

**Міністерство освіти і науки України
Український державний університет
залізничного транспорту**

НІКІТІН СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ



УДК 621.327:681.5

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ В
БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ НА
ОСНОВІ ФОРМУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ПОТОКІВ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Брєславець Віталій Сергійович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри систем інформації.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Краснобасв Віктор Анатолійович,
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, професор кафедри електроніки та управляючих систем;

доктор технічних наук, професор
Лемешко Олександр Віталійович,
Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри телекомунікаційних систем.

Захист відбудеться «11» листопада 2016 р. о 14.00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, площа Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотечі Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, площа Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «4» жовтня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01



К.А.Трубчанінова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток телекомунікаційних систем (ТКС) здійснюється у напрямку забезпечення необхідної якості послуг, які надаються користувачам. Особлива увага приділяється бездротовим технологіям, на основі використання яких щороку зростає попит на надання постійно зростаючого обсягу інформації із значним підвищенням швидкості її отримання. Це супроводжується зростанням інтенсивності потоків інформації, у результаті чого вони значно перевершують пропускні можливості мереж. Особливої актуальності це протиріччя набуває у мобільних бездротових системах зв'язку, які працюють в складних умовах розповсюдження сигналів та дії потужних електромагнітних завад. Збільшення випромінюваної потужності сигналу та розширення використовуваної смуги частот у теперішній час не дозволяють повною мірою ефективно розв'язати задачу, що виникла. Для подолання сформованого дисбалансу пропонується підвищувати пропускну здатність бездротової телекомунікаційної системи шляхом формування паралельних інформаційних потоків.

Значний вклад в розвиток методів підвищення якості надання інфокомунікаційних послуг в бездротових телекомунікаційних мережах внесли багато вітчизняних та закордонних вчених. Серед них Поповський В.В., Климаш М.М., Лемешко О.В., Дуравкін Є.В., Приходько С.І., Харченко В.С., Захарченко М.В., Шеннон К., Хартлі Р.Л. та ін.

Проте питанням організації якісного зв'язку в телекомунікаційних системах з радіодоступом, які працюють в умовах дії потужних електромагнітних завад, приділено недостатньо уваги. В той же час саме методи формування паралельних інформаційних потоків є ключовими при забезпеченні необхідної якості обслуговування в телекомунікаційних системах з радіодоступом. Отже, існує суперечність, яка викликана: з одного боку - зростанням вимог щодо якості надання інфокомунікаційних послуг, а з іншого - складнощами щодо надання сервісів заданої якості з використанням бездротових технологій в умовах дії потужних електромагнітних завад. Таким чином, розробка методів та засобів підвищення ефективності роботи телекомунікаційних систем з радіодоступом в умовах дії потужних електромагнітних завад для задоволення вимог щодо рівня якості обслуговування при наданні послуг є *актуальною науково-прикладною задачею*.

У той же час для стандартизованих технологій проведена оцінка пропускну здатності телекомунікаційних систем з радіодоступом виявила наступне. По-перше, інтенсивність потоку інформації перевищує реальну пропускну здатність бездротових телекомунікаційних систем. По-друге, наявність потужних електромагнітних завад суттєво зменшує співвідношення сигнал/завада, що зменшує пропускну здатність системи та відповідно

погіршує якість обслуговування. Тому пропонується удосконалити методи підвищення пропускної здатності телекомунікаційних систем з радіодоступом.

Отже, *тематика дисертаційних досліджень*, спрямована на підвищення пропускної здатності телекомунікаційних систем з радіодоступом шляхом розробки нових моделей і методів формування паралельних інформаційних потоків, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження проводились у відповідності із наступними програмами та нормативними документами: Закон України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» від 09.01.2007 р., №537-V, Закон України «Про телекомунікації» від 18.11.2003 р., №1280-IV, Державна науково-технічна програма «Створення перспективних телекомунікаційних систем і технологій», планами наукової, науково-технічної діяльності Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», в рамках яких були виконані НДР «Розвиток теорії обробки інформації та ідентифікація об'єктів у єдиній інформаційній мережі систем спостереження» (№ ДР 0110U001250, 2011 р.), «Система попередження про грозову небезпеку» (№ДР 0115U000611, 2015 р.) та госпдоговірних роботах № 20163 від 21.12.2012 р., № 20175 від 20.03.2013 р., № 20181 від 07.05.2013 р.

Участь автора у зазначених науково-дослідних темах та проектах, в яких дисертант був безпосереднім виконавцем, полягає в розробці методів і моделей підвищенні якості обслуговування в телекомунікаційних системах.

Мета і задачі дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає у підвищенні якості обслуговування в телекомунікаційних системах за показником пропускної здатності шляхом розробки та вдосконалення моделей і методів формування паралельних інформаційних потоків.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- 1) виконати аналіз методів множинного доступу в безпроводових ТКС;
- 2) обґрунтувати напрямки підвищення пропускної здатності ТКС;
- 3) розробити комбінований метод множинного доступу в мережах радіодоступу;
- 4) розробити метод управління просторовим виділенням каналів у мережах радіодоступу;
- 5) розробити модель для оцінки поточної пропускної здатності телекомунікаційної мережі та стану її компонентів;
- 6) розробити модель управління просторовим виділенням каналів у мережах з радіодоступом;
- 7) розробити метод оптимізації довжини інформаційного пакету передачі інформації у безпроводових мережах при дії завад;
- 8) розробити програмно-апаратну модель системи управління адаптивною безпроводовою телекомунікаційною мережею;

9) розробити прототип модуля формування діаграми спрямованості фазованої антенної решітки для одночасного формування низки вузьконаправлених променів.

Об'єкт дослідження - процеси формування паралельних інформаційних потоків в безпроводових телекомунікаційних системах.

Предмет дослідження - моделі та методи формування паралельних інформаційних потоків для підвищення пропускної здатності телекомунікаційних систем з радіо доступом.

Методи дослідження. Обґрунтування напряму підвищення якості надання інформаційних послуг з використанням телекомунікаційних систем здійснювалося на основі системного підходу, що базується на теоретичному апараті дослідження складних систем. При вдосконаленні та розробці математичних моделей були використані методи теорії зв'язку, математичної статистики, теорії ймовірностей та оптимізації. При моделюванні трафіку з пакетною комутацією – теорія телетрафіка. В ході перевірки адекватності запропонованих моделей та оцінки ефективності розроблених методів використовувалися методи імітаційного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів. Головним науковим результатом дисертаційної роботи є подальший розвиток методів формування паралельних інформаційних потоків в телекомунікаційних системах на основі врахування вимог QoS і поточного стану радіосередовища. У його рамках можна виділити такі наукові результати.

