



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104470** (13) **C2**

(51) МПК (2014.01)

H04J 11/00

H04L 1/24 (2006.01)

H04W 4/20 (2009.01)

H04W 24/00

H04L 27/00

H04W 4/00

H04B 1/00

H04B 17/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 00040	(72) Винахідник(и): Цопа Олександр Іванович (UA), Івженко Олексій Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 03.01.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.02.2014	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166, Україна (UA)
(41) Публікація відомостей про заяву: 10.07.2013, Бюл.№ 13	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2014, Бюл.№ 3	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 7492701 B2; 21.07.2005; RU 2429572 C1; 20.09.2011; RU 2305363 C2; 27.08.2007; EP 1691348 A1; 16.08.2006; WO 2003013190 A2; 13.02.2003; WO 2007124111 A2; 01.11.2007; WO 2009140312 A2; 19.11.2009;

(54) СПОСІБ УПРАВЛІННЯ АДАПТИВНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ ТА КОДУВАННЯМ В БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖАХ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до систем багатоканального зв'язку, а саме до зв'язку через бездротові мережі з використанням ортогонального частотного розділення каналів (OFDM). Спосіб управління адаптивною модуляцією та кодуванням в безпроводових мережах і пристрій для його здійснення дозволяє точніше (на 1-3 дБ) враховувати становище середовища поширення радіосигналу, завдяки введенню додаткового параметра, що враховує тип даних, що передаються по каналу зв'язку в даний момент часу. Як параметр узяті пікове відношення сигнал/завада (PSNR). Такий ефект досягається тому, що налаштування схеми кодування та модуляції розраховується індивідуально для кожного різновиду даних. Технічним результатом, що досягається, є підвищення якості передачі даних.

UA 104470 C2



Fig. 1

Областю вживання є радіотехніка, винахід належить до систем багатоканального зв'язку, а саме до зв'язку через безпроводові мережі з використанням ортогонального частотного розділення каналів (OFDM).

OFDM є методом модуляції з безліччю несучих, яка розділяє повну ширину смуги пропускання системи на безліч (N) ортогональних частотних піднесучих. Ці піднесучі також можуть мати назву тони, елементи дозволу або частотні канали. Кожна піднесуча може модулюватися даними. До N символів модуляції можуть надсилатися на N піднесучих в кожному періоді символу OFDM. Ці символи модуляції переносяться в часову область за допомогою N-точкового зворотного швидкого перетворення Фур'є (ЗШПФ) для формування перетворених символів, які містять N кодових елементів часової області або вибірок.

Однією з особливостей сучасних систем зв'язку є використання кола зворотного зв'язку та використання адаптивного налаштування каналу зв'язку в залежності від характеристик середовища поширення радіосигналу. Оскільки мова йде про безпроводові системи, то в даному разі залежність належить до характеристик вільного простору. Для рішення цієї задачі у безпроводових мережах використовують дані про якість зв'язку - Channel Quality Indicators (CQI). Останнім часом особливого поширення набули системи з використанням OFDM. Для таких систем CQI складається з декількох параметрів: некодований рівень бітової помилки (BER), рівень відношення сигнал/завада та інтерференція (CINR), значення рівня потужності на вході приймача (RSSI) (як аналог узято стандарт IEEE 802.16-2009). За допомогою показника RSSI система радіозв'язку отримує оцінку рівня прийнятого сигналу на базовій станції (БС), при цьому розрахунок RSSI не впливає на процес демодуляції сигналу, так як для цього в блоці попередньої обробки є вбудований аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Показник CINR допомагає отримати звіт про характер середовища поширення радіосигналу, а показник BER дає відомості про кількість помилок у кожному повідомленні. На основі CQI передавач змінює тип модуляції та схему завадостійкого кодування.

