

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Таха Х.Х. Альмакадма

УДК 621.396

**МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ
СИСТЕМАХ НАДШИРОКОСМУГОВОГО РАДІОДОСТУПУ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Харків - 2013

Робота виконана у Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Шостко Ігор Світославович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
доцент кафедри телекомунікаційних систем.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Тоцький Олександр Володимирович,
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», професор кафедри прийому, передачі та обробки сигналів;

кандидат технічних наук, професор
Турупалов Віктор Володимирович,
Донецький національний технічний університет,
декан факультету комп'ютерних інформаційних технологій і автоматики

Захист відбудеться **“26” червня 2013 р.** о **15** годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.09 при Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий “ 25 ” травня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Є.В. Дуравкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Світ телекомунікацій і передачі даних стикається з динамічно зростаючим попитом на частотні і часові ресурси. Ця тенденція в основному пов'язана зі збільшенням обсягів переданої інформації. Смуга пропускання в розрахунку на одного користувача стрімко збільшується. Передбачається, що кількість абонентів безпроводових послуг може перевищити два мільярди в найближчі кілька років. Мобільні термінали будуть найбільш широко використовуваними пристроями для доступу та обміну інформацією. Безпроводові мультимедійні послуги, такі як електронна пошта, передача файлів, IP TV, VoIP, інтерактивні ігри, передача повідомлень і служба трансляції вже зараз займають більшу частину мережевого трафіку. У цих умовах все зростаючої кількості абонентів телекомунікаційних мереж, обсягу переданих даних і наданих послуг виникає необхідність у збільшенні пропускну здатності телекомунікаційних систем.

Аналогічні задачі виникають і в персональних безпроводових мережах, актуальність яких викликана необхідністю підключення великої кількості периферійних пристроїв до комп'ютера, в тому числі для виведення відеосигналу на монітори та телевізори, а також збільшення швидкості обміну інформацією між пристроями в концепції цифрового будинку. Одним з перспективних методів збільшення швидкості передачі даних в персональних безпроводових мережах є перехід до телекомунікаційних систем надширококутної радіодоступу.

Розвитку теорії і техніки надширококутних телекомунікаційних та радіотехнічних систем присвячені роботи зарубіжних і вітчизняних авторів Тейлора Т., Хармута Х.Ф., Ширмана Я.Д., Астаніна Л.Ю., Імморєєва І.Я., Радзієвського В.Г., Черногора Л. Ф та ін. В Україні значні успіхи в розвитку теорії та розробці надширококутної техніки для телекомунікаційних систем (ТКС) досягнуті вченими наукових шкіл Харківського національного університету радіоелектроніки, Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" та ін.. У цих роботах показано, що надширококутні сигнали (НШСС) досить ефективні для передачі великих обсягів цифрової інформації і для захисту цієї інформації. Застосування НШСС забезпечує підвищену швидкість передачі, скритність і надійність каналів зв'язку. Однак дальність дії радіозв'язку з НШСС не може бути великою з обмежень щодо електромагнітної сумісності та проблеми зміни форми сигналів у процесі проходження каналу зв'язку. У роботах Дж. Тейлора, І. Я. Імморєєва, присвячених застосуванню НШСС, показано, що процеси випромінювання, прийому і обробки сигналів в цих системах значно відрізняються від аналогічних процесів, що відбуваються у вузькокутних системах. Основна відмінність пов'язана із зміною форми сигналу при його випромінюванні, розповсюдженні в просторі та при прийомі. Змінена форма сигналу в приймачі ускладнює обробку в кореляторі

або в узгодженому фільтрі. Для забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу необхідно коректувати параметри сигналу в процесі його випромінювання та при прийомі.

Методи управління параметрами сигналу в процесі його випромінювання і при прийомі доцільно поєднати з функцією формування діаграми спрямованості (ДС) антенної решітки (АР) передавача і приймача. Зона покриття телекомунікаційної системи надширокосмугового радіодоступу повинна оптимально підлаштовуватися під поточне розташування клієнтів. Крім того, антена повинна мати смугу пропускання достатньо велику для ефективного випромінювання НШС сигналу.

Узагальнення основних закономірностей, виявлених при розробці та експлуатації надширокосмугових систем, дозволяє розробити нові методи забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу із застосуванням корекції параметрів сигналу в процесі його випромінювання та прийому.

Таким чином, тема дисертації та **науково-прикладна задача**, яка полягає в розробці нових і розвитку існуючих методів забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу в умовах зміни параметрів сигналу при його випромінюванні, розповсюдженні в просторі і при прийомі є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження пов'язані з положеннями «Концепції національної інформаційної політики» і «Основних засад розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки». Матеріали дисертації знайшли застосування в науково-дослідних роботах. Зокрема в роботі №261-1 „Методи підвищення продуктивності безпроводових мереж наступного покоління” (2011 – 2012 г.г.) (№ ДР 0111U002627), яка виконувалась кафедрою телекомунікаційних систем Харківського національного університету радіоелектроніки. У вказаній науково-дослідній роботі дисертант був виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу в умовах зміни параметрів сигналу при його випромінюванні, розповсюдженні в просторі та при прийомі.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування телекомунікаційних систем надширокосмугового радіодоступу.

Предметом дослідження є методи забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу.

Методи дослідження. Аналітичне та імітаційне моделювання процесів, що впливають на якість зв'язку в системах надширокосмугового радіодоступу. В цілому в роботі використовувалися методи теоретичної та експериментальної фізики, теорії електричних ланцюгів, методи просторово-часової

обробки сигналів, елементи математичного аналізу, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, методи рішення диференціальних рівнянь, методи оптимізації та прийняття рішень.

Задачі дослідження. Реалізація поставленої мети вимагала вирішення таких задач:

- аналіз сучасного стану розробок систем надширококуткового радіодоступу та способів формування надширококуткових сигналів;
- вибір показників якості для оцінки надширококуткових безпроводових персональних систем зв'язку;
- розробка методів забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширококуткового радіодоступу за рахунок корекції параметрів сигналів з урахуванням особливостей їх формування в передавачі, умов розповсюдження в радіоканалі та прийому;
- розробка моделі приймально-передавального каналу для системи надширококуткового радіодоступу на основі технології передачі даних «Wireless Universal Serial Bus» для дослідження впливу корекції параметрів сигналу на показники якості системи зв'язку в залежності від характеристик каналу, модуляції та завадостійкого кодування;
- перевірка ефективності запропонованих методів забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширококуткового радіодоступу за результатами імітаційного моделювання та розробка практичних рекомендацій на їх основі.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше запропоновано метод узгодження параметрів сигналу і амплітудно-частотної характеристики радіоканалу за рахунок застосування алгоритму адаптивної корекції масштабних коефіцієнтів, що визначають форму імпульсів псевдовипадкової кодової послідовності, залежно від результатів вимірювання параметрів радіоканалу. Це дозволило зменшити ймовірність бітових помилок в телекомунікаційних системах надширококуткового радіодоступу до рівня обмеженого значенням співвідношення сигнал/шум, що розраховано в умовах, коли характеристики сигналу і антени узгоджені.