Вперше розроблено:

1) комбінований метод множинного доступу в мережах радіодоступу, який дозволяє підвищити пропускну здатність телекомунікаційної мережі, особливо в умовах дії потужних завад. Сутність методу полягає у тому, що базові станції формують багатопробієві канали зв'язку, та для кожного користувача за його запитом створюють тимчасовий канал зв'язку у відповідному вузьконаправленому промені, попередньо визначивши місце розташування користувача;

2) метод управління просторовим виділенням каналів у мережах радіодоступу, який відрізняється від існуючих тим, що за запитом користувачів цифрова антенна решітка базової станції формує кожному з них вузьконаправлений промінь, що дозволяє зменшити кількість променів для обслуговування користувачів;

3) модель управління просторовим виділенням каналів у мережах з радіодоступом, новизна якої полягає у тому, що за запитом користувачів цифрова антенна решітка базової станції формує кожному з них вузько спрямований промінь;

4) розроблено математичну модель оцінки поточної пропускної здатності телекомунікаційної мережі та стану її компонентів на основі просторового

розділення користувачів. Запропонована модель дозволяє виконати оцінку впливу завад на швидкість передачі інформації у пакетних системах передачі даних, оцінити характеристики бездротового середовища передачі даних та надати бездротовому пристрою можливість динамічно змінювати параметри MAC-рівня в залежності від зміни параметрів середовища;

5) метод оптимізації довжини інформаційного пакету передачі інформації у бездротових мережах при дії завад. Відмінність від існуючих полягає у тому, що оптимальна довжина переданого пакету формується в залежності від рівня завад і типу модуляції, що дозволяє підвищити швидкість передачі інформації, пропускну здатність мережі та якість обслуговування в цілому.

Новизна отриманих результатів підтверджується відсутністю розроблених моделей та методів в існуючих технологіях забезпечення вимог QoS в телекомунікаційних системах.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблені математичні моделі і методи стали основою для розробки відповідних алгоритмів, програм та пристроїв для управління ресурсами в телекомунікаційній системі. Практичне значення результатів полягає в наступному.

1. Розроблений комбінований метод множинного доступу в мережах радіодоступу дозволяє виконувати паралельну передачу інформації з кожним користувачем при використанні усього частотного ресурсу телекомунікаційної системи, що дозволяє на 52,7% підвищити пропускну здатність ТКС та на 51,9-64% збільшити кількість абонентів, що обслуговує одна базова станція.

2. Застосування розробленого методу управління просторовим виділенням каналів у мережах радіодоступу дозволяє за запитом кожного користувача формувати базовою станцією вузьконаправлений промінь, що зменшує кількість променів для обслуговування користувачів.

3. Запропонований метод передачі інформації у пакетних системах забезпечує оптимальну довжину інформаційного пакету, який використовується при обміні інформацією з конкретним користувачем на основі оцінки відношення сигнал/завада у каналі обміну, що на порядок підвищує швидкість передачі інформації, особливо в умовах дії завад.

4. Розроблена програмно-апаратна модель системи управління адаптивною безпроводовою телекомунікаційною мережею автоматизує процес моніторингу та інтерактивного аналізу зовнішньої електромагнітної обстановки, що дозволило підвищити точність результатів вимірів на 5-7%.

5. На основі розробленого прототипу стає можливою розробка пристрою управління багатопроменевою діаграмою спрямованості цифрової антенної решітки для одночасного формування низки вузьконаправлених променів.

Розроблені технічні рішення захищені патентами України на корисну модель № 70174 від 25.05.2012 р. «Спосіб передачі інформації», № 70955 від 25.06.2012 р. «Спосіб передачі інформації» та Свідоцтвом № 24621 від

31.05.2008 р. про реєстрацію авторського права на твір «Компьютерная программа интерактивного анализа экспериментальных данных и генерации отчетов». Практична значимість отриманих результатів дисертації підтверджується їх застосуванням при виконанні госпдоговірних робіт у науково-дослідному та проектно-конструкторському інституті «Молнія» (акт реалізації від 15.12.2015 р.) та впроваджено у навчальний процес кафедри систем інформації Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (акт реалізації від 23.03.2014 р.).

Особистий внесок здобувача. Усі найважливіші результати, що складають основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. У друкованих працях, написаних у співавторстві, здобувачеві належить:

- обґрунтування можливості виконання паралельної передачі інформації з кожному користувачеві в мережах радіодоступу у розробленому комбінованому методі множинного доступу [5, 8, 11, 14, 15, 19, 21];

- математичні розрахунки для формування базовою станцією вузьконаправленого променя за запитом кожного користувача при вдосконаленні методу управління просторовим виділенням каналів у мережах радіодоступу [4, 13, 16, 17];

- ідея оптимізації розміру фрагменту пакету передачі інформації при розробці методу підвищення швидкості передачі інформації у системах радіодоступу при дії завад [3, 10];

- математичне моделювання, розробка та реалізація програмного та апаратного забезпечення програмно-апаратної моделі системи управління адаптивною безпроводовою телекомунікаційною мережею [1, 6, 7, 9, 12, 22, 23, 24];

- математичне моделювання та апаратну реалізацію прототипу пристрою управління багатопробеневою діаграмою спрямованості цифрової антенної решітки [2, 18, 20].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися та були схвалені на: III Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». МРФ – 2008. МК «Электромагнитная совместимость». – (Харьков: АНПРЭ, 2008.); XIX МНПК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (1-3 червня 2011р., Харків); XX МНПК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (15-17 травня 2012р., Харків); I МНТК «Інформаційні проблеми теорії акустичних, радіоелектронних і телекомунікаційних систем» IPST-2012, (25-29 вересня 2012р., Крим, Алушта); XXIII Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» КрыМиКо'2013. (Севастополь, 8—13 сентября 2013 г); XIII МНТК «Проблеми інформатики та

модельовання», (ПІМ-2013): (23 – 29 вересня 2013 г., г. Ялта, Крим); ІІ МНТК «Інформаційні проблеми теорії акустичних, радіоелектронних і телекомунікаційних систем» ІРST-2013, (28 вересня по 02 жовтня 2013р., Крим, Алушта); XXVI МНПК «Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникаций на базе цифровизации» (23 – 28 сентября 2013р., Крым, Алушта); І МНТК «Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи» ЭМС-2015.(27 мая 2015г. Харьков); XV МНТК «Проблеми інформатики та моделювання», (ПІМ-2015), (14–18 вересня 2015, м.Одеса); Second International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology” (IEEE PIC S&T’ 2015, *October 13-15 2015*) Kharkiv, Ukraine.

Публікації. Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковано у 24 наукових працях: 2 статті у Міжнародних науково-теоретичних журналах [1, 2], 4 статті у фахових науково-технічних журналах [3, 5, 7, 8], 2 статті у науково-технічних збірках наукових праць [4, 6], 2 патенти України [10, 11], одне свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму [9].

Апробація результатів дисертації відображена у 13 тезах доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях [12 - 24], зокрема чотири [12, 18, 22, 24] апробації на конференціях, які входять до бази міжнародної організації ІЕЕЕ.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, списку використаної літератури та чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 166 сторінок, у тому числі 134 сторінки основного тексту, з них: 39 рисунків, 3 таблиці, список використаної літератури з 87 джерел на 12 сторінках та чотири додатки на 20 сторінках. Дисертація написана українською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі доводиться актуальність теми дисертації, обґрунтовується мета досліджень, наводиться об'єкт та предмет досліджень, формулюється наукова новизна, практична значимість отриманих наукових результатів, а також інформація про зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами. Наводяться відомості щодо реалізації, апробації, публікації наукових і практичних результатів дисертації та особистий внесок автора дисертаційної роботи у наукових статтях, які виконано у співавторстві.

У першому розділі, на основі аналізу структури та особливостей функціонування безпроводової телекомунікаційної мережі (ТКМ) як складової частини телекомунікаційної системи та шляхів забезпечення якості зв'язку,

показано, що інтенсивність трафіку перевищує реальну пропускну здатність (ПЗ) безпроводових технологій, а дисбаланс продовжує рости з ростом якості інформаційного потоку. Показано, що дисбаланс між інтенсивністю інформаційного потоку та ПЗ безпроводових інфокомунікаційних технологій зростає, особливо в умовах дії потужних електромагнітних завад.