Недоліком такої системи оцінки якості переданих даних є відсутність врахування типу інформації, що передається. Сучасний підхід розрахунку CQI використовує енергетичні та статистичні характеристики переданих сигналів. Але, сучасна інформація має великий різновид: графіка, текст, відео- та аудіопослідовності, комбіновані види даних. Це є причиною того, що сучасні системи передачі даних називають мультимедійними. Врахування типу даних дало б змогу індивідуально розраховувати CQI, що дає можливість покращити (оптимізувати) схему адаптації такої системи до змін в каналі зв'язку.

Як прототип узято патент за номером № US 7.492.701 B2, що був опублікований 21.07.2005, МПК H04J 11/00. Зауважимо, що оскільки безпроводові системи зв'язку можуть працювати в дуплексному режимі, тобто кожна станція має як передавач, так і приймач, то під передавачем будемо розуміти базову станцію (БС), а під приймачем - абонентську станцію (АС).

Прототип складається зі схем передавача та приймача. Передавач якого складається з послідовно поєднаних кодера, переміжника, модулятора, блока послідовно-паралельного перетворення (перетворювач ПоПП), блока додавання пілот-тону, блока зворотного швидкого перетворення Фур'є (блок ЗШПФ), блока паралельно-послідовного перетворення (перетворювач ПарПП), блока введення захисного інтервалу (блок введення ЗІ), цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), радіохвильового процесора (процесор РХ), а також блока контролю за адаптивною модуляцією та кодуванням (блок контролю АМК), вихід якого зв'язаний з входами кодера та модулятора. Генерований потік біт даних направляється до кодера. Такий потік називають інформаційним. Кодер кодує інформаційний потік певним завадостійким кодом, наприклад турбокодом або згортальним кодом, код має задану швидкість кодування. Переміжник змінює послідовність закодованого інформаційного потоку заздалегідь визначеним методом. Модулятор змінює бітову послідовність на символну, за заздалегідь визначеною схемою модуляції: двійкова фазова маніпуляція (BPSK), квадратурна фазова маніпуляція (QPSK) або квадратурна амплітудна маніпуляція (QAM-16 або QAM-64). Блок послідовно-паралельного перетворення (перетворювач ПоПП) змінює періодичну символну послідовність на паралельну. Блок додавання пілот-тону додає дані (пілот-символи) у паралельну символну послідовність для їх передачі по пілот-каналах. Блок зворотного швидкого перетворення Фур'є (блок ЗШПФ) проводить зворотне швидке перетворення Фур'є, по N-точках, сигналу, що був отриманий після проходження блока додавання пілот-тону. Блок паралельно-послідовного перетворення (перетворювач ПарПП) створює послідовність ЗШПФ символів. Далі в блоці введення захисного інтервалу (блок введення ЗІ) вводиться захисний інтервал в послідовність символів. Захисний інтервал усуває інтерференцію між поточним OFDM символом та попереднім OFDM символом. Захисний інтервал може бути проведений як циклічний префікс, або як циклічний постфікс. Циклічний префікс створюється шляхом копіювання певної кількості

останніх вибірок OFDM символу і переносу їх на початок повідомлення, в той час як циклічний постфікс створюється шляхом копіювання певної кількості перших вибірок OFDM символу і переносу їх в кінець повідомлення. Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) перетворює цифровий сигнал на аналоговий. Радіохвильовий процесор (процесор РХ) приводить аналоговий сигнал до вигляду, придатного до передачі. Радіосигнал передається через передавальну антену.

