

Голові спеціалізованої вченої ради Д 26.861.01
Державного університету телекомунікацій
доктору технічних наук, професору Толубку В.Б.
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7

Відгук

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента Кайдана Миколи Володимировича на дисертаційну роботу Плюща Олександра Григоровича на тему «Моделі та методи обробки інформації в мобільних мережах на основі багатопозиційних ширококутових сигналів» представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Актуальність теми дисертації

При модернізації мереж мобільного зв'язку розробники зазвичай приділяють збільшенню пропускну здатності, ємності та швидкості передачі інформації, так само як і покращенню якості послуг. Ця тенденція наочно ілюструється впровадженням технологій мобільного зв'язку четвертого та п'ятого поколінь. В той самий час, не для всіх мереж мобільного зв'язку зазначені характеристики є визначальними. Існують вузькоспеціалізовані мережі мобільного зв'язку, для яких головними є такі характеристики, як захист інформації від перехоплення, підвищення завадозахищеності та скритності передачі інформації. З доступних літературних джерел, саме розробці моделей та методів для таких мобільних мереж приділяється недостатньо уваги. Ці проблеми постають дуже гостро також при побудові захищених телекомунікаційних каналів управління дронами, або безпілотними літальними апаратами.

Використання ширококутових сигналів є загальновідомим засобом покращення характеристик захисту інформації від перехоплення, завадозахищеності та скритності її передачі. Хоча у військових застосуваннях ширококутові сигнали давно використовуються для забезпечення зазначених характеристик, в мережах мобільного зв'язку їх застосування обмежене лише організацією багатоабонентського доступу в системах з CDMA. В цих системах використовуються псевдовипадкові кодові послідовності синтезовані з примітивних поліномів певного порядку, в той час як застосуванню зазначених послідовностей для забезпечення скритності та завадозахищеності потрібної уваги не приділяється.

З іншого боку адаптивні антенні решітки (ААР) знаходять все більш широке застосування в мережах мобільного зв'язку. При використанні ААР також створюється можливість підвищити завадозахищеність та скритність передачі інформації. При цьому існує мала кількість посилань в літературних

509
08 04 24

джерелах про комплексне використання ААР та широкосмугових сигналів для вирішення поставлених проблем. Наприклад, однією з проблем при реалізації технологій з ААР є формування опорного сигналу решітки, що не завжди легко здійснити. В деяких літературних джерелах припускають, що саме технології прямого розширення спектру за допомогою псевдовипадкових кодових послідовностей можуть бути використані для отримання опорних сигналів для налаштування ААР.

Наведене вище дозволяє стверджувати, що проблема розробки моделей та методів обробки інформації в мобільних мережах на основі багатопозиційних широкосмугових сигналів з метою підвищення їх стійкості до середовища розповсюдження, завадозахищеності та скритності передачі інформації є безсумнівно актуальною та потребує свого вирішення.

Загальна характеристика роботи

У **вступі** представлено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет дослідження, пояснено зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами досліджень Державного університету телекомунікацій. Також вступ містить наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів, особистий внесок здобувача, відомості про апробацію та практичне впровадження результатів і публікації.

Перший розділ роботи присвячено аналізу характеристик розповсюдження сигналів в мобільному радіоканалі. Показано, що найбільшу загрозу для радіосигналу створюють швидкі завмирання обумовлені багатопроменевим розповсюдженням. Розглянуто такі характеристики швидких завмирань як інтервал когерентності та профіль затримки потужності. Проаналізовано різні методи захисту інформації від перехоплення та прослуховування в телекомунікаційних каналах.

Проведено аналіз методів протидії швидким завмиранням та захисту інформації і зроблено висновок, що комплексне вирішення цих проблем можливо найкращим чином при комбінованому застосуванні адаптивних антенних решіток та широкосмугових сигналів з прямим розширенням спектру. Уточнено науково-прикладну проблему дослідження та підкреслено що розуміється під підвищенням ефективності, а саме забезпечення стійкості до багатопроменевого розповсюдження, завадозахищеності, скритності передачі інформації та захисту її від перехоплення.

У **другому розділі** проведено дослідження методів обробки сигналів в адаптивних антенних решітках для мобільних мереж. Отримано метод налаштування адаптивної антенної решітки який не потребує наявності опорного сигналу решітки. Досліджено характеристики методу при застосуванні схем ШАРП та жорсткого обмежувача і в телекомунікаційному середовищі. Вивчено вплив власних чисел та власних векторів кореляційної матриці антенної решітки на перехідні процеси в градієнтних алгоритмах найшвидшого спуску. Як результат, удосконалено метод адаптації антенних решіток та розроблено універсальний інтегральний показник оцінки

характеристик їх налаштування. Досліджено як точно цей показник передбачає поведінку перехідних процесів в ААР.