В даний час значна увага приділяється методам множинного доступу з просторовим розділенням каналів SDMA (рис. 1).



Рис. 1. Класифікація методів множинного доступу

Просторовий розподіл дозволяє збільшити кількість корисних сигналів, (кількість активних абонентів), та пропускну здатність з'єднання між абонентською станцією та базовою станцією. SDMA поділяється на методи, що базуються на утворенні та без утворення діаграм спрямованості (ДС) антен (рис. 1).

Перспективним варіантом підвищення ефективності просторових методів МД є комбіновані методи МД, основою яких є просторовий. Комбіновані методи є комбінацією інших методів розподілу ресурсу, і реалізують стратегії, в яких вибір методу є адаптивним для різних користувачів з метою отримання характеристик використовуваного ресурсу каналу, близьких до оптимальних. В якості критерію оптимальності, як правило, приймають коефіцієнт використання пропускну здатності каналу. На основі протоколу виділення ресурсу за вимогою виконується налаштування параметрів каналу передачі під конкретну ситуацію.

Сумарна ПЗ ТКМ залежить від кількості використовуваних частотних каналів, способу розподілу частотно-територіального ресурсу, можливостей повторного використання частотних каналів, умов поширення радіохвиль та завадової обстановки. У загальному вигляді ПЗ визначається як:

$$C_M = \sum_{i=1}^{N_b} \sum_{j=1}^{N_c} C_{ij} \left(N_k, \vec{P}_{dost}, \vec{P}_{dupl}, K_{povt} \right), \quad (1)$$

де N_b – кількість базових станцій у мережі; N_c – кількість секторів на одну базову станцію; N_k – кількість каналів на одну базову станцію (сектор); C_{ij} – ін-

формаційна ємність на один сектор; \vec{P}_{dost} – вектор параметрів протоколу доступу до каналів; \vec{P}_{dupl} – вектор параметрів дуплексного розділення каналів; $K_{повт}$ - коефіцієнт повторного використання частот.

Показано, що алгоритм управління множинним доступом до середовища є «вузьким місцем» всієї мережі зв'язку та суттєво знижує її потенційну продуктивність.

Другий розділ дисертації спрямовано на вирішення з третьої по шосту задач досліджень, отримання першого, другого та третього наукового результату. На основі розрахунків ПЗ

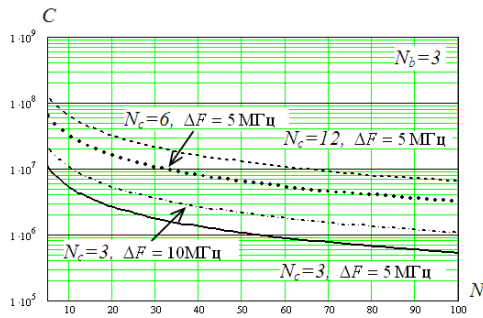


Рис. 2. Загальна ПЗ ТКМ

ТКМ показано, що у кожному конкретному випадку розрахунок ПЗ (1) вимагає урахування топології мережі, особливостей рельєфу місцевості, типу забудови, особливостей поширення радіохвиль, енергетичних співвідношень сигналів і завад, розташування абонентів. При цьому інформаційна ємність мережі може бути істотно збільшена за рахунок вибору параметрів модуляції, кодування,

потужності випромінювання передавача, характеристик спрямованості антен, способів обробки сигналів, синхронізації та протоколів доступу до каналів. Результати оцінки ПЗ ТКМ при зміні як частотного ресурсу так і ширини просторового сектору базових станцій в залежності від кількості абонентів та кількості секторів наведено на рис.2. Наведені розрахунки показують, що збільшення частотного ресурсу з 5 до 10 МГц призводить до збільшення ПЗ з $5 \cdot 10^5 \text{ біт/с/Гц}$ до 10^6 біт/с/Гц при 100 абонентах. У той же час збільшення кількості просторових секторів з 3 до 6 призводить до збільшення інформаційної ємності з $5 \cdot 10^5 \text{ біт/с/Гц}$ до $3 \cdot 10^6 \text{ біт/с/Гц}$ при однаковій кількості абонентів. Таким чином, збільшення просторових секторів обслуговування абонентів значно ефективніша за збільшення частотного ресурсу. Крім того ПЗ ТКМ з технологією просторового доступу може бути збільшена за рахунок одночасного незалежного обслуговування декількох користувачів та вибору оптимальної кількості обслуговуваних користувачів, за рахунок збільшення повної ПЗ системи при незмінній потужності передавача базової станції (БС).

Проведено моделювання основних властивостей методів доступу (МД) у ТКМ, зокрема кількості використовуваних частотних присвоєнь, способів розподілу частотно-територіального ресурсу, можливостей повторного використання частотних каналів, умов поширення радіохвиль, завадової обстановки та їх вплив на структуру і принципи функціонування ТКМ.

Результати дослідження дозволили зробити висновок, що найбільш ефективним є комбінований МД, основою якого є просторовий.

У теорії зв'язку всі просторові методи доступу поділяються на дві групи: - методи, що базуються без утворення діаграм спрямованості (ДС) антен та методи, що базуються на утворенні ДС. Результати досліджень МД показали, що в основу першої групи МД покладено технологію ММО, яка забезпечує збільшення пропускної здатності ТКМ за рахунок формування для кожного абонента в загальній смузі частот окремих кодованих каналів. Але при цьому виникає потреба в незалежній обробці безлічі перевідбитих сигналів, що суттєво обмежує пропускну здатність ТКМ. З іншого боку, застосування адаптивного формування ДС антен забезпечує збільшення дальності дії, зниження рівня інтерференції і збільшення ПЗ системи, однак вимагає організації значного числа просторових каналів і, як наслідок, значних геометричних розмірів антенної решітки.

Запропонований метод формування паралельних інформаційних потоків базується на використанні комбінації просторового та довільного методів. Даний метод реалізовано наступним алгоритмом.

Крок 1: Мобільний абонент (МА) здійснює запит на передачу до базової станції (БС).

Крок 2: БС отримує запит, визначає просторові координати МА, формує вузько спрямовану ДС та передає МА дозвіл на передачу інформації по створеному каналу.

Крок 3: БС оцінює співвідношення сигнал/завада у створеному каналі.

Крок 4: За результатами оцінки БС визначає тип модуляції сигналів, швидкість кодування та оптимізує довжину інформаційного пакету.

Крок 5: БС формує «нуль» у ДС антенної решітки у напрямку МА, який взято на обслуговування, що дозволяє уникнути колізій з можливими запитами інших МА.

Крок 6: МА формує та випромінює інформаційний пакет.

Крок 7: БС приймає, декодує інформацію та передає МА підтвердження прийому інформації.

В залежності від способу модуляції та типу антени БС, розрахована кількість абонентів, що обслуговується однією базовою станцією, зростає на 51,9 - 64%. Таким чином запропонований метод формування паралельних інформаційних потоків дозволяє підвищити пропускну здатність ТКМ та, як наслідок, покращити якість зв'язку.

На основі виконаної оцінки необхідної ширини променя для просторово виділеного каналу розраховані значення максимального розкриття променю за кутом місця для типових значень радіусу чарунки.