Приймач типової системи зв'язку з OFDM (прототипу) складається з послідовно з'єднаних радіохвильового процесора (процесор РХ), аналого-цифрового перетворювача (АЦП), блока видалення захисного інтервалу (блок видалення ЗІ), блока послідовно-паралельного перетворення (перетворювач ПоПП), блока швидкого перетворення Фур'є (блок ШПФ), еквалайзера, блока паралельно-послідовного перетворення (перетворювач ПарПП), демодулятора, депереміжника, декодера, а також містить блок виділення пілот-тону, вхід якого з'єднаний з виходами блока швидкого перетворення Фур'є (блок ШПФ), а вихід якого з'єднаний зі входом блока оцінки середовища поширення радіосигналу (блок оцінки СПР), вихід якого з'єднаний зі входом еквалайзера. Крім того, вихід блока контролю за адаптивною модуляцією та кодуванням (блок контролю АМК) з'єднаний з входом демодулятора та декодера. Корисний сигнал, транслюється від передавача, завдяки OFDM передається як N-сигналів, кожен з яких має свою піднесучу і приймається приймальною антенною як сума сигналу та завади. Радіохвильовий процесор (процесор РХ) переносить сигнал, отриманий від прийомної антени, на проміжну частоту. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) конвертує аналоговий сигнал проміжної частоти у цифровий. Далі в блоці видалення захисного інтервалу (блок видалення ЗІ) видаляється захисний інтервал. Блок послідовно-паралельного перетворення (перетворювач ПоПП) паралізує послідовний сигнал, отриманий після видалення захисного інтервалу в блоці видалення захисного інтервалу. У блоці швидкого перетворення Фур'є (блок ШПФ) проводиться перетворення сигналу по N-точках. Еквалайзер вирівнює отриманий після блока ШПФ сигнал, а блок паралельно-послідовного перетворення (перетворювач ПарПП) створює послідовний сигнал. Тим часом, блок видалення пілот-тону видаляє пілот-символи з ШПФ сигналу, а блок оцінки середовища поширення радіосигналу (блок оцінки СПР) розраховує оцінку середовища поширення сигналу за допомогою даних, що містяться у символах пілот-тону і передає результат оцінки каналу до еквалайзера. Приймач створює дані про якість зв'язку (CQI) відповідно з результатом оцінки каналу і передає CQI до окремого передавача (що не вказаний в описі прототипу). Ці дані передаються на передавач для повідомлення доцільності використання нової схеми кодування та модуляції. Демодулятор демодулює послідовний сигнал, отриманий від перетворювача ПарПП, відповідним типом модуляції, що використовувався у передавачі. Депереміжник гуртує модульовані символи у спосіб, що використовувався передавачем. Декодер декодує послідовність символів методом, відповідним до методу кодування, що використовується в передавачі. Дані про відповідний тип модуляції та схему кодування надає блок контролю АМК. Шлях, яким блок контролю АМК отримує ці дані не є суттєвими. Таким чином отримується первісна послідовність біт даних.

Як описано вище, всі піднесучі мають однакову кількість біт даних та передаються з однаковою потужністю, всі вони кодуються та модулюються за спільною схемою. Сигнал, який передається досягає приймача декількома шляхами (багатопроточність). Таким чином, отриманий сигнал потрапляє під вплив частотно-селективних завмирань. Тому, хоча передавач передає сигнал за допомогою піднесучих, що мають однакову потужність передачі і однакову кількість переданих біт, ці піднесучі мають різні частотні характеристики залежно від впливу селективних завмирань. Відповідно, каналний декодер приймача виправляє помилки в помилкових сигналах.

Вищезгадана система на базі OFDM використовує розшарування біт даних за певною схемою. Це призводить до чергування послідовності біт, за допомогою якого вплив частотно-селективних завмирань зменшується. Однак, використання операції розшарування також зменшує частотну вибірковість, що приводить до зменшення корекції помилок для квазістатичного селективного каналу завмирання. Відповідно, число переданих біт для кожної піднесучої зменшується, інакше кажучи загальна потужність передачі має бути збільшена для задоволення можливості корекції помилок згідно з вимогами, встановленим у системі зв'язку OFDM. В результаті, ефективність використання ресурсів зменшується.