2. Отримав подальший розвиток метод оцінки дальності зв'язку для надширококуткових телекомунікаційних систем, відмінною характеристикою якого є вибір співвідношення сигнал/шум з урахуванням заданої достовірності передачі повідомлень і залежності частотної характеристики радіоканалу від частоти і просторових координат. Це дозволило підвищити точність розрахунку дальності зв'язку в телекомунікаційних системах надширококуткового радіодоступу в порівнянні з раніше відомими методами.

3. Отримав подальший розвиток метод збільшення пропускну здатності надширококуткових телекомунікаційних систем за рахунок просторового розділення каналів, відмінною характеристикою якого є застосування передавальної фу-

нкції системи формування та наведення променя антенної решітки, параметрами якої є просторові кути і масштабні коефіцієнти, що коректують форму імпульсів сигналу. Це дозволило за рахунок перерозподілу потужності переданого сигналу збільшити кількість просторових каналів в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу в порівнянні з раніше відомими методами.

Практичне значення отриманих результатів:

Запропоновані в роботі математичні моделі та методи забезпечення якості зв'язку за рахунок корекції характеристик сигналу в процесі його передачі і прийому мають важливе практичне значення, оскільки відкривають можливість для збільшення достовірності переданих повідомлень і для збільшення пропускної здатності в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу.

Всі отримані результати можуть бути використані при проектуванні нових телекомунікаційних систем надширокосмугового радіодоступу або при модернізації безпроводової мережі між периферійними пристроями та комп'ютером, для передачі відеосигналу на монітори і телевізори в концепції цифрового будинку на основі технологій Wireless Universal Serial Bus, WirelessHD або Wireless Home Digital Interface.

Отримані в дисертаційній роботі результати були використані в НДР № 261-1 «Методи підвищення продуктивності безпроводових мереж наступного покоління», яка виконувалась кафедрою телекомунікаційних систем Харківського національного університету радіоелектроніки (акт впровадження від 22.02.2013 г.).

Матеріали дисертаційної роботи також використані в навчальному процесі кафедри телекомунікаційних систем ХНУРЕ, зокрема, при читанні дисципліни „Ширококутні телекомунікаційні системи” (акт впровадження від 22.02.2013 г.).

Особистий внесок здобувача. Робота виконана на кафедрі телекомунікаційних систем Харківського національного університету радіоелектроніки. Всі основні наукові результати, подані в дисертаційній роботі, отримано автором самостійно і повністю опубліковано в спеціалізованій літературі [1-13].

У роботах, виконаних в співавторстві, особисто Таха Х.Х. Альмакадма належать такі наукові результати: в [1] аналіз залежності характеристик випромінювання від форми НШСС і конструктивних особливостей передавальної антени, аналіз параметрів НШСС при збудженні антени і лінійної антенної решітки; у [2] аналіз залежності діаграми спрямованості антенної решітки від форми НШС сигналів і напрямку його прийому, розглянуто метод, що дозволяє автоматично коректувати положення максимуму діаграми спрямованості антени приймача стосовно джерела випромінювання; в [11] розробка моделі телекомунікаційної системи на основі технології «Wireless Universal Serial Bus» і результати дослідження впливу характеристик каналу, обраних методів модуляції та завадостійкого кодування на показники якості зв'язку в перспективних мережах зв'язку на основі технології UWB Multiband OFDM; у [12] аналіз моделей НШСС, запропоновано метод корекції спектру НШСС для поліпшення якісних показників інфокомунікаційних мереж,

який засновано на зміні масштабних коефіцієнтів, що визначають форму огинаючої відеоімпульсів псевдовипадкової кодової послідовності; у [13] запропоновано метод оцінки дальності достовірної передачі повідомлень для надширокосмугової телекомунікаційної системи, з урахуванням особливостей зміни параметрів сигналу в процесі його формування в передавачі, розповсюдження в радіоканалі та прийому.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на наукових семінарах кафедри телекомунікаційних систем ХНУРЕ, а також на 8-ми Міжнародних конференціях і форумах [3-10].

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи відображені в 5 статтях, опублікованих у наукових фахових виданнях України, а також у 8-ми тезах доповідей на Міжнародних конференціях і форумах.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 3 додатків. Загальний обсяг роботи становить 169 сторінок, з них: перелік скорочень, умовних позначень, символів, одиниць і термінів на 3 сторінках; додатки на 10 сторінках; список використаних джерел на 11 сторінках, який включає 99 найменувань. Дисертація містить 77 рисунків і 13 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, викладений зв'язок роботи з науковими планами та програмами, сформульовано мету і задачі досліджень, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, подано інформацію про апробацію роботи і публікації автора. Дано загальну характеристику роботи.

У першому розділі дані визначення, класифікація та основні напрямки розвитку телекомунікаційних систем надширокосмугового радіодоступу. Розглянуто переваги, які дає застосування надширокосмугових сигналів. Проведено аналіз сучасного стану розробок систем надширокосмугового радіодоступу та способів формування надширокосмугових сигналів. Виявлено проблеми, які виникають в системах надширокосмугового радіодоступу при забезпеченні якості зв'язку.

Таким чином, показано актуальність і необхідність вирішення поставленої в дисертаційній роботі науково-прикладної задачі. Вибрано показники якості для оцінки надширокосмугових безпроводових персональних систем зв'язку. Наприкінці розділу зроблено загальну постановку задачі дисертаційного дослідження.

Другий розділ присвячено вирішенню основного завдання дослідження - розробці методів забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу за рахунок корекції параметрів сигналів з урахуванням особливостей їх формування в передавачі, умов поширення в радіоканалі та прийому.

Проведено аналіз математичних моделей НШС сигналів: однополярні відеоімпульси, біполярні відеоімпульси і радіочастотні імпульси.

Частотний спектр однополярного відеоімпульсу має максимум на нульовій частоті. Основна енергія імпульсу зосереджена між частотою $f_n = 0$ та f_v , що лежить в області першого нуля його спектра. Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) антени в області частот, що лежать нижче деякої частоти, проходить на рівні нуля. В результаті АЧХ антени і спектр сигналу будуть неузгоджені. Тому енергія імпульсу використовується не повністю. Антена по відношенню до сигналу є фільтром верхніх частот. Частина енергії, що не потрапила в смугу частот антени, буде втрачена.

Для оцінки цих втрат використовується поняття спектрального коефіцієнта корисної дії (ККД). ККД визначає відносну частку енергії імпульсу, що потрапляє в смугу частот антени

$$\eta_{\Delta f} = \frac{E_{\Delta f_a}}{E_i}, \quad (1)$$

де E_i - повна енергія імпульсу;

$E_{\Delta f_a}$ - енергія складових спектра, що потрапляють в смугу пропускання антени.

$$\Delta f_a = \frac{f_v}{f_{\min}}, \quad (2)$$

де f_v - верхня частота спектру відеоімпульсу;

f_{\min} - мінімальна частота АЧХ антени.

Для підвищення $\eta_{\Delta f}$ необхідно коректувати спектр імпульсу. З урахуванням нестационарності частотних характеристик радіоканалу введена динамічно змінна корекція параметрів імпульсів при формуванні НШС сигналів.