Виконано оцінку параметрів ФАР, що враховує частоту, схему комутації, тип фазаобертача, форму апертури, спосіб розміщення елементів АР. Методика дозволяє зменшити кількість елементів АР. На основі досліджень на аналі-

тичній моделі виявлено, що для отримання N_c променів у секторі сканування $\varphi_0 \pm 60^\circ$ необхідна кількість елементів АР N_{el} становить:

$$N_{el} \geq \frac{3}{2} N_c. \quad (2)$$

Виконана оцінка кількості просторово виділених каналів на один сектор чарунки. За результатами оцінки розрахована кількість абонентів, що обслуговуються однією базовою станцією в залежності від числа секторів антени і позиційності модуляції (табл. 1).

Застосування у запропонованому методі механізму формування вузько спрямованих променів дозволяє знизити вплив однієї чарунки на сусідні, що дає змогу збільшити ємність окремої чарунки. Кількість абонентів чарунки у традиційних системах стільникового зв'язку розрахована за допомогою моделі Ерланга з відмовами.

Таблиця 1

Результати розрахунків кількості абонентів, що обслуговуються однією базовою станцією

| Позиційність модуляції, M | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Кругова антена, 360° , $L = 1$ | | | | | |
| Коефіцієнт частотної ефективності, $\chi_{FE}(M)$, кан/БС | 45 | 74 | 52 | 53 | 46 |
| Обслуговуваний трафік, $A(M)$, ерл. | 44,16 | 75,65 | 51,73 | 52,81 | 45,24 |
| Кількість обслуговуваних абонентів, K_a | 1766 | 3026 | 2069 | 2112 | 1809 |
| Трисекторна антена, 120° , $L = 3$ | | | | | |
| Коефіцієнт частотної ефективності, $\chi_{FE}(M)$, кан/БС | 83 | 95 | 83 | 102 | 87 |
| Кількість каналів на сектор, $N_{сект}(M)$ | 27 | 31 | 27 | 34 | 29 |
| Обслуговуваний трафік у секторі, $A(M)$, ерл. | 24,94 | 29,17 | 24,94 | 32,37 | 27,05 |
| Кількість обслуговуваних абонентів на сектор, $K_{a сект}$ | 997 | 1166 | 997 | 1294 | 1082 |
| Кількість абонентів на БС, $K_{a БС}$ | 2991 | 3498 | 2991 | 3882 | 3246 |
| Шестисекторна антена, 60° , $L = 6$ | | | | | |
| Коефіцієнт частотної ефективності, $\chi_{FE}(M)$, кан/БС | 111 | 166 | 142 | 111 | 104 |
| Кількість каналів на сектор, $N_{сект}(M)$ | 18 | 27 | 23 | 18 | 17 |
| Обслуговуваний трафік у секторі, $A(M)$, ерл. | 15,55 | 24,94 | 20,74 | 15,55 | 14,52 |
| Кількість обслуговуваних абонентів на сектор, $K_{a сект}$ | 622 | 997 | 829 | 622 | 580 |
| Кількість абонентів на БС, $K_{a БС}$ | 2732 | 5985 | 4977 | 2732 | 3484 |

Виконана оцінка залежності кількості променів від кількості елементів ФАР. На основі досліджень на аналітичній моделі запропоновано розрахунок необхідної кількості елементів АР для заданої кількості променів у секторі сканування. Виявлено умову, за якої розділення крайніх променів ДС значно покращується. Проведено розрахунок розмірів ФАР для системи чистого SDMA. Розроблено комбінований метод множинного доступу. Запропоновано до однієї апертури підключити декілька наборів обладнання на БС. Мінімальну кількість променів N_c , необхідну для покриття сектора при наявності L секторів та ширини еліптичної зони l_a покриття n -го променя, обчислюють як

$$N_c \geq \frac{\pi R}{L \cdot l_a}$$

Для обраних параметрів N_c , використовуючи співвідношення (2), обчислюють кількість елементів на рядок AP та відповідно ширину AP для відомої частоти несучої $L_a = \lambda N_{e\mu}/2$ м.

Запропонований метод дозволяє при розмірі меншому AP обслуговувати більшу кількість абонентів.

У третьому розділі вирішено шосту та сьому задачі досліджень дисертації та отримано четвертий та п'ятий науковий результат.

Досліджено метод підвищення ПЗ каналів передачі інформації, які є складовими ПЗ ТКМ. Показано, що пропускна здатність каналу зв'язку залежить від виду і параметрів модуляції сигналу, ймовірностей помилок в радіоканалі, способу кодування, характеристик радіоканалу. При цьому оптимізація ПЗ каналів радіодоступу здійснюється за рахунок адаптивного налаштування каналу. Адаптивний алгоритм управління MAC-рівнем забезпечує такий набір параметрів, який оптимізує загальну ПЗ бездротового пристрою. У відповідь на зміни оточуючого середовища динамічна оптимізація змінює відразу кілька параметрів доступу до середовища передачі, мінімізуючи вплив завад та підвищуючи швидкість передачі інформації. При різних швидкостях передачі використовуються різні методи модуляції сигналів, тому для підтримки необхідного значення BER слід правильно обрати швидкість передачі.

Поріг фрагментації визначає розмір MAC-кадрів, переданих по радіоканалу. Якщо поріг занадто малий, накладні витрати, пов'язані з заголовками MAC- і фізичного рівнів, знижують загальну ПЗ. Та навпаки, якщо поріг занадто великий, MAC-кадри стають вразливими для завад. У загальному випадку задача оптимізації розміру фрагмента пакету передачі інформації у бездротових мережах є вирішення компромісу між ступенем використання вже задіяних ресурсів мережі і рівнем якості надання послуг. При цьому найбільш суттєвими параметром, який визначає якість обслуговування користувача, є пропускна здатність/швидкість передачі інформації в безпроводовій мережі.

На основі вже відомих наукових тверджень в роботі розроблено метод оптимізації фрагмента пакету передачі інформації при дії завад. Визначено співвідношення, яке пов'язує реальну ПЗ мережевого обладнання, довжину пакету даних та вплив завад на характеристики системи обслуговування.

$$R_e = V_k R_o \frac{n_p \left(1 - P_e[f(\vec{V}_m, q)] n_p^\varepsilon \right)}{(R_o t_A + n_p) + R_o T_v \left(P_e[f(\vec{V}_m, q)] n_p^\varepsilon \right)^z}, \quad (3)$$

де R_e - ефективна швидкість передачі інформаційних даних; R_o - потенційна швидкість передачі інформаційних даних; V_k - кодова швидкість; n_p - довжина пакету даних; t_A - час розповсюдження сигналів по каналу зв'язку; z - кількість повторних запитів; ε - показник групування похибок внаслідок завад; P_e - імовірність збою в пакеті довжиною n_p одного і більше елементів; \vec{V}_m - вектор параметрів модуляції, q - відношення сигнал/шум T_V - час на відновлення каналу внаслідок завад.

Аналіз показує, що швидкість передачі інформаційних даних має максимум та залежить від енергетичних характеристик сигналів, що приймаються. Причому має місце оптимальне значення довжини пакету. Таким чином, наведені розрахунки дозволяють здійснити алгоритм адаптивного управління за рахунок оптимального налаштування параметрів MAC- рівня в залежності від змін оточуючого середовища.

Для одного з випадків в дисертації проведена порівняльна оцінка швидкості передачі інформації при адаптивній оптимізації довжини інформаційного пакету, в залежності від завадової обстановки.

Зважаючи на те, що існуючі протоколи припускають заздалегідь визначений об'єм N інформаційного пакету, здійснюється його розбивка декілька інформаційних пакетів L . Розрахована реальна швидкість передачі цього інформаційного пакету R_{eN} за умов оптимальної розбивки на фрагменти та $R_e(L)$ за умов розбивки на L фрагментів, які визначені протоколом.