Третій розділ присвячено дослідженням застосування псевдовипадкових кодових послідовностей з метою підвищення завадозахищеності та скритності передачі інформації. Вивчені автокореляційні властивості псевдовипадкових кодових послідовностей та зроблено висновок про доцільність використання таких послідовностей для приховування корисного сигналу та для його втаємничення. Досліджено використання двостороннього обмежувача сигналів на вході стискаючого фільтра при застосуванні псевдовипадкових кодових послідовностей з метою узгодження динамічних діапазонів сигнальної суміші та приймального пристрою. Розроблено метод створення телекомунікаційного каналу в якому комплексно використовуються псевдовипадкові кодові послідовності різної тривалості. Проведенні дослідження характеристик побудованого каналу.

В четвертому розділі розроблено концепцію побудови мережі мобільного зв'язку, яка на відмінно від існуючих застосовує нові принципи побудови цієї мережі, таких як принципи синергії, універсальності, безперервного розвитку системи, загального блага та інші. За допомогою побудованої концепції, розроблено метод обробки сигналів в мережах мобільного зв'язку з багатопозиційними ширококутовими сигналами. Підкреслено, що цей метод передбачає використання розроблених в роботі моделей та методів обробки інформації в мобільних мережах з багатопозиційними ширококутовими сигналами.

П'ятий розділ присвячено опису проведеного комп'ютерного експерименту для перевірки існуючих та нових моделей та методів обробки багатопозиційних ширококутових сигналів. Моделі та методи перевірені в простих ситуаціях з наочним фізичним тлумаченням, що показало їх ефективність та відповідність висунутим умовам.

В висновках дисертаційної роботи підсумовано наукову новизну та практичну цінність проведених наукових досліджень.

Список літературних джерел та посилань на них в тексті дисертації свідчить, що під час роботи було використано широке коло сучасних результатів наукових досліджень провідних вчених світу.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи достатньо висвітлені в публікаціях в фахових наукових журналах та науково-технічних міжнародних конференціях.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності обробки інформації в мобільних мережах на основі багатопозиційних ширококутових сигналів для забезпечення потрібної завадозахищеності, скритності передачі інформації та протидії багатопроменевому розповсюдженню сигналів.

Об'єкт дослідження – процеси функціонування мобільних мереж на основі багатопозиційних ширококутових сигналів.

Предмет дослідження – моделі та методи обробки інформації в мобільних мережах з багатопозиційними ширококутовими сигналами.

Наукова новизна результатів отриманих в дисертаційній роботі полягає в наступному:

1. Розроблено метод обробки сигналів в адаптивних антенних решітках для мобільних мереж, наукова новизна якого полягає в тому, що він не потребує наявності опорного сигналу решітки. Це дозволяє суттєво спростити технічну реалізацію таким систем;

2. Удосконалено метод адаптації антенних решіток, який на відміну від існуючих враховує раптові зміни в завадовому середовищі, що значно покращує перехідні характеристики решітки і надає вигоду у відношенні сигнал/завада;

3. Розроблена модель оцінки характеристик налаштування адаптивних антенних решіток, наукова новизна якої полягає в тому, що вона комплексно враховує розподіл власних чисел кореляційної матриці решітки, квадрати направляючих косинусів оптимального вагового вектору на власні вектори кореляційної матриці антенної решітки та слід цієї кореляційної матриці і це дозволяє не проводити затратне імітаційне комп'ютерне моделювання при дослідженні та проектуванні систем;

4. Розроблено метод дослідження властивостей псевдовипадкових кодових послідовностей, наукова новизна якого полягає в тому, що він використовує імітаційне комп'ютерне моделювання суміші корисного сигналу, власних шумів та завади що маскує для перевірки автокореляційних властивостей цих послідовностей. Це надає спроможність дослідити застосування псевдовипадкових кодових послідовностей синтезованих з примітивних поліномів восьмого, дев'ятого та десятого порядків для розширення спектру бітової послідовності з метою приховування корисного сигналу в адитивній суміші власних шумів та завади що маскує;