Для опису НШС сигналів у роботі обрані математичні моделі, у яких форму імпульсу $x(t)$ і його спектр $\Lambda_x(f)$ можна змінювати за допомогою корекції форми імпульсу:

$$x(t) = x_1(t) - x_2(t), \quad \Lambda_x(f) = \Lambda_{x_1}(f) - \Lambda_{x_2}(f). \quad (3)$$

Для одиночного імпульсу розглянуто модель гаусової форми з урахуванням можливості корекції форми імпульсу за допомогою масштабного коефіцієнта $\alpha(t)$:

$$x(t) = \frac{A}{1 - \alpha(t)} \exp\left\{-\pi \frac{(t - t_0)^2}{\tau_i}\right\} - \alpha(t) \exp\left\{-\pi \frac{\alpha(t)(t - t_0)^2}{\tau_i}\right\}, \quad (4)$$

де A - пікова амплітуда в момент часу $t = t_0$.

В роботі показано, що за допомогою зміни тривалості імпульсу τ_i та масштабного коефіцієнта $\alpha(t)$ можна управляти центральною частотою та шириною спектра, що дозволяє досягти максимуму спектрального ККД або скорегувати спектральну характеристику сигналу відповідно до розв'язуваної задачі.

Пряме перетворення Фур'є від функції $x(t)$ при $\alpha(t) = \alpha$ визначається виразом:

$$\Lambda_x(f) = \int_{-T}^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt = \frac{A \exp\left[-j2\pi t_0 \frac{f}{\Delta f}\right]}{\Delta F(1 - \alpha)} \exp\left[-\pi \frac{f}{\Delta f} \frac{t_0^2}{T}\right] - \exp\left[-\frac{\pi}{\alpha^2} \frac{f}{\Delta f} \frac{t_0^2}{T}\right], \quad (5)$$

де $\Delta f = \frac{1}{T_i}$ – ефективна ширина смуги частот імпульсу; ΔF – смуга частот сигналу.

Спектральна щільність енергії в імпульсі $W(f) = |\Lambda_x(f)|^2$. Характерна зміна нормованого спектра щільності енергії

$$W(\xi) = \frac{|\Lambda_x(\xi)|^2}{\frac{A^2}{\Delta f^2}}, \quad \text{де } \xi = \frac{f}{\Delta f} \quad (6)$$

для різних значень масштабного коефіцієнта наведена на рис. 1.

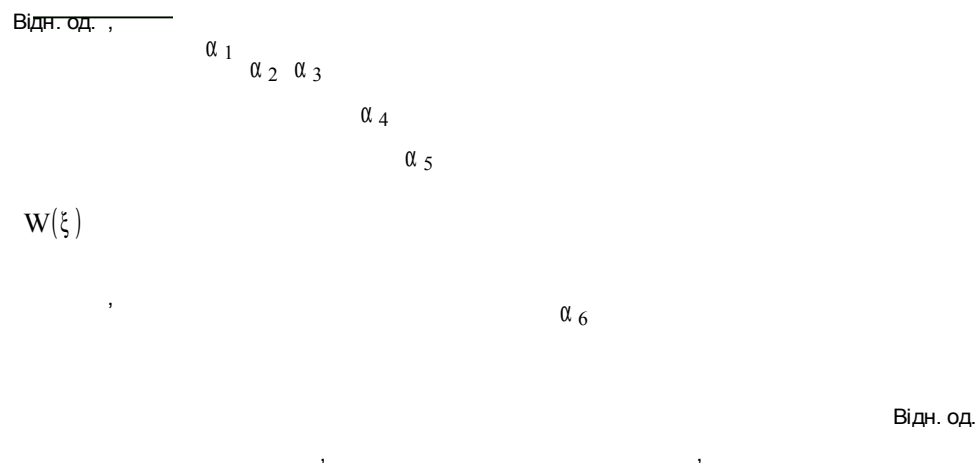


Рис. 1. Нормований спектр щільності енергії імпульсу при $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 0,08$, $\alpha_3 = 0,15$, $\alpha_4 = 0,3$, $\alpha_5 = 0,6$, $\alpha_6 = 2$

Спектральний ККД розраховується за формулою

$$\eta_{\Delta f} = \frac{\int_0^{\xi_v} W(\xi) d\xi}{\int_0^{\xi_v} W(\xi) d\xi} = \frac{1}{\Delta f_a} \int_0^{\xi_v} W(\xi) d\xi, \quad (7)$$

де $\xi_v = \frac{f_v}{\Delta f}$, $\xi_{\min} = \frac{\xi_v}{\Delta f_a}$.

Екстремум функції $\eta_{\Delta f}$ знаходиться за узагальненою змінною ξ :

$$\frac{d\eta_{\Delta f}(\xi_{\max})}{d\xi_{\max}} = W(\xi_{\max}) - \frac{1}{\Delta f_a} W\left(\frac{\xi_{\max}}{\Delta f_a}\right) = 0. \quad (8)$$

Так як $\xi > 0$, $W(\xi) > 0$, то

$$W(\xi_{\max}) = \frac{1}{\Delta f_a} W\left(\frac{\xi_{\max}}{\Delta f_a}\right). \quad (9)$$

Корні цього рівняння ξ_{\max} відповідають значенням, при яких $\eta_{\Delta f}$ приймає екстремальні значення. З отриманих значень в області $\xi > 0$ вибирається максимальне $\eta_{\Delta f \max}$.

В роботі звертається увага на те, що для більш ефективного використання діапазону частот передача даних повинна здійснюватися імпульсами із заповненням гармонійним коливанням. Оригінальна імпульсу може бути прямокутною, гаусовою або іншої форми. Радіоімпульс може бути сформований при ударному збудженні антени. Вибрана експоненціально-синусна модель НШС сигналу

$$x(t) = \begin{cases} A \exp(-(\alpha t)^2 \pm \beta t) \cos(2\pi f_c t), & t > 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}, \quad (10)$$

де параметр α характеризує швидкість загасання імпульсу, $\pm \beta$ регулює асиметрію даного імпульсу.

Для збільшення бази сигналу, підвищення співвідношення сигнал/шум та забезпечення багатокористувацького режиму в одному і тому ж частотному діапазоні при кодуванні інформаційного символу пропонується використання пачки імпульсів, математична модель яких задана виразом (4) або (10):

$$x_p(t, t_0, T_0) = e^{\sum_{\vartheta=0}^{K-1} x(t - t_0 - (\vartheta - \mu)T_0)}, \quad (11)$$

де K – число імпульсів у пачці.

Якщо враховувати, що взаємне розташування передавача та приймача змінюється, то використовується вираз (приклад для постійної V_0 швидкості зближення):

$$x_p(t) = e^{\sum_{\vartheta=0}^{K-1} x_3 t - \frac{R_0}{c} - (\vartheta - \mu) T_3 \left(1 + \frac{V_0}{c} \frac{c_{\vartheta}}{c_{\vartheta}}\right)}. \quad (12)$$

Розглянуто моделі, в котрих приймач рухається рівноприскорено (рівносповільнено) по прямолінійній траєкторії - віддаляючись або наближаючись. У всіх випадках для управління розподілом спектральної щільності енергії НШС сигналу відповідно до розв'язуваної задачі пропонується змінювати в передавачі за допомогою динамічно змінних масштабних коефіцієнтів форму імпульсів та їх тривалість за критерієм максимуму енергії імпульсу в приймачі.