В роботі наведено залежності виграшу $\mu = R_{eN} / R_e(L)$ у швидкості передачі інформаційного пакету (ІП) від числа фрагментів L за різними показниками групування помилок ε та швидкостями кодування.

Використання оптимальної довжини пакету дозволяє *на порядок* збільшити швидкість передачі інформації. Наведені розрахунки отримані при $P_e=10^{-3}$, $T_V=5 \cdot 10^{-5}$ с, $t_r=2 \cdot 10^{-5}$ с. Вони дозволяють провести оцінку виграшу у швидкості передачі інформаційного пакету даних при оптимізації довжини пакету в залежності від оціненої завадової обстановки у каналі передачі.

На рис. 3 наведено результат впливу завад на ПЗ мережі при фрагментованих та нефрагментованих ІП. Фрагментація ІП на 52,7% підвищує ПЗ мережі при дії завад. Оптимальний розмір фрагмента n_{opt} значною мірою визначається ймовірністю помилки на біт інформації P_e , тобто відношенням сигнал/завада - q .

Виграш у пропускній здатності $\mu = \frac{C_{fr}}{C_{nfr}}$ мережі в залежності від рівня завад та розміру фрагменту ІП наведено на рис. 4.

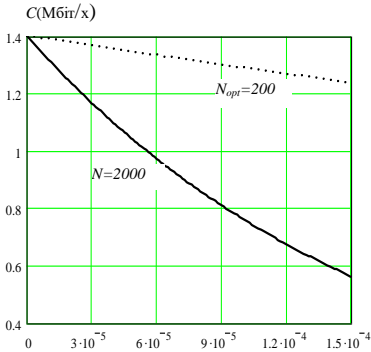


Рис. 3. Вплив фрагментації ІП на ПЗ мережі

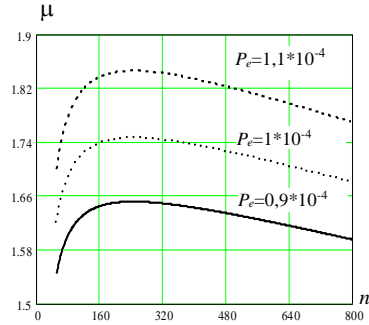


Рис. 4. Залежність виграшу ПЗ мережі від рівня завдан та розміру фрагменту ІП

Максимальний виграш у ПЗ мережі виникає при оптимальному розмірі ІП. Величина виграшу і оптимальний розмір фрагментованого ІП залежать від рівня завдан в каналі передачі. Таким чином виникає необхідність здійснювати внутрішньо смугове вимірювання завдової обстановки у каналі передачі, що використовується для зв'язку з БС, та на його основі визначати оптимальний розмір фрагмента пакету передачі інформації, причому фрагментацію здійснюють за умов перевищення визначеного порогу співвідношення сигнал/завода.

У роботі наведені приклади конкретної реалізації процесу оптимізації розміру фрагмента пакету передачі інформації у бездротових мережах при дії завдан. Показано, що використання розроблених методів дозволяє підвищити ПЗ мережі, швидкість передачі інформації та якість обслуговування в цілому. **У четвертому розділі** вирішені восьма та дев'ять задач дослідження. За допомогою розробленої імітаційної моделі перевірена можливість одночасного формування БС низки вузько спрямованих променів (рис. 5).

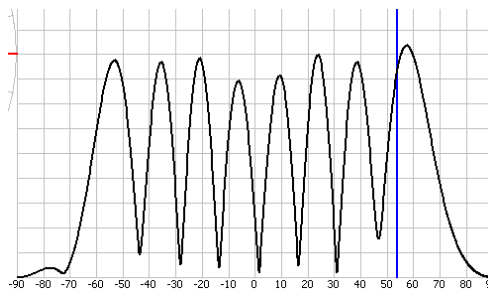


Рис. 5. Результат моделювання ДС 12-елементної антенної решітки для 8 променів

Виявлено, що для отримання N_c променів у секторі сканування $\varphi_{0\pm 60^\circ}$ необхідна кількість N_{el} елементів лінійної еквідистантної ЦАР з відстанню між елементами $d=\lambda/2$ повинна задовольняти умові (2).

Базуючись на розробленому у дисертаційній роботі комбінованому методі множинного доступу в телекомунікаційних системах з радіодоступом та методі оптимізації розміру фрагмента пакету передачі інформації у бездротових мережах при дії завад створено гібридну модель для оцінки поточної ПЗ ТКМ (рис. 6) та імітаційну модель мережі БС (рис. 7).

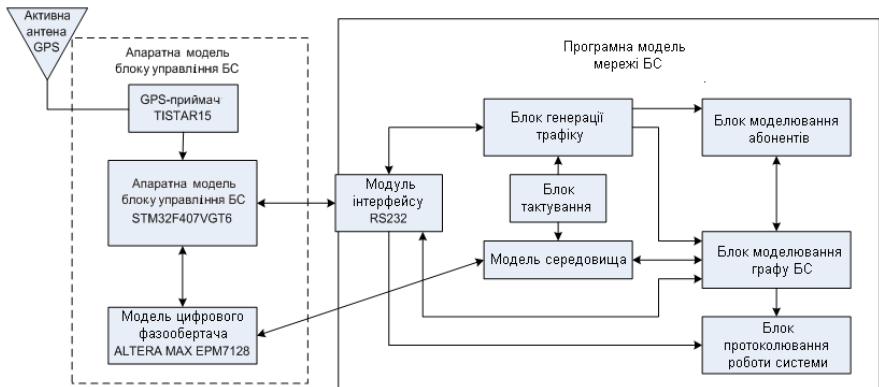


Рис. 6. Загальна схема гібридної імітаційної моделі

Синтезовано алгоритм для реалізації методу оптимізації розміру пакету передачі інформації у бездротових мережах при дії завад.

Синтезовано алгоритми для реалізації комбінованого методу множинного доступу та методу зваженого аналізу діапазону та планування розподілу каналів для формування паралельних інформаційних потоків.

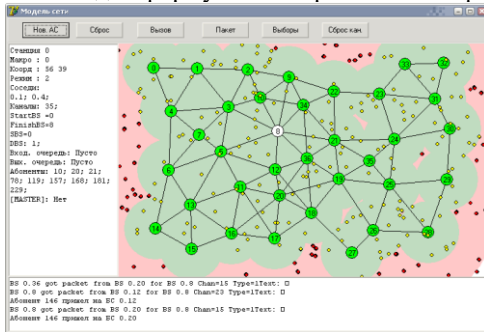


Рис. 7. Фрагмент вікна імітаційної моделі мережі БС

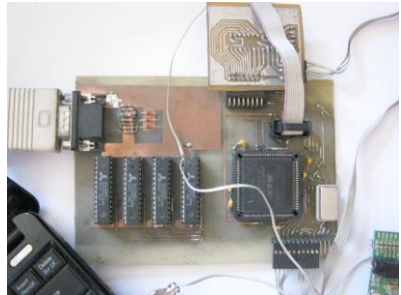


Рис. 8. Прототип модуля формування діаграми спрямованості ЦАР

Отримані за темою досліджень 2 патенти України та свідоцтво на комп'ютерну програму підтверджують новизну та практичну значущість розроблених у дисертації прототипів модуля формування діаграми спрямованості цифрової антенної решітки (рис. 8) та блоку керування зв'язком між базовими станціями.