Завданням контролю АМК є вибір такої схеми кодування та типу модуляції, щоб підтримувати рівень корекції помилок на заданому рівні. Рівень встановлюється за вимогами до якості системи зв'язку - Quality of Service (QoS). При цьому стоїть завдання забезпечувати максимальну бітову швидкість при мінімально можливому рівні потужності передачі. Відповідно, блок контролю АМК в системі на базі OFDM, в якій весь частотний діапазон ділиться на N

піднесучих, потужність і кількість передачі біт розраховуються для кожної з піднесучих для кожного з методів кодування, що є доступними в системі зв'язку OFDM. Швидкість передачі даних для кожного з цих методів кодування розраховується на основі числа біт, що передаються та потужності сигналу для кожної піднесучої. Метод кодування, що має найвищу розрахункову швидкість передачі вибирається як використаний, тип модуляції визначається відповідно до кількості біт, що використовуються у вже визначеному методі кодування. Після того, як інформаційна послідовність була передана до приймача і оброблена блоком оцінки середовища поширення радіосигналу (блок оцінки СПР), на основі даних CQI приймається рішення про подальше використання тієї чи іншої схеми кодування і типу модуляції. Рішення передається на передавач окремим каналом, що має максимальну завадостійкість: зазвичай використовується завадостійкий код з мінімальною швидкістю кодування та BPSK модуляція. Завдяки цьому ймовірність неправильної передачі службового повідомлення про вибір типу модуляції та схеми кодування стає мінімально можливою. Ці дані потрапляють до блока контролю АМК, де схема кодування та тип модуляції змінюється на відповідні до прийнятого рішення. Наступний пакет даних буде закодовано відповідно до нових налаштувань. Метод, за яким блок оцінки СПР визначає оптимальні налаштування, не входить до нашого дослідження, тому не буде описаний. Ознайомитись з ним можна в описі прототипу.

Недоліком даного прототипу є відсутність урахування типу даних, що передається. Для визначення рівня помилок отриманого повідомлення використовується параметр BER, розрахунок якого проводиться як:

$$BER = \text{кількість помилок} / \text{число переданих біт} \quad (1)$$

Таким чином, даний розрахунок взагалі не враховує характер переданого повідомлення. Як було сказано вище, на сучасному етапі розвитку інформація, що передається має неоднорідний характер. Такі дані звично називати мультимедійними. Більш того, оскільки різні види даних сприймаються різними органами чуття (звук - вухом, зображення - очима, кіно - їх комбінацією), то й критерії оцінки якості їх передачі мають бути різними. Урахування цих особливостей дає змогу більш точно вираховувати оптимальну схему кодування та модуляції для окремого виду даних.

Технічною задачею пропонованого винаходу є створення способу, що ураховував тип мультимедійних даних, що передається.

На фіг. 1 зображено запропонований пристрій.

На фіг. 2 зображено залежність рівня бітової помилки (BER) від відношення сигнал/завада (SNR).

На фіг. 3 зображено залежність пікового рівня сигнал/завада (PSNR) від відношення сигнал/завада (SNR).

Пропонований винахід є способом оцінки якості передачі мультимедійних даних системою з використанням OFDM, що враховує характеристики цих даних, що передаються. Для реалізації цього способу потрібен новий пристрій. Його вдосконалена схема разом з передавачем та приймачем наведена на фіг. 1. Передавач (базова станція) складається з послідовно поєднаних кодера (1), переміжника (2), модулятора (3), блока послідовно-паралельного перетворення (перетворювач ПоПП) (4), блока додавання пілот-тону (5), блока зворотного швидкого перетворення Фур'є (блок ЗШПФ) (6), блока паралельно-послідовного перетворення (перетворювач ПарПП) (7), блока введення захисного інтервалу (блок введення ЗІ) (8), цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) (9), радіохильового процесора (процесор РХ) (10), а також блока контролю за адаптивною модуляцією та кодуванням (блок контролю АМК) (11), вихід якого зв'язаний з входами кодера та модулятора, та з'єднаних між собою блока введення допоміжної послідовності (12) та блока каталогу допоміжних послідовностей (13), вихід блоку введення допоміжної послідовності з'єднаний зі входом блоку додавання пілот-тону. Крім того, вихід блока контролю АМК з'єднаний з входом вузла Б, а вхід блока контролю АМК з'єднаний з виходом вузла А. Послідовність біт-даних подається на входи кодера і блока введення допоміжної послідовності. Приймач містить в собі послідовно з'єднані радіохильовий процесор (процесор РХ) (14), аналого-цифровий перетворювач (АЦП) (15), блок видалення захисного інтервалу (блок видалення ЗІ) (16), блок послідовно-паралельного перетворення (перетворювач ПоПП) (17), блок швидкого перетворення Фур'є (блок ШПФ) (18), еквалайзер (19), блок паралельно-послідовного перетворення (перетворювач ПарПП) (20), демодулятор (21), депереміжник (22), декодер (23), а також містить блок видалення пілот-тону (24), вхід якого з'єднаний з виходами блока швидкого перетворення Фур'є (блок ШПФ), а вихід якого з'єднаний зі входом блока оцінки середовища поширення радіосигналу (блок оцінки СПР) (25), вихід якого