Розглянуто варіанти амплітудно-кодової модуляції: модифіковані кодові послідовності Баркера (рис.3); кодові послідовності з властивістю «не більше одного збігу»; кодові послідовності з внутрішньоблоковою модуляцією позиції імпульсу. Показано, якщо при формуванні псевдовипадкової кодової послідовності використовувати імпульси, параметри яких можна змінювати, то і характеристики кодової послідовності набувають нових властивостей.

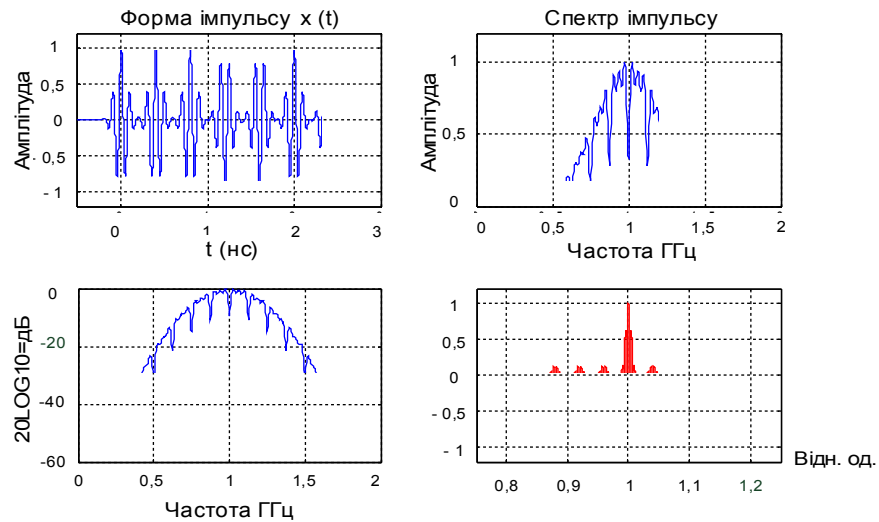


Рис. 3. Еквівалентна форма, нормований амплітудний спектр і кореляційна функція кодової послідовності Баркера (1110010)

Сигнал на виході антени передавача розглянуто у вигляді суми n незалежних одна від одної гармонійних хвиль, які поширюються у напрямку $y > 0$:

$$E(y, t) = \sum_{n=-\Gamma}^{\Gamma} C_n \exp\left\{ -j \int_0^y k_2(y', \omega_n) dy' \right\} \exp\left\{ j \int_0^y k_1(y', \omega_n) dy' \right\} \exp\{ j \omega_n t \}, \quad (13)$$

де $C_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} E(t) \exp(-j \omega_n t) dt$; $k_2(y', \omega_n)$ - коефіцієнт поглинання, що визначає осла-

блення кожної спектральної складової в середовищі; $k_1(y', \omega_n)$ - визначає зміну фази спектральної компоненти, що приходить в точку (y) , залежить від параметрів середовища та частоти.

Зміна амплітуди різних спектральних складових в залежності від умов проходження сигналу призводить до розпливання вихідного імпульсу - його пікове значення падає, а ширина збільшується. Так, при ослабленні високих частот форма сигналу зміниться, як показано на рис. 4, зверху. При ослабленні низьких частот сигналу - рис. 4, посередині, де 1 - вихідний сигнал; 2 - спотворений сигнал. Якщо залежність коефіцієнта від частоти має нелінійну ділянку (наприклад квадратичне

зростання зсуву фази з ростом частоти), то порушується симетрія форми сигналу, як показано на рис. 4, внизу.

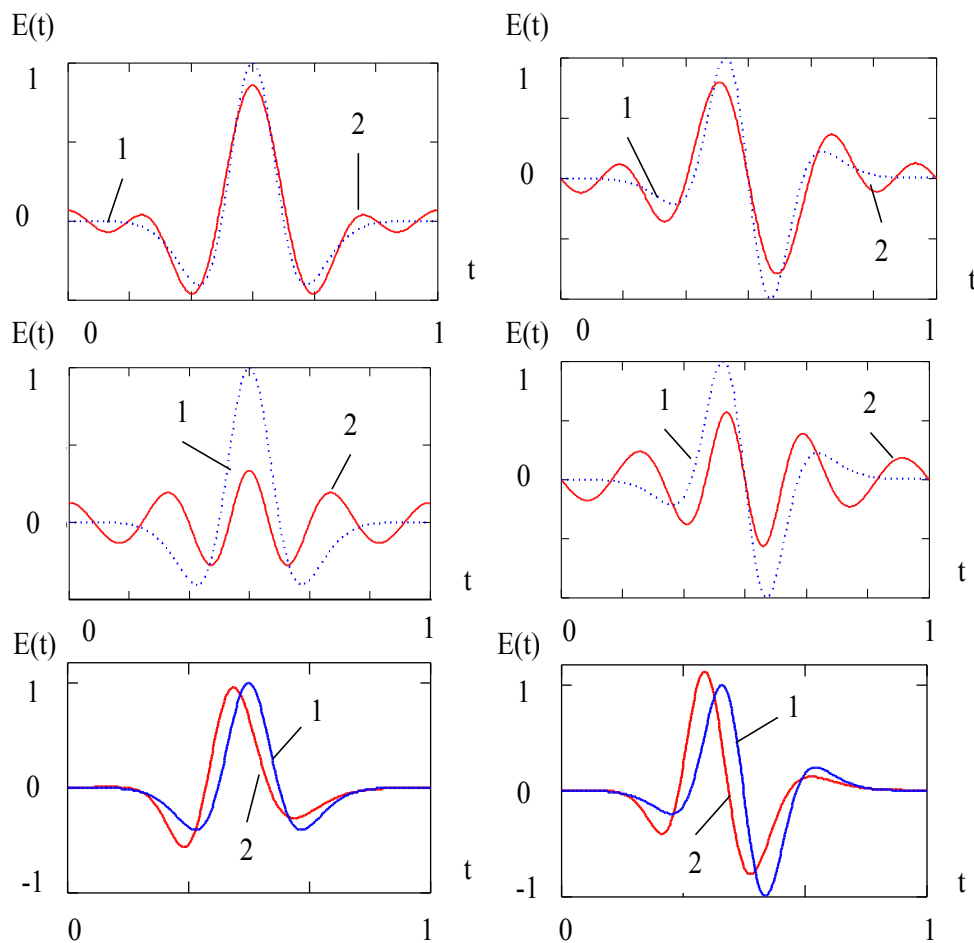


Рис. 4. Зміна форми НШС сигналу за рахунок дисперсії в середовищі при ослабленні високих частот сигналу (угорі), при ослабленні низьких частот сигналу (посередині), без ослаблення при нерівномірному фазовому зсуві низьких і високих частот (внизу): 1 - вихідний сигнал; 2 - спотворений сигнал

Зміна форми імпульсів, а отже і спектра сигналу, призводить до зниження достовірності переданих повідомлень. Імовірність виникнення бітових помилок збільшується. На підставі аналізу проходження через поглинаючу середу одиночних надширокосмугових імпульсів (4, 10) та псевдовипадкових кодових послідовностей імпульсів, параметри яких можна змінювати, в роботі запропоновано метод зниження ймовірності бітових помилок в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу, який заснований на адаптивній корекції масштабних коефіцієнтів, що визначають форму імпульсів псевдовипадкової кодової послідовності.

Запропоновано алгоритм для практичної реалізації цього методу.

