва – підрозділ і літера М, наприклад, ІФФ-М1, ІФФ-М2.
- для робіт виконаних на кафедрах у межах робочого часу викладачів – підрозділ і літери Рч, наприклад, ХТФ-Рч1, ХТФ-Рч2.

Організаційний відділ НДЧ, e-mail: o.savitch@kpi.ua , ndch@kpi.ua
к. 138-1. Тел. 454-92-00.