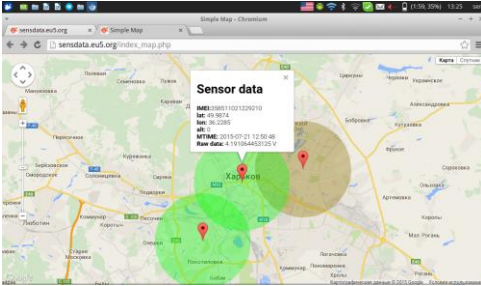


Рис 9. Інтерфейсне вікно системи моніторингу грозової обстановки

Розроблений метод оптимізації довжини пакета було використано при створенні регіональної програмно-апаратної системи моніторингу грозової обстановки (рис.9), у якій пристрої збору інформації формують та передають на центральний сервер інформаційні пакети з вимірними значеннями напруженості електричного поля та грозових розрядів. Розробка та впровадження системи

виконувалися на базі НДПКІ «Молнія».

Показано, що використання запропонованих пристроїв та розроблених комп'ютерних програм дозволяє підвищити ПЗ бездротових телекомунікаційних систем при дії завад. Розроблені пристрої, алгоритми та програми практично застосовані під час проектування і створення системи раннього попередження про грозову небезпеку.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-прикладну задачу з розробки моделей і методів формування паралельних інформаційних потоків у безпроводових телекомунікаційних системах для підвищення якості обслуговування при наданні послуг в умовах дії потужних завад. Проведені у дисертації дослідження, результати вирішення частинних наукових задач, а також результати розрахунків ПЗ мережі та порівняльного аналізу отриманих результатів дали змогу отримати наступні наукові та практичні результати.

1. Аналіз методів множинного доступу в безпроводових ТКС показав, що найбільш ефективним підходом підвищення пропускної здатності ТКС є вдосконалення та розробка комбінованих методів множинного доступу. На основі аналізу методів підвищення пропускної здатності в безпроводових ТКС були обґрунтовані напрямки розробки нових та вдосконалення існуючих методів передачі інформації, а саме, методів формування паралельних

інформаційних потоків та методів оптимізації довжини інформаційних пакетів.

2. Вперше розроблено комбінований метод множинного доступу в мережах радіодоступу, який полягає у тому, що базові станції формують багатопробеневі канали зв'язку, та для кожного користувача за його запитом створюють тимчасовий канал зв'язку у відповідному вузьконаправленому промені, попередньо визначивши місце розташування користувача. Це дозволило підвищити пропускну здатність телекомунікаційної мережі, особливо в умовах дії потужних завад.

4. Розроблено метод управління просторовим виділенням каналів у мережах радіодоступу, новизна якого полягає у тому, що за запитом користувачів цифрова антенна решітка базової станції формує кожному з них вузьконаправлений промінь, що дозволяє зменшити кількість променів для обслуговування користувачів.

5. Розроблено модель для оцінки поточної пропускну здатності телекомунікаційної мережі та стану її компонентів.

6. Розроблено модель управління просторовим виділенням каналів у мережах з радіо доступом: на основі оцінки необхідної ширини променя для просторово виділеного каналу розраховані значення максимального розкриття променю за кутом місця для типових значень радіусу стільника; розрахунок параметрів ЦАР, що враховує частоту, схему комутації, тип фазообертача, форму апертури, спосіб розміщення елементів АР, дозволяє зменшити кількість елементів АР; за результатами оцінки кількості просторово виділених каналів на один сектор стільника розрахована кількість абонентів, що обслуговуються однією базовою станцією в залежності від числа секторів антени і позиційності модуляції.

7. На основі досліджень на аналітичній моделі запропоновано розрахунок необхідної кількості елементів АР для заданої кількості променів у секторі сканування. Виявлено умову, за якої розділення крайніх променів ДС значно покращується.

8. Вперше запропоновано метод оптимізації довжини інформаційного пакету передачі інформації у безпроводових мережах при дії завад, який відрізняється тим, що в залежності від рівня завад, швидкості кодування та типу модуляції формується оптимальна довжина інформаційного пакету. Показано, що використання запропонованого методу дозволить на порядок збільшити швидкість передачі інформації за рахунок використання оптимальної довжини ПП, на 52,7% підвищити ПЗ ТКС при дії завад та на 51,9% - 64% збільшити кількість абонентів, яких обслуговує одна БС.

9. Розроблено та реалізовано програмно-апаратну модель системи управління адаптивною безпроводовою телекомунікаційною мережею, яка є засобом для аналізу розроблених у дисертаційній роботі методів підвищення швидкості передачі інформації за рахунок адаптивного управління

параметрами просторово виділених каналів. Виконана апаратна реалізація прототипів окремих модулів системи підтвердила практичну застосовність розроблених у дисертації методів.

10. Відповідно до завдань досліджень у дисертації розроблено прототип модуля формування діаграми спрямованості фазованої антенної решітки, який дає можливість одночасного формування низки вузьконаправлених променів.

11. Обґрунтування отриманих результатів засновано на коректному застосуванні основних положень теорії електричного зв'язку, математичної статистики, теорії ймовірностей та оптимізації, теорії інформації та кодування.

12. Достовірність отриманих результатів підтверджується коректним використанням фундаментальних положень і результатів відомих теоретичних досліджень, адекватністю результатів експериментальних та теоретичних досліджень, отриманих на основі програмної реалізації та імітаційної моделі.

13. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи доцільно використовувати:

- при проведенні науково-дослідних та інженерно-конструкторських робіт з модернізації нових чи створення нових бездротових телекомунікаційних систем, орієнтованих на підвищення їх ПЗ;
- при вивченні навчальних дисциплін з теорії телетрафіку та електромагнітної сумісності ТКС.

Мета дослідження, яка полягає у підвищенні якості обслуговування в ТКМ за показником ПЗ на основі вдосконалення моделей і методів формування паралельних інформаційних потоків, досягнута.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Міжнародні публікації в збірниках, що входять до міжнародних науково-метричних баз:

1. Никитин С.А. Гибридная модель модуля управления когнитивной самоорганизующейся сети базовых станций [Текст] / А.А.Серков, И.И.Обод, С.А.Никитин // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. – № 15(158). Вып. 27/1. – С. 228 – 232.

2. Nikitin S. Prototype of the Management Module for Cognitive Self-Organizing Base Stations Network [Text] / A. Serkov, I. Obod, S. Nikitin // Nauka i Studia. – Przemysl: Nauka i Studia, 2015. – № 16 (147). – P. 74 – 79.

Статті в наукових фахових виданнях України:

3. Нікітін С.О. Метод підвищення ефективності використання радіочастотного діапазону для мереж IEEE 802.22WRAN. [Текст] / О.А.Серков, С.О.Нікітін, Л.О.Нікітіна // Вісник НТУ “ХПІ” Зб. наук. праць. Тем. вип. “Тех-

ніка і електрофізика високих напруг”. – Х.: НТУ “ХПІ”. – 2011 – № 49 – С. 139-145.

4. Нікітін С.О. Адаптивна оптимізація швидкості передачі у просторово-виділених каналах бездротових телекомунікаційних мереж [Текст] / С.О.Нікітін // Кафедра систем інформації: Зб. наук. праць / Під ред. проф. В.О. Кравця та проф. О.А. Серкова– Х., 2013. – С. 239 – 244.

5. Нікітін С.О. Комбіновані методи множинного доступу у телекомунікаційних мережах [Текст] / О.А.Серков, І.І. Обод, С.О.Нікітін // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: ХВУ, 2013. – Вип. 6(113). – С. 30-35.