Проведена оцінка впливу корекції форми НШС сигналу на дальність зв'язку у безпроводовій персональній системі зв'язку. Якщо коректувати параметри імпульсів передавача в залежності від умов розповсюдження сигналу і взаємного

розташування передавача і приймача, то дальність зв'язку можна збільшити. Радіоканал представлено у вигляді каскадного з'єднання еквівалентних фільтрів (рис. 5).

$$H_{pk}(\omega, \theta, \varphi) = \prod_{i=1}^M H_i(\omega, \theta, \varphi)$$

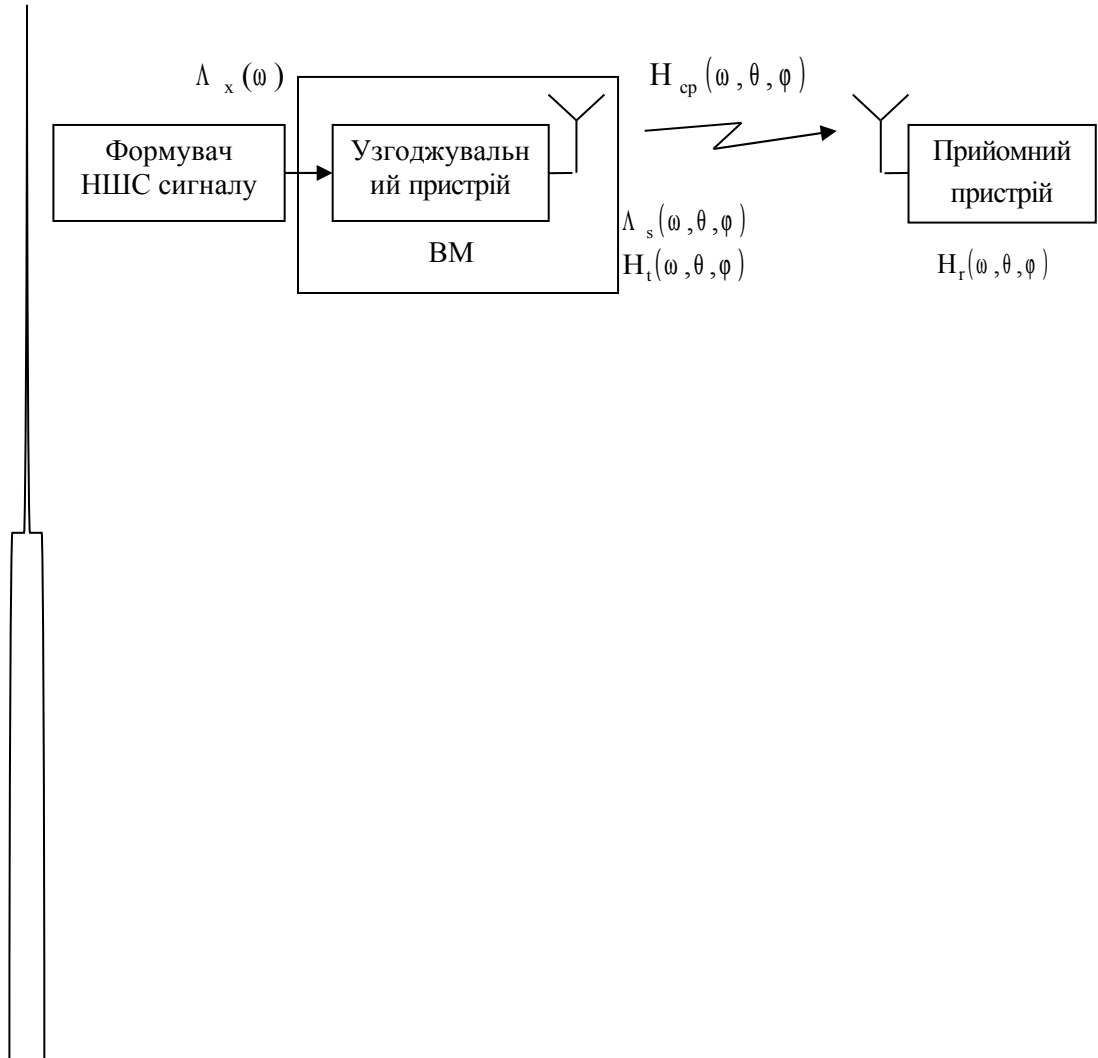


Рис. 5. Радіоканал

Кожен фільтр має власну частотну характеристику (ЧХ) $\dot{H}_i(\omega, \theta, \varphi)$

$$H_{\delta\epsilon}(\omega, \theta, \varphi) = \prod_{i=1}^M H_i(\omega, \theta, \varphi),$$

де $\dot{H}_{pk}(\omega, \theta, \varphi)$ - частотна характеристика радіоканалу.

Визначено залежність ЧХ радіоканалу від частоти і просторових координат. З урахуванням ЧХ радіоканалу для будь-якої заданої форми імпульсу $x(t)$ на вході передавальної антени визначена $E_c(\theta, \varphi, R_c)$ - залежність енергії прийнятого сигналу в смузі $\Delta\omega_n$ від дальності R_c та напрямку (θ, φ) прийому сигналу. Дальність зв'язку визначена згідно з умовою: енергія прийнятого сигналу в смузі повинна перевищувати пороговий рівень енергії

$$\frac{E_c(\theta, \phi, R_c)}{E_{kr}} \geq 1. \quad (14)$$

Величину E_{kr} прирівнено до енергії одного біта інформації на виході приймача, при якій забезпечується задана достовірність передачі повідомлень.

Таким чином, розглянутий метод дозволяє провести розрахунок дальності достовірної передачі повідомлень для надширокосмугової телекомунікаційної системи з урахуванням змін параметрів, що входять у рівняння дальності зв'язку. При розрахунку, в залежності від заданого виду модуляції, будується залежність імовірності бітової помилки від відношення сигнал-шум $P_b(E_b/N_0)$. Для заданого допустимого значення ймовірності помилки визначається мінімальне значення E_b/N_0 . За графіками залежності $E_b(\theta, \phi, R_c)/N_0$ відношення сигнал/шум визначається дальність достовірної передачі повідомлень для надширокосмугової телекомунікаційної системи.

Третій розділ. Визначена структурна схема передавача і приймача з підтримкою забезпечення якості зв'язку за рахунок корекції характеристик сигналу в процесі його передачі і прийому. З урахуванням особливостей формування сигналу в передавачі і його прийому визначено алгоритм роботи передавача і приймача НШС сигналів. Показано, що подальший розвиток НШС системи зв'язку припускає поєднання функцій корелятора і антенної системи приймального пристрою. Це можливо, якщо використовувати антенну решітку (АР). Визначено структуру активної імпульсної лінійної антенної решітки (ЛАР) з системою формування та управління положенням променя.