5. Розроблено метод двостороннього обмежування сигналів на вході стискаючого фільтра ширококутових сигналів, наукова новизна якого полягає в тому, що він використовується для обмеження псевдовипадкових кодових послідовностей отриманих з примітивних поліномів. Це дозволяє усунути проблеми обмеження динамічного діапазону приймального пристрою при дії потужної ширококутової завади;

6. Розроблено метод створення телекомунікаційного каналу, наукова новизна якого полягає в тому, що він комплексно використовує чотири різні псевдовипадкові кодові послідовності по 256 чипів для розширення спектру бітів корисної інформації та 10 різних псевдовипадкових послідовностей тривалістю 32768 чипів з 128 циклічними зсувами кожна для позначення меж кадру та додаткового скремблювання інформації. Цей метод дозволяє при утворенні 5120 різних триплетів «коротка псевдовипадкова послідовність-тривала псевдовипадкова послідовність-циклічний зсув тривалої псевдовипадкової послідовності» за рахунок переходу від одного триплету до

іншого від кадру до кадру значно підвищити захист інформації від перехоплення;

7. Розроблено концепцію побудови системи мобільного зв'язку, наукова новизна якої полягає в тому, що вона застосовує нові принципи побудови такої системи: синергії, універсальності, безперервного розвитку системи та розроблені методи обробки багатопозиційних ширококутових сигналів. Це дозволяє підвищити ефективність мереж мобільного зв'язку що розробляються;

8. Розроблено метод обробки сигналів в мережах мобільного зв'язку з багатопозиційними ширококутовими сигналами, наукова новизна якого полягає в тому, що він застосовує принцип синергії та розроблені методи і моделі. Це дозволяє одночасно забезпечити в системі спеціального мобільного зв'язку прихованість передачі інформації, її захищеність від перехоплення та стійкість до багатопроменевого розповсюдження;

9. Розроблені комп'ютерні експериментальні моделі, наукова новизна яких полягає в тому, що вони ґрунтуються на моделях та методах обробки інформації в мобільних мережах з багатопозиційними ширококутовими сигналами. Це дозволяє перевіряти характеристики нових моделей та методів без виготовлення коштовних натурних зразків.

Таким чином, проведені наукові дослідження і отримані результати забезпечили вирішення актуальної наукової проблеми розробки моделей та методів обробки інформації в мобільних мережах на основі багатопозиційних ширококутових сигналів з їх комплексним використанням для підвищення ефективності обробки інформації в таких мережах за принципом синергії.

Наукова новизна положень висновків та рекомендацій сформульованих в дисертації підтверджується відсутністю аналогічних підходів у відкритих джерелах.

Методи досліджень використані в дисертаційній роботі

Для досягнення поставлених у дисертаційній роботі завдань використовувалися підходи та методи математичного аналізу і синтезу складних технічних систем, застосовувалися сучасні і класичні методи математичного і функціонального аналізу, теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії інформації, сигналів, систем та зв'язку, методи комп'ютерного моделювання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконана в рамках річних планів наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності Державного університету телекомунікацій. Дослідження проведено в межах науково-дослідних робіт: «Створення сучасної системи радіозв'язку» - шифр «Сакура», замовник – товариство «Автор»; «Розробка функціональних модулів радіочастотних трактів системи мультимедійного радіодоступу на основі діелектричних інтегральних схем діапазону частот 160-180 ГГц».

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі Державного університету телекомунікацій. Впровадження результатів досліджень підтверджуються відповідними актами реалізації від компаній «Автор» та «Дейта Експрес». Питання, розглянуті та розроблені в дисертаційній роботі, відповідають основним завданням та напрямам створення сучасної телекомунікаційної та інформаційної інфраструктури України.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів висновків та рекомендацій

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів висновків та рекомендацій викладених в дисертаційній роботі досягаються ретельним багатостороннім системним аналізом існуючих процесів в телекомунікаційних системах, мережах мобільного зв'язку та в об'єкті дослідження зокрема.

При проведенні досліджень використовувалися відомі підходи та методи математичного аналізу і синтезу складних технічних систем, застосовувалися сучасні і класичні методи математичного і функціонального аналізу, теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії інформації, сигналів, систем та зв'язку, методи комп'ютерного моделювання.

Коректне використання методів досліджень, математичного апарату підтверджується результатами аналітичних доведень через математичні перетворення та комп'ютерне моделювання.

Під час проведення досліджень автор спирається на відомі факти та наукові досягнення в обраній сфері.