з'єднаний зі входом еквалайзера (19). Крім того, вихід блока контролю за адаптивною модуляцією та кодуванням (АМК) (26) з'єднаний з входом демодулятора та декодера, а його вхід з виходом вузла Б. Вхід блока розрахунку PSNR (27) з'єднаний з виходом блока видалення пілот-тону, а вихід блока розрахунку PSNR з'єднаний з входом блока оцінки середовища поширення радіосигналу (блок оцінки СПР). Вихід блока оцінки середовища поширення радіосигналу (блок оцінки СПР) з'єднаний з входом вузла А. Вузол А показує зв'язок, завдяки якому дані про якість каналу передачі попадають до блока контролю АМК в передавачі. Шлях, яким ці дані передаються не входить до нашого дослідження, тому не буде описаний. Вузол Б показує зв'язок, завдяки якому дані про поточну схему модуляції та кодування попадають до блока контролю АМК в приймачі. Шлях, яким ці дані передаються, не входить до нашого дослідження, тому не буде описаний.

Розглянемо детальніше запропонований спосіб. Перед проведенням вищеописаних операцій, які проходить сигнал у прототипі, інформація з послідовності біт мультимедійних даних, що містить опис типу даних і їх характеристики передаються в блок введення допоміжної послідовності. На підставі отриманих даних, блок введення допоміжної послідовності вибирає з блока каталогу допоміжних послідовностей типову послідовність, найбільш відповідну під поточний тип даних, який передається в основному каналі. Дана послідовність передається по каналу передачі пілот-тону, при цьому використовується однакова схема кодування і модуляції, що і в основному каналі. Приймач виділяє сигнал пілот-тону, після цього, в блоці розрахунку PSNR, що також має каталог допоміжних послідовностей, відбувається розрахунок параметра, що враховує характеристики даних. Результати передаються в блок оцінки СПР, де на основі отриманих даних з'ясовується поточний стан каналу зв'язку, далі приймається рішення про використання тої чи іншої схеми кодування і модуляції.

Для врахування особливостей різновидів даних пропонується використовувати ще один показник якості зв'язку CQI. Як такий показник пропонується застосувати піковий рівень сигнал/завада (PSNR). PSNR - це класичний показник, що зазвичай використовують у вимірюванні рівня спотворення сигналу при операції стиснення відео- та аудіопослідовностей. PSNR розраховується згідно з рівнянням:

$$PSNR = 10 \lg \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \lg \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) [дБ] \quad (2)$$

де – MAX_I це максимальне значення, прийняте пікселем зображення:

$$MAX_I = 2^B - 1,$$

де - B це розрядність. Наприклад, якщо піксель зображення має розрядність 8 біт, то $MAX_I = 255$; MSE - Mean Square Error - середньоквадратичне відхилення, яке для двох монохромних зображень I та I' розміру $m \times n$, одне з яких, за рахунок передачі його по каналу зв'язку вважається спотвореним наближенням першого зображення - еталонного, визначається як:

$$MSE = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i,j) - I'(i,j)|^2 \quad (3)$$

При підстановці виразу (2) в (3) отримуємо значення PSNR для порівняння двох зображень:

$$PSNR = 20 \lg \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{\frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i,j) - I'(i,j)|^2}} \right) \quad (4)$$

Аналогічно PSNR розраховується і для аудіоданих. Різниця полягає в наступному: для аудіопослідовності MAX_I - максимальне значення амплітуди переданого семпла, де семпл - відносно невеликий цифровий звуковий фрагмент. Зазвичай максимальна амплітуда аудіосемпла дорівнює $2^{15} = 32768$.