Після кореляції сигнал перетвориться в частотну область. Таким чином, можна оцінити спектральну щільність енергії прийнятого сигналу. Це перетворення зручне для просторово-частотного аналізу форми імпульсу на виході системи формування променя. В принципі, кожен корелятор може бути розцінений як узгоджений фільтр, що має комплексно зв'язану передатну функцію $\Lambda_x^*(\omega)$. Після перетворень усі сигнали надходять на суматор. Тоді функція спектральної щільності енергії на виході суматора може бути виражена таким чином:

$$W(\omega, \theta) \equiv \Lambda_x(\omega) \Lambda_x^*(\omega) \left[2n \text{Sinc} \left[\rho_a \frac{\omega}{2\Delta F} \text{Sin}\theta \right] \right]^2 = W(\omega) [H_a(\omega, \theta)]^2. \quad (15)$$

В (15) $W(\omega) \equiv |\Lambda_x(\omega)|^2 = \Lambda_x(\omega) \Lambda_x^*(\omega)$ - спектр густини енергії НШС сигналу, що випромінюється, а $H_a(\omega, \theta) = 2n \text{Sinc} \left[\rho_a \frac{\omega}{2\Delta F} \text{Sin}\theta \right]$ - частотна передаточна функція системи формування променя ЛАР.

Функція спектральної щільності енергії $W(\omega, \theta)$ (15) зображена на рис. 6 як функція нормованої частоти для $\xi = \omega / (2\pi \Delta F)$, $\alpha_1 = 0,15$, $\alpha_2 = 2$ і $\rho_a = 100$ різних кутів падіння $\theta = 0^\circ; 2^\circ; 5^\circ$. При прийомі по нормалі до ЛАР $\theta = 0^\circ$ енергетичний спектр $W(\omega, \theta) = W(\omega)$.

Під іншими кутами енергетичний спектр $W(\omega, \theta)$ на виході суматора є зміненою версією енергетичного спектра $W(\omega)$. Різні модульовані діаграми, показані на рис. 6, в залежності від напрямку можуть бути використані як корисна інформація для визначення кутового напрямку і для формування сигналу електронного управління променем. Згідно з рис. 6, частота коливання в спектрі $W(\omega, \theta)$, що промодульований, збільшується з відхиленням від нормалі до ЛАР. Отже, частоту коливання можна використовувати для оцінки кута падіння θ . Ця оцінка може використовуватися для обчислення часу затримки, необхідного для кожного елемента ЛАР, для того щоб основні пелюстки ДС передавача і приймача за допомогою системи управління можна було розгорнути у напрямку одна до одної.

Запропоновано метод корекції параметрів надширокосмугових сигналів для збільшення пропускну здатності за рахунок просторового розділення каналів. Відмінною характеристикою метода є застосування передавальної функції системи формування та наведення променя антенної решітки, параметрами якої є просторові кути і масштабні коефіцієнти, що коректують форму імпульсів сигналу. Це дозволило за рахунок перерозподілу потужності переданого сигналу збільшити кількість просторових каналів в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу в порівнянні з раніше відомими методами.

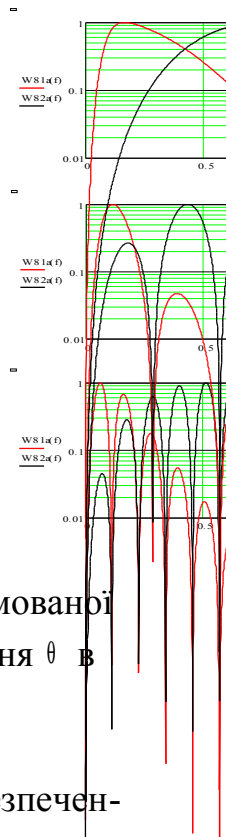
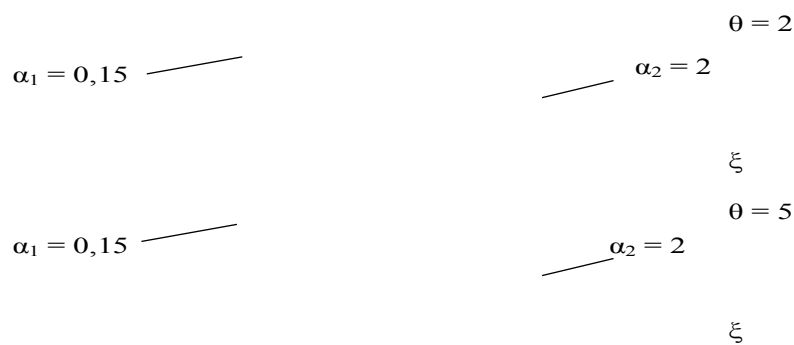


Рис. 6. Функція спектральної щільності енергії $W(\xi, \theta)$ як функція нормованої частоти $\xi = \omega / (2\pi \Delta F)$ для $\alpha_1 = 0,15$, $\alpha_2 = 2$, $\rho_a = 100$ і різних кутів падіння θ в градусах

Проведено перевірку ефективності запропонованих методів забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу. Для цього досліджено процес впливу корекції форми НШС сигналу на якісні показники надширокосмугових безпроводових персональних систем зв'язку (табл. 1). У якості критеріїв оцінки ефективності застосування рі-

зних НШС сигналів, залежно від розв'язуваної задачі, обрані мінімум ширини енергетичної ДС АР ($\Phi 1$), ефективність використання частотного діапазону ($\Phi 2$) і локалізація в часовій області ($\Phi 3$):

$$\Phi 1 = \frac{1}{W_{t\max}} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} W_t(\theta_t, r) d\theta_t; \quad \Phi 2 = \int_{-r}^r f^2 |\Lambda_s(f)|^2 df; \quad \Phi 3 = \int_{-r}^r t^2 S(t)^2 dt, \quad (12)$$

де $\Lambda_s(f)$, $S(t)$ - амплітудний спектр і форма НШС сигналу.

Таблиця 1. Значення оцінки ефективності у відсотках при зміні масштабного коефіцієнта α

сигнал	критерій		
	$\Phi 1$	$\Phi 2$	$\Phi 3$
$\alpha=0$	100	3,79	100
$\alpha=0,6$	67,701	15,553	96,346
$\alpha=0,9$	56,272	27,772	99,591
$\alpha=1,1$	50,906	98,526	99,666
$\alpha=1,5$	43,133	60,651	95,275
$\alpha=2$	36,407	37,52	82,407

Показано, що ефективність системи по кожному із критеріїв можна змінювати, вносячи корекції у форму сигналу передавача. Об'єктом управління в ланцюгу формування сигналу є тривалість імпульсу та масштабні коефіцієнти. Можна завжди змінити коефіцієнт α так, щоб одержати максимальний вигравш за заданим критерієм.

У четвертому розділі для підтвердження отриманих теоретичних результатів проведено імітаційне моделювання та дослідження приймально-передавального каналу для системи надширокопasmугового радіодоступу на основі технології передачі даних «Wireless Universal Serial Bus». Визначено залежність ефективної пропускної здатності в залежності від довжини корисного навантаження та швидкості передачі даних. Визначено накладні витрати, пов'язані з конфігурацією кадру. Досліджено залежність ймовірності бітової помилки від швидкості згорткового кодування. Досліджено залежність співвідношення сигнал / шум з урахуванням корекції параметрів сигналів, для різних моделей середовища розповсюдження по відношенню до загальної ймовірності бітової помилки.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язана актуальна науково-прикладна задача розробки нових та розвитку існуючих методів забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокопasmугового радіодоступу за рахунок корекції параметрів сигналів з урахуванням особливостей їх формування в пере-

давачі, умов поширення в радіоканалі і прийому. При цьому отримано наступні наукові та прикладні результати.