Практичне значення результатів отриманих в дисертаційній роботі

Розроблена концепція побудови мережі мобільного зв'язку дозволяє на основі нових принципів розробляти перспективні мережі мобільного зв'язку з застосуванням розроблених моделей та методів обробки інформації в багатопозиційних ширококутових системах, що значно підвищує їх ефективність;

Отриманий метод обробки сигналів в мережах мобільного зв'язку з багатопозиційними ширококутовими сигналами дозволяє одночасно забезпечити високу прихованість передачі інформації, її захищеність від перехоплення та стійкість до багатопроменевого розповсюдження в системі спеціального мобільного зв'язку;

Розроблені комп'ютерні експериментальні моделі дозволяють проводити перевірку вже існуючих та нових моделей і методів обробки багатопозиційних ширококутових сигналів для проведення нових перспективних досліджень;

Розроблений метод створення телекомунікаційного каналу в якому комплексно використовуються чотири різні псевдовипадкові кодові послідовності по 256 чипів для розширення спектру бітів корисної інформації та 10 різних псевдовипадкових послідовностей тривалістю 32768 чипів з 128 циклічними зсувами кожна для позначення меж кадру та додаткового скремблювання інформації дозволяє побудувати завадозахищений та скритий

канал для мереж спеціального мобільного зв'язку та телекомунікаційних каналів управління автономними літальними апаратами;

Розроблений метод налаштування адаптивних антенних решіток дозволяє отримати вихідне відношення корисний сигнал завада яке відповідає потенційно досяжному в антенній решітці;

Удосконалений метод адаптації антенних решіток в якому пропонується примусове обнуління вагових коефіцієнтів при різкій зміні завадової ситуації дозволяє отримати в певних ситуаціях вираш до 8дБ у відношенні корисний сигнал/завада.

Підтвердження повноти викладення результатів дисертації в наукових фахових виданнях

Наукова новизна безсумнівна та достатня для дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Основні положення та зміст дисертації оприлюднені в 29 наукових працях, серед яких 6 одноосібних. З 21 статті, 18 вийшли у фахових виданнях, що входять до переліку затвердженого ДАК МОН України та 3 у фахових виданнях віднесених до міжнародних наукометричних баз (Scopus). Зроблено 8 доповідей на міжнародних наукових конференціях, з яких 6 обліковані в наукометричній базі Scopus.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. В першому розділі при аналізі методів захисту від прослуховування та перехоплення інформації потрібно було б включити різні методи її шифрування.

2. Розглянуті в другому розділі антенні решітки складаються з невеликої кількості елементів (не більше 9), в той час як робота мала б більшу цінність при дослідженні антенних решіток з більшою кількістю елементів.

3. Третій розділ роботи є переобтяженим графічним матеріалом з доволі низькою інформативністю щодо результатів дослідження.

4. В третьому розділі було б доцільним більше приділити увагу поясненню формування зсувів псевдовипадкової кодової послідовності за допомогою масок, так як це грає важливу роль в роботі побудованого каналу.

5. Запропонований в четвертому розділі метод обробки сигналів в мережах мобільного зв'язку з застосуванням принципу синергії варто було оцінити за критерієм «ефективність-складність» с точки зору його практичної реалізації.

6. У п'ятому розділі наведено доволі багато відомої інформації загального характеру щодо організації натурального та комп'ютерного експериментів, що не є вельми необхідним.

7. Дисертація має деякі недоліки редакторського характеру.

Зазначені зауваження не впливають на загальну безперечно позитивну оцінку дисертаційної роботи, оскільки робота має завершеність а одержані наукові результати доцільні до впровадження.

Висновки

1. Дисертаційна робота за змістом є закінченим науковим дослідженням, що містить нові наукові результати, важливі на сучасному етапі перспективного розвитку національних телекомунікаційних систем та мереж і цілком відповідає «Паспорту» спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

2. Автореферат повністю відповідає змісту дисертації.

3. Отримані нові наукові положення та науково обгрунтовані результати у сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну проблему розробки моделей та методів обробки інформації в мобільних мережах на основі багатопозиційних широкосмугових сигналів з метою підвищення їх стійкості до середовища розповсюдження, завадозахищеності та скритності передачі інформації.

4. За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями дисертаційна робота відповідає п.9, 10 та 12 вимог «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Плющ Олександр Григорович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент
доктор технічних наук, доцент
професор кафедри телекомунікацій
Національного університету
«Львівська політехніка» МОН України


М.В. Кайдан

Підпис доцента Кайдана М.В. засвідчую
Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»




Р.Б. Брилінський