Оскільки для коректного розрахунку PSNR потрібно точно знати дані, з якими проводиться порівняння, є необхідність завчасного попередження приймача про характер даних, що

передаються. Але, по основному каналу передачі даних це зробити неможливо, так як його задачею є передача даних користувача, які заздалегідь невідомі.

Тому в даному вдосконаленні запропоновано завчасно вносити в приймач і передавач каталог допоміжних (тестових) послідовностей, що зазвичай використовуються при обробці відео- та аудіо. Ці дані будуть вноситись в символи пілот-тону і передаватись паралельно з основним потоком даних. Для вибору типової послідовності в даний момент часу пропонується запитувати тип даних, які передавач збирається передавати по основному каналу зв'язку в даний момент часу, та їх характеристики, наприклад кількість біт кольору на піксель зображення для відеопослідовностей або зображень. Таким чином, в канал пілот-тону вводиться для передачі типова послідовність, характеристики якої збігаються з даними, що передаються по основному каналу. Для коректного порівняння типових послідовностей блоком розрахунку PSNR (27) в приймачі; в передавачі, на початок повідомлення, що буде передане по каналу пілот-тону, вноситься інформація про поточну типову послідовність, наприклад її ім'я. Таким чином перше завдання блоку розрахунку PSNR в приймачі зводиться до вибору тієї самої типової послідовності з каталогу, що знаходиться в блоці розрахунку PSNR (27), з якою буде відбуватися порівняння.

Оскільки піднесучі пілот-тону рознесені по всьому частотному діапазону спектра сигналу, то можна вважати, що характеристики середовища поширення радіосигналу для основного каналу даних і для символів пілот-тону однакові. Отже, PSNR розрахований для символів пілот-тону можна присвоїти і основному каналу даних. На основі розрахунку цього показника є можливість точно визначити рівень помилок, при цьому врахувати особливості, що залежать від типу даних, що передаються.

Технічна можливість використання даного удосконалення ґрунтується на наступних факторах. При використанні OFDM потік даних розбивається на N під потоків (піднесучих), з яких основна частина (Nn) зайнята передачею даних по основному каналу, канал символів пілот-тону займає (Mn) піднесучих. Швидкість передачі даних враховує лише роботу основного "корисного" каналу. Таким чином, швидкість передачі даних по каналу пілот-тону можливо отримати у вигляді пропорції:

$$V = \frac{Mn}{Nm} * V_{\text{кан}} \quad (5)$$

де, $V_{\text{кан}}$ - швидкість передачі даних по основному каналу. Для успішного використання запропонованого підходу потрібно, щоб швидкості передачі даних по каналу пілот-тону вистачало для передачі типової послідовності за необхідну одиницю часу.

В стандарті IEEE 802.16-2009 зазначено, що теоретична максимальна швидкість передачі, при мінімальній смузі пропускання у 6 МГц, дорівнює 22,52 Мбіт/с, а мінімально підтримувана швидкість дорівнює 2,5 Мбіт/с (для основного каналу). Для стандарту фіксованого доступу кількість піднесучих основного каналу дорівнює $Nn=192$, а кількість піднесучих каналу пілот-тону дорівнює $Mn=8$. Тому при самих несприятливих умовах швидкість каналу пілот-тону дорівнюватиме: $V=8/192*2=0,083$ Мбіт/с. Звичний розмір мінімального аудіосемплу дорівнює 64 Кб, відеопослідовності носять розмір формату CIF=352 × 288 пікселів, колір кожного пікселя визначається 12 бітами (формат YUV420). Розмір одного кадру такої послідовності дорівнює: $352*288*12=1216512$ біт=1,16 Мбіт.