1. Для підвищення спектрального коефіцієнта корисної дії (ККД), при узгодженні характеристик надширокосмугового сигналу і радіочастотного тракту по спектру, пропонується коректувати спектр імпульсів. У математичну модель, яка описує імпульси, що формуються в передавачі, введено масштабні коефіцієнти. Змінюючи масштабні коефіцієнти, можна керувати центральною частотою і шириною спектра, що дозволяє досягти максимуму спектрального ККД або скорегувати спектральну характеристику сигналу відповідно до розв'язуваної задачі.

2. Застосування алгоритму адаптивної корекції форми імпульсів псевдовипадкової кодової послідовності залежно від результатів вимірювання параметрів радіоканалу зменшує ймовірність бітових помилок в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу для заданого значення відношення сигнал/шум.

3. Вибір співвідношення сигнал/шум, яке гарантує потрібне значення ймовірності бігової помилки, необхідно проводити з урахуванням залежності частотної характеристики радіоканалу від частоти і просторових координат. Це підвищує точність розрахунку дальності зв'язку в телекомунікаційних системах надширокосмугового радіодоступу, в яких параметри сигналу залежать від частотної характеристики радіоканалу.

4. Аналіз методів формування надширокосмугових (НШС) сигналів показав, що технічну реалізацію передавача можна спростити. Для цього формування сигналу має відбуватися при ударному збудженні безпосередньо самої випромінюючої системи імпульсом, просторова тривалість якого менше довжини антени.

5. Для формування кодової послідовності НШС сигналів пропонується об'єднати випромінюючі модулі з ударним збудженням в антенну решітку (АР). Управління часовою затримкою випромінюючих модулів АР і формою імпульсів у відповідності із заданим алгоритмом забезпечує формування кодової послідовності радіоімпульсів в просторі розповсюдження в заданому напрямку. Показано, що коли в приймачі АР об'єднана з корелятором, то вона набуває нових властивостей в порівнянні зі звичайною АР. Вона стає кодовибірковою по просторовим кутам, тобто реалізується селективність у фізичному просторі і одночасно вибірковість по коду сигналу. Таким чином, АР приймає сигнал тільки зі своїм кодом і тільки з обраного напрямку. Всі інші сигнали, що приходять з будь-якого напрямку, а так само сигнал з робочим кодом, але з напрямком приходу, не відповідним заданому АР пригнічує. Цю властивість АР можна використовувати:

- для збільшення радіоелектронної сумісності телекомунікаційних систем у випадках, коли розташування засобів зв'язку відоме заздалегідь;
- для боротьби з сигналами, що віддзеркалені, напрям приходу яких не відповідає основному;
- для збільшення пропускної здатності телекомунікаційних систем надширокосмугового радіодоступу за рахунок просторового розділення каналів.

6. Кількість просторових каналів між об'єктами зв'язку в розглянутій телекомунікаційній системі надширокосмугового радіодоступу залежить від ширини енергетичної діаграми спрямованості (ДС) лінійної антенної решітки (ЛАР). Запропоновано метод управління ДС. Метод заснований на залежності частотної передавальної функції системи формування та наведення променя антенної решітки від просторових кутів та форми імпульсів сигналу. Для зміни просторового кута змінюються параметри сигналу за допомогою корекції масштабних коефіцієнтів. Ширина ДС зменшується при збільшенні значення параметра α , який визначає форму сигналу.

7. У якості критеріїв оцінки ефективності застосування різних НШС сигналів в безпроводовій персональній системі зв'язку, в залежності від розв'язуваної задачі, обрані мінімум ширини енергетичної ДС, ефективність використання частотного діапазону і локалізація в часовій області. Показано, що ефективність системи по кожному з критеріїв можна поліпшити, вносячи корекції у форму сигналу передавача.

8. Розроблено модель приймально-передавального каналу для системи понадширокосмугового радіодоступу на основі технології передачі даних «Wireless Universal Serial Bus» (стандарт IEEE 802.15.3a) з використанням технології Ultra-Wide Band Multi Band Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (UWB MB OFDM). Показано, що ефективність технології UWB MB OFDM можна поліпшити, вносячи корекції у форму сигналу передавача. Запропоновано новий алгоритм управління в системі безпроводової персональної мережі на основі технології UWB MB OFDM, який дозволяє зменшити ймовірність бітових помилок за рахунок корекції параметрів НШС сигналу і антенно-фідерного тракту в залежності від характеристик радіоканалу.

9. На підставі результатів моделювання дано рекомендації:
 - якщо приймач і передавач знаходяться в зоні прямої видимості, то пропонується використовувати згортковий код з малою надмірністю, наприклад 5/8;
 - коли ж приймач і передавач не знаходяться в зоні прямої видимості, тобто сигнал приходить з віддзеркаленням від різних об'єктів, то рекомендується використовувати згортковий код 11/32, причому найбільший виграш по співвідношенню сигнал / шум виходить у разі наявності джитера затримки сигналу порядку 25 нс.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шостко И.С. Анализ зависимости между характеристиками излучения и конструктивными особенностями передающей антенны при работе с СШП сигналами / И.С. Шостко, Таха Алмакалма // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч. - техн. сб. – 2009. – № 159. – С. 196 – 202.

2. Шостко И.С. Особенности формирования диаграммы направленности антенной решётки при приёме СШП сигнала и факторы, влияющие на изменение её формы / И.С. Шостко, Таха Алмакадма // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч. - техн. сб. – 2009. – № 159. – С. 152 – 157.
3. Шостко І.С. Методи корекції форми надширококуглових сигналів у приймально-передавальних пристроях різних інформаційних, телекомунікаційних й охоронних систем / І.С. Шостко, Таха Альмакадма // Наук. практик. конф. «Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку»: Зб. тез доповідей. – Харків, 2010. – С. 12.
4. Шостко І.С. Методи побудови надширококуглових систем безпроводного зв'язку з корекцією параметрів сигналів у прийомо-передавальних пристроях / І.С. Шостко, Таха Альмакадма // Міжнар. наук. практик. конф. «Актуальні питання регулювання у сфері телекомунікацій та користування радіочастотним ресурсом», 18-20 травня 2010: Зб. тез доповідей. – К.: 2010. – С. 146-147.
5. Shostko I.S. Proposals to build a promising ultra-wideband wireless communications / I.S. Shostko, T. Almqadma // 5th International Conference on «Ultra wideband and Ultra short Impulse Signals», Sevastopol, september 6-10 2010: Regular manuscripts. –2010. – P.162-164.
6. Алмакадма Таха. Методы коррекции формы сверхширокополосных сигналов в передатчике/ Таха Алмакадма // Материалы 14-го Междунар. молод. форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»: Сб. материалов форума. – Харьков: ХНУРЕ, 2010. – С. 132.
7. Алмакадма Таха. Методы формирования луча в сверхширокополосных антенных решётках для беспроводных точек доступа/ Таха Алмакадма // Материалы XV Междунар. молод. форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»: Сб. материалов форума. Т.4. – Харьков: ХНУРЕ, 2011. – С. 96-97.
8. Алмакадма Таха. Метод управления диаграммой направленности сверхширокополосной антенной решетки в беспроводных точках доступа/ Таха Алмакадма // 7-я Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2011»: Сб. материалов форума. – Севастополь, 2011. – С. 199.
9. Шостко И.С. Анализ метод увеличения скорости передачи данных в WPAN-сетях с использованием СШПС / И.С. Шостко, Таха Алмакадма, Ю.Э. Соседка // 16-й Международный молодёжный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», Международная конференция «Перспективы развития телекоммуникационных и информационно-измерительных технологий», г. Харьков 17-19 апреля 2012 г. – Т.4. – С. 164-165.