6. Нікітін С.О. Модель адаптивної самоорганізованої мережі базових станцій [Текст] / С.О.Нікітін, О.А.Серков, М.В.Ірха, С.Міванов // Кафедра систем інформації [Текст]: Зб. наук. праць / Під ред. проф. Кравця В.О. та проф. Серкова О.А. – Х.: 2014. – С. 244 – 248.

7. Никитин С.А. Система раннього предупреждения грозовой опасности [Текст] / А.А. Серков, С.А. Никитин, В.И. Кравченко, В.В. Князев // Вісник НТУ “ХПІ” Зб. наук. праць. Тем. вип. “Техніка і електрофізика високих напруг”. – Х.: НТУ “ХПІ”. – 2015 – №51 (1160) – С. 95-99.

8. Нікітін С.О. Методи підвищення пропускної здатності мереж радіодоступу / В.С.Бреславець, С.О.Нікітін // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: ХВУ, 2016. – Вип. 2 (139). – С. – 89-91.

Патенти України на корисну модель:

9. Свідоцтво України № 24621 від 31.05.2008 про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма інтерактивного аналізу експериментальних даних и генерації отчетов [Текст] / О.А.Серков, С.О.Нікітін, В.О.Кравець, Л.О.Нікітіна.

10. Патент України на корисну модель № 70174, МПК (2012.01) H04L 12/00. Спосіб передачі інформації [Текст] / І.І.Обод, Л.О.Нікітіна, С.О.Нікітін, І.В. - № u 2011 14690; заявл. 12.12.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10.

11 Патент України на корисну модель № 70955, МПК (2012.01) H04L 12/00. Спосіб передачі інформації [Текст] / І.І.Обод, Л.О.Нікітіна, С.О.Нікітін, І.В. - № u 2012 00074; заявл. 03.01.2012; опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12.

Статті у збірниках за матеріалами конференцій:

12. Нікітін С.О. Програмний комплекс для обробки результатів експериментів [Текст] / О.А.Серков, В.І.Кравченко, С.О.Нікітін, Л.О.Нікітіна // 3-й МРФ «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». МРФ – 2008. Сб. науч. тр. Том VI. МК «ЭМС». – Х.: АНПРЭ, 2008. – С. 96 – 99.

13. Нікітін С.О. Метод просторової селекції сигналів та притлумлення завад [Текст] / О.А.Серков, С.О.Нікітін, С.Ю.Скоблiков // Інформаційні техно-

логії: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доп. XIX МНПК, Ч.IV (1-3 червня 2011р., Харків). – Х.:, НТУ «ХП» –С.140.

14. Нікітін С.О. Порівняльний аналіз методів доступу в безпроводних мережах [Текст] / І.І.Обод, Л.О.Нікітіна, С.О.Нікітін, Чиор Ель Хаджи Шейку // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доп. XX МНПК, Ч.IV (15-17 травня 2012р., Харків). – Х.:, НТУ «ХП». – С.78.

15. Нікітін С.О. Когнітивні інфокомунікаційні системи [Текст] / В.О. Кравець, О.А.Серков, Л.О.Нікітіна, С.О.Нікітін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доп. XX МНПК, Ч.IV (15-17 травня 2012р., Харків). – Х.:, НТУ «ХП». – С.76.

16. Нікітін С.О. Технічні засоби керування діаграмою спрямованості антени для мереж IEEE 802/22 WRAN [Текст] / О.А.Серков, Л.О.Нікітіна, С.О.Нікітін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доп. XX МНПК, Ч.IV (15-17 травня 2012р., Харків). – Х.:, НТУ «ХП». – С.102.

17. Нікітін С.О. Метод керування діаграмою спрямованості фазованої антенної решітки [Текст] / О.А.Серков, Л.О.Нікітіна, С.О.Нікітін // Інформаційні проблеми теорії акустичних, радіоелектронних і телекомунікаційних систем IPST-2012: Тези доп. I МНТК, (25-29 вересня 2012р., Крим, Алушта). – Х.:, НТУ «ХП» - С.11.

18. Никитин С.А. Модели и методы управления ресурсом в адаптивных телекоммуникационных сетях / С.А.Никитин, А.А.Серков // 23-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013). Севастополь, 8-13 сентября 2013 г.: материалы конф. в 2 т. — Севастополь : Вебер, 2013. — 1339 с.

19. Никитин С.А. Методы повышения пропускной способности каналов связи телекоммуникационной сети [Текст] / А.А.Серков, С.А.Никитин, // Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникаций на базе цифровизации: Тез. докл. 26 МНПК, (23 – 28 сентября 2013р., Крым, Алушта). – Х.:, УкрГАЗТ.

20. Нікітін С.О. Модель керування ресурсом у безпроводних телекомунікаційних мережах [Текст] / О.А.Серков, С.О.Нікітін, // Проблеми інформатики и моделирования (ПИМ-2013): Тез. докл. 13 МНТК, (23 – 29 сентября 2013 г., г. Ялта, Крым). – Х.:, НТУ «ХП», 2013. – С. 13.

21. Никитин С.А. Методы повышения качества каналов связи телекоммуникационной сети [Текст] / А.А.Серков, И.И.Обод, С.А.Никитин, // Информационные проблемы теории акустических, радиоэлектронных и телекоммуникационных систем IPST-2013: Тез. докл. II МНТК, (28 сентября - 02 октября 2013р., Крым, Алушта). – Х.:, НТУ «ХП».

22. Нікітін С.О. Концепція побудови регіональної системи моніторингу грозової небезпеки [Текст] / О.А.Серков, В.І. Кравченко, С.О.Нікітін // Сб. на-

учн. трудов І МНТК "Проблеми електромагнітної сумісності перспективних безпроводних мереж зв'язу" (ЭМС-2015). 27 - мая 2015, г. Харьков. – Х.: ХНУРЕ, 2015. – С. 93 – 95.

23. Никитин С.А. Система сбора и обработки распределенной информации [Текст] / А.А.Серков, С.А.Никитин, И.В.Савран // Труды XV МНТК "Проблеми інформатики і моделювання (ПІМ-2015)", 14 – 18 вересня 2015, г. Одеса. - С. 23.

24. Nikitin S. Thunderstorm Hazards Early Warning System / A. Serkov, S. Nikitin, V. Kravchenko V. Knyazev // Second International Scientific-Practical Conference "Problems of Infocommunications. Science and Technology" (IEEE PIC S&T' 2015, October 13-15 2015) Kharkiv, Ukraine.– С. 137-138.

АНОТАЦІЯ

Нікітін С.О. Моделі і методи підвищення якості зв'язку в безпроводних телекомунікаційних системах на основі формування паралельних інформаційних потоків. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Український державний університет залізничного транспорту, Харків, 2016.

В дисертаційній роботі вирішується актуальна науково-технічна задача – розробка методів і моделей підвищення ефективності роботи телекомунікаційних систем з радіо доступом в умовах дії потужних електромагнітних завад для підвищення якості наданих послуг.

Мета роботи – підвищення якості обслуговування в телекомунікаційних системах за показником пропускної здатності шляхом вдосконалення моделей і методів формування паралельних інформаційних потоків.

У дисертаційній роботі вперше розроблено комбінований метод множинного доступу в мережах радіодоступу, який дозволяє підвищити пропускну здатність телекомунікаційної мережі в умовах дії потужних завад. Сутність методу полягає у тому, що базові станції формують багатопроменеві канали зв'язку, та для кожного користувача за його запитом створюють тимчасовий канал зв'язку у відповідному вузьконаправленому промені, попередньо визначивши місце розташування користувача.