Таким чином, швидкість в каналі пілот-тону є недостатньою для передачі відеопослідовності розмір формату CIF (при самих несприятливих умовах), тому запропоновано передавати зображення меншого розміру 85*85 пікселів. Таким чином, навіть при найгірших умовах, коли швидкість основного каналу варіюється від 2 біт/с до 3 Мбіт/с швидкості каналу пілот-тону буде вистачати для передачі повного кадру (у разі передачі відеопослідовності в основному каналі). Але, це не є необхідним, тому що при таких поганих умовах поширення вже буде вибрана найбільш можлива завадостійка схема кодування і модуляції. У разі передачі аудіоданих за основним каналом зв'язку швидкості каналу пілот-тону вистачатиме завжди.

На фіг. показана залежність рівня BER від відношення сигнал/завада та від типу модуляції та схеми кодування. На фіг. 3 показана залежність рівня PSNR від відношення сигнал/завада та від типу модуляції та схеми кодування. Як дані, що передавались було узятو зображення розміром 640*490 пікселів. Враховуючи, що в нашому дослідженні нас цікавить швидкий перехід від більш швидкого типу модуляції до більш повільного при погіршенні характеристик середовища передачі, для підтримки якості передачі на заданому рівні, видно, що використання PSNR дає вигравш у 1-3 дБ.

Технічний результат - покращення якості передачі даних по безпроводових системах зв'язку з використанням ортогонального частотного розділення каналів (OFDM).

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

1. Спосіб управління адаптивною модуляцією та кодуванням в безпроводових мережах, для систем зв'язку з використанням ортогонального частотного розділення каналів (OFDM), що базується на розрахунку даних про якість зв'язку на основі параметрів некодованого рівня бітової помилки, рівня відношення сигнал/завада та інтерференція, значення рівня потужності на вході приймача та передачі їх до блока контролю за адаптивною модуляцією та кодуванням, в якому проводиться розрахунок оптимальної схеми кодування та модуляції, який **відрізняється** тим, що додатково вводять новий параметр якості зв'язку, що враховує особливості інформаційних даних, що передаються - піковий рівень сигнал/завада (PSNR), цей рівень розраховують шляхом порівняння послідовностей, одну з яких беруть в передавачі з блока каталогу допоміжних послідовностей, що була вибрана за допомогою блока введення допоміжної послідовності на основі інформації про опис типу даних і їх характеристики, та другої послідовності, яка є її копією, що міститься у приймачі в блоці розрахунку PSNR.

10

15

20

25

30

35

2. Пристрій для управління адаптивною модуляцією та кодуванням (АМК) в безпроводових мережах, що складається з передавача та приймача, передавач якого складається з послідовно з'єднаних кодера, переміжника, модулятора, блока послідовно-паралельного перетворення, блока додавання пілот-тону, блока зворотного швидкого перетворення Фур'є, блока паралельно-послідовного перетворення, блока введення захисного інтервалу, цифро-аналогового перетворювача, радіохвильового процесора, а також блока контролю за адаптивною модуляцією та кодуванням, вихід якого зв'язаний з входами кодера та модулятора; приймач містить в собі послідовно з'єднані радіохвильовий процесор, аналого-цифровий перетворювач, блок видалення захисного інтервалу, блок послідовно-паралельного перетворення, блок швидкого перетворення Фур'є, еквалайзер, блок паралельно-послідовного перетворення, демодулятора, депереміжника, декодера, а також містить блок видалення пілот-тону, вхід якого з'єднаний з виходами блока швидкого перетворення Фур'є, а вихід якого з'єднаний зі входом блока оцінки середовища поширення радіосигналу (СПР), вихід якого з'єднаний зі входом еквалайзера, крім того, вихід блока контролю за адаптивною модуляцією та кодуванням (АМК) з'єднаний з входом демодулятора та декодера, який **відрізняється** тим, що в передавач додатково введено, з'єднані між собою блок введення допоміжної послідовності та блок каталогу допоміжних послідовностей, вихід блока введення допоміжної послідовності з'єднаний зі входом блока додавання пілот-тону, послідовність біт даних подається на входи кодера і блока введення допоміжної послідовності, а в приймач додатково введено блок розрахунку PSNR, вхід якого з'єднаний з виходом блока виділення пілот-тону, а вихід з входом блока оцінки середовища поширення радіосигналу (СПР).

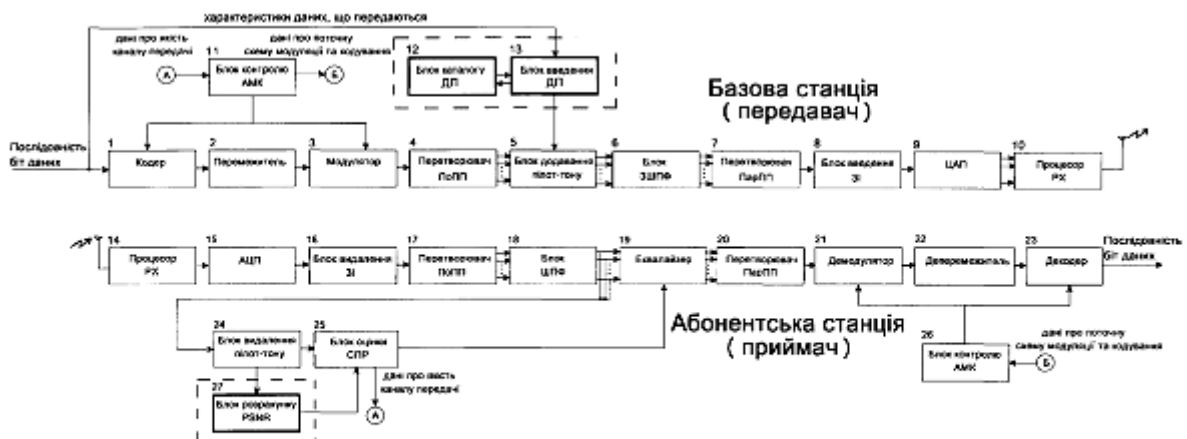
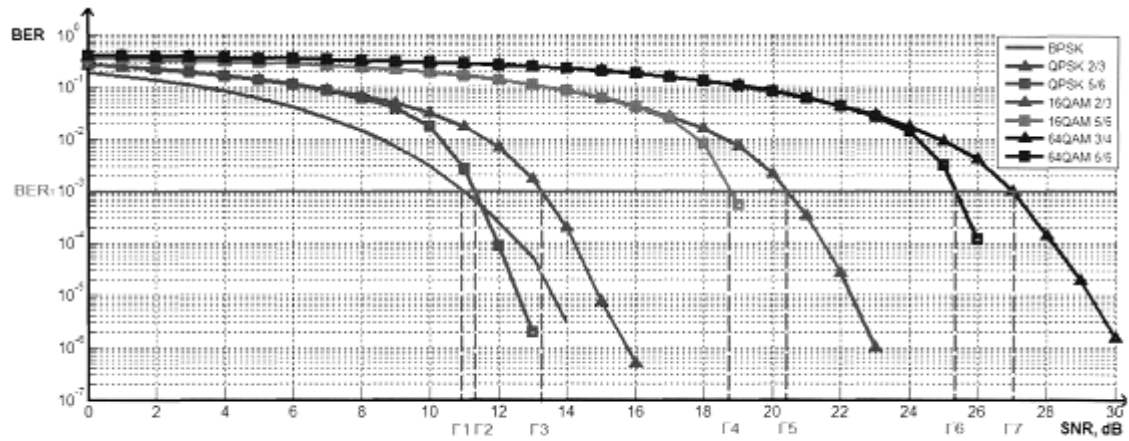