10. Шостко И.С. Оптимизация параметров свёрточного кодирования и скорости передачи данных в беспроводных сетях с использованием технологии ultra-wideband / И.С. Шостко, Таха Алмакадма, Ю.Э. Соседка // Материалы 8-й Международной молодёжной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2012», г. Севастополь 23-27 апреля 2012 г. – С. 137.
11. Шостко И.С. Разработка рекомендаций по регулированию пропускной способности в WPAN / И.С. Шостко, Таха Алмакадма, Ю.Э. Соседка // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч. - техн. сб.– 2012. – №171. – С. 262 -269.
12. Шостко И.С. Анализ моделей сверхширокополосных сигналов для инфокоммуникационных сетей [Электронный ресурс] / И.С. Шостко, Таха Алмакадма, Ю.Э. Соседка // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – № 4 (9). – С. 45 - 62. – Режим доступа к журн.: http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_shostko_uwb.pdf.
13. Шостко И.С. Метод оценки дальности достоверной передачи сообщений в телекоммуникационных системах сверхширокополосного радиодоступа/ Шостко И.С., Таха Алмакадма, Соседка Ю.Э. // Системи озброєння і військова техніка. - X., –2012. –№ 4(32). – С. 190-194.

АНОТАЦІЯ

Таха Х.Х. Альмакадма. Методи забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокопосмугового радіодоступу. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2013.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі - розробці нових і розвитку існуючих методів забезпечення якості зв'язку в телекомунікаційних системах надширокопосмугового радіодоступу в умовах зміни параметрів сигналу при його випромінюванні, розповсюдженні в просторі та при прийомі. Для зменшення ймовірності бітових помилок в безпроводових персональних системах зв'язку запропоновано метод узгодження параметрів сигналу і амплітудно-частотної характеристики радіоканалу за рахунок застосування алгоритму адаптивної корекції масштабних коефіцієнтів, що визначають форму імпульсів псевдовипадкової кодової послідовності залежно від результатів вимірювання параметрів радіоканалу. Для збільшення дальності зв'язку в умовах зміни форми сигналу при його розповсюдженні запропоновано метод оптимізації вибору співвідношення сигнал/шум з урахуванням заданої достовірності передачі пові-

домлень і залежності частотної характеристики радіоканалу від частоти і просторових координат. Для збільшення пропускної здатності запропоновано метод просторового розділення каналів, відмінною характеристикою якого є застосування передавальної функції системи формування та наведення променя антенної решітки, параметрами якої є просторові кути і масштабні коефіцієнти, що коректують форму імпульсів сигналу. Достовірність наукових результатів і висновків, сформульованих в дисертації, доведено шляхом імітаційного моделювання.

Ключові слова: надширокополосні сигнали, телекомунікаційні системи надширокополосного радіодоступу.

АННОТАЦІЯ

Таха Х.Х. Алмакадма. Методы обеспечения качества связи в телекоммуникационных системах сверхширокополосного радиодоступа. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 - Телекоммуникационные системы и сети, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2013.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи разработки новых и развития существующих методов обеспечения качества связи в телекоммуникационных системах сверхширокополосного радиодоступа в условиях изменения параметров сигнала при его излучении, распространении в пространстве и при приеме. Для уменьшения вероятности битовых ошибок в беспроводных персональных системах связи предложен метод согласования параметров сигнала и амплитудно-частотной характеристики радиоканала за счет применения алгоритма адаптивной коррекции формы импульсов псевдослучайной кодовой последовательности в зависимости от результатов измерения параметров радиоканала. Для увеличения дальности связи предложен метод оптимизации выбора соотношения сигнал / шум в зависимости от заданной достоверности передачи сообщений и зависимости частотной характеристики радиоканала от частоты и пространственных координат. Для увеличения пропускной способности предложен метод пространственного разделения каналов, отличительной характеристикой которого является применение передаточной функции системы формирования и наведения луча антенной решетки, параметрами которой являются пространственные углы и масштабные коэффициенты, корректирующие форму импульсов сигнала. Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций, полученных в работе, обеспечивается качественным и количественным сопоставлением результатов имитационного моделирования с известными положениями теории обработки сигналов.

Научное значение работы заключается в разработке методов обеспечения качества связи в телекоммуникационных системах сверхширокополосного радиодоступа за счёт изменения характеристик сигнала в зависимости от особенностей его формирования в передатчике, условий распространения в радиоканале и приёма.

Практическое значение работы заключается в разработке математических моделей и практических рекомендаций по обеспечению качества связи за счёт коррекции характеристик сигнала в процессе его передачи и приёма, которые предлагается использовать для увеличения достоверности переданных сообщений и для увеличения пропускной способности в телекоммуникационных системах сверхширокополосного радиодоступа. Все полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых телекоммуникационных систем сверхширокополосного радиодоступа или при модернизации беспроводной сети между периферийными устройствами и компьютером, для передачи видеосигнала на монитору и телевизоры в концепции цифрового дома на основе технологий Wireless Universal Serial Bus, WirelessHD или Wireless Home Digital Interface.

Результаты диссертационных исследований реализованы: в научно-исследовательской работе №261-1 «Методи підвищення продуктивності безпроводових мереж наступного покоління», которая выполнялась в Харьковском национальном университете радиоэлектроники в которой диссертант был исполнителем (акт реализации от 26.02.2013); в учебном процессе кафедры телекоммуникационных систем Харьковского национального университета радиоэлектроники при изучении дисциплины «Широкополосные телекоммуникационные системы» (акт реализации от 30.03.2013).

Ключевые слова: сверхширокополосные сигналы, телекоммуникационные системы сверхширокополосного радиодоступа.

ABSTRACT

Taha X.X. Almaqadma. Methods of maintenance the quality of communication in UWB radio telecommunication systems. – Manuscript.

Dissertation for the degree of technical sciences candidate, specialty 05.12.02 - Telecommunication systems and networks, Kharkov National University of Radio Electronics, Kharkov, 2013

Thesis represents actual scientific and applied task of developing and creating new methods to ensure the quality of communication in UWB radio telecommunication systems under signal's changes at its radiation-distribution in space and at the reception. We introduced method of the bit errors' reduction in wireless personal communication systems by matching signal parameters and amplitude-frequency radio response. This method suggests algorithm applying adaptive waveforms in a pseudorandom code sequence. Pulse shape changes depending on the parameters of the radio channel. We represent a

method that helps to increase the range of choice optimization of signal / noise ratio. It includes the set credibility of communication and frequency response characteristic of radio channel that depends on the frequency and spatial coordinates. To increase the admission capacity we elaborated a method for the channel spatial separation. One of the main features of the method is application of the transfer function of the forming and beam pointing antenna array system, which parameters are spatial angles and coefficients forming shape of the pulse signal. The reliability of research and scientific results of the thesis is confirmed by simulation.

Keywords: ultra-wideband signals, telecommunication systems, ultra-wideband radio.