Розроблено метод управління просторовим виділенням каналів у мережах радіодоступу, який відрізняється від існуючих тим, що за запитом користувачів цифрова антенна решітка базової станції формує кожному з них вузьконаправлений промінь, що дозволяє зменшити кількість променів для обслуговування користувачів.

Запропоновано модель управління просторовим виділенням каналів у мережах з радіодоступом, новизна якої полягає у тому, що за запитом

користувачів цифрова антенна решітка базової станції формує кожному з них вузько спрямований промінь.

Розроблено математичну модель оцінки поточної пропускної здатності телекомунікаційної мережі та стану її компонентів на основі просторового розділення користувачів. Запропонована модель дозволяє виконати оцінку впливу завад на швидкість передачі інформації у пакетних системах передачі даних, оцінити характеристики бездротового середовища передачі даних та надати бездротовому пристрою можливість динамічно змінювати параметри MAC-рівня в залежності від зміни параметрів середовища.

Запропоновано метод оптимізації довжини інформаційного пакету передачі інформації у бездротових мережах при дії завад. Відмінність від існуючих полягає у тому, що оптимальна довжина переданого пакету формується в залежності від рівня завад і типу модуляції, що дозволяє підвищити швидкість передачі інформації, пропускну здатність мережі та якість обслуговування в цілому.

Новизна отриманих результатів підтверджується відсутністю розроблених моделей та методів в існуючих технологіях забезпечення вимог QoS в телекомунікаційних системах.

Методи і моделі, розроблені в ході виконання дослідження, були перевірені за допомогою імітаційного комп'ютерного моделювання. Розроблений метод оптимізації довжини пакета був використаний при створенні регіональної програмно-апаратної системи моніторингу грозової обстановки.

Наукові і практичні результати дисертаційної роботи доцільно використовувати при проведенні науково-дослідних та інженерно-конструкторських робіт з метою підвищення пропускної спроможності бездротових телекомунікаційних систем.

Ключові слова: безпроводові телекомунікаційні системи, множинний доступ, багатопроменеві канали зв'язку, завади, паралельні інформаційні потоки, пропускну здатність мережі, якість обслуговування.

АННОТАЦІЯ

Никитин С. А. Модели и методы повышения качества связи в беспроводных телекоммуникационных системах на основе формирования параллельных информационных потоков. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, 2016.

В диссертационной работе решается актуальная научно-техническая задача – разработка методов и моделей повышения эффективности работы телекоммуникационных систем с радиодоступом в условиях действия мощных электромагнитных помех для повышения качества предоставляемых услуг.

Цель работы – повышение качества обслуживания в телекоммуникационных системах по показателю пропускной способности путем усовершенствования моделей и методов формирования параллельных информационных потоков.

В диссертационной работе впервые разработан комбинированный метод множественного доступа в сетях радиодоступа, который позволяет повысить пропускную способность телекоммуникационной сети в условиях действия мощных помех. Сущность метода заключается в том, что базовые станции формируют многолучевые каналы связи, и для каждого пользователя по его запросу создают временный канал связи в соответствующих узконаправленных лучах, предварительно определив местоположение пользователя.

Разработан метод управления пространственным выделением каналов в сетях радиодоступа, который отличается от существующих тем, что по запросу пользователей цифровая антенная решетка базовой станции формирует для каждого из них узконаправленный луч, что позволяет уменьшить количество лучей для обслуживания пользователей.

Предложена модель управления пространственным выделением каналов в сетях с радиодоступом, новизна которой заключается в том, что по запросу пользователей цифровая антенная решетка базовой станции формирует каждому из них узко направленный луч.

Разработана математическая модель оценки текущей пропускной способности телекоммуникационной сети и состояния ее компонентов на основе пространственного разделения пользователей. Предложенная модель позволяет выполнить оценку влияния помех на скорость передачи информации в пакетных системах передачи данных, оценить характеристики беспроводной среды передачи данных и предоставить беспроводному устройству возможность динамически изменять параметры MAC-уровня в зависимости от изменения параметров среды.

Предложен метод оптимизации длины информационного пакета передачи информации в беспроводных сетях при воздействии помех. Отличие от существующих состоит в том, что оптимальная длина передаваемого пакета формируется в зависимости от уровня помех и типа модуляции и позволяет повысить скорость передачи информации, пропускную способность сети и качество обслуживания в целом.

Новизна полученных результатов подтверждается отсутствием разработанных моделей и методов в существующих технологиях обеспечения требований QoS в телекоммуникационных системах.

Методы и модели, разработанные в ходе выполнения исследования, были проверены с помощью имитационного компьютерного моделирования. Разработанный метод оптимизации длины пакета был использован при создании региональной программно-аппаратной системы мониторинга грозовой обстановки.

Научные и практические результаты диссертационной работы целесообразно использовать при проведении научно-исследовательских и инженерно-конструкторских работ с целью повышения пропускной способности беспроводных телекоммуникационных систем.

Ключевые слова: беспроводные телекоммуникационные системы, множественный доступ, многолучевые каналы связи, помехи, параллельные информационные потоки, пропускная способность сети, качество обслуживания.

ABSTRACT

Nikitin S.A. Models and methods for improving the quality of communication in wireless telecommunications systems based on the formation of parallel information flows. – Manuscript.

The dissertation on competition of an academic degree of Technical Sciences Candidate in the specialty 05.12.02 – Telecommunication systems and networks. – Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, 2016.

The thesis deals with actual scientific and technical problem - the development of methods and models for increasing the efficiency of telecommunication systems with wireless access in conditions of strong electromagnetic interference to improve the quality of services provided.

The purpose of the work is improving the quality of service in telecommunication systems in terms of capacity by improving the models and methods of formation of parallel information flows.

It was developed a new combined multiple access technique, the novelty of which is that the base stations form a multipath channels. For user's request is determined his location and a temporary channel in the corresponding narrowly focused beam is created.

A new method of optimizing the size of the fragment of information transmitted under the influence of noise was proposed. The optimal length of the fragment depends on the interference level and modulation type. This allows you to increase the speed of information transmission, bandwidth and quality of service as a whole.

Model was developed for the assessment of any component of the network and the telecommunications network bandwidth. The model allows reduce the time of data transmission, the size of service traffic by taking into account the current state of the environment and forecasting its changes.

This allows to provide load balancing of communication channels and to improve the overall level of QoS.

The methods and models developed in the research were verified by computer simulation. The developed method for optimizing the length of the package was used in the software and hardware of a regional thunderstorm environment monitoring system.

Scientific and practical results of the thesis can be used in carrying out research and engineering design works to increase the capacity of wireless communications systems.

Key words: wireless telecommunication systems, multiple-access, multi-path communication channels, interference, parallel information flows, network bandwidth, quality of service.

НІКІТІН СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.327:681.5

**МОДЕЛІ І МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ В
БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ НА
ОСНОВІ ФОРМУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ПОТОКІВ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підп. до друку 03.10.16. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Друк цифровий. Гарнітура Times. Ум.-друк. арк. 1,2.
Тираж 100 прим. Зам. №1212

Віддруковано в ТОВ «ДРУКАРНЯ МАДРИД»
61024, Харків, вул. Максиміліанівська, 11
Тел.: (057) 756-53-25

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
Серія ДК, № 4399 від 27.08.2012 р.
www.madrid.in.ua e-mail: info@madrid.in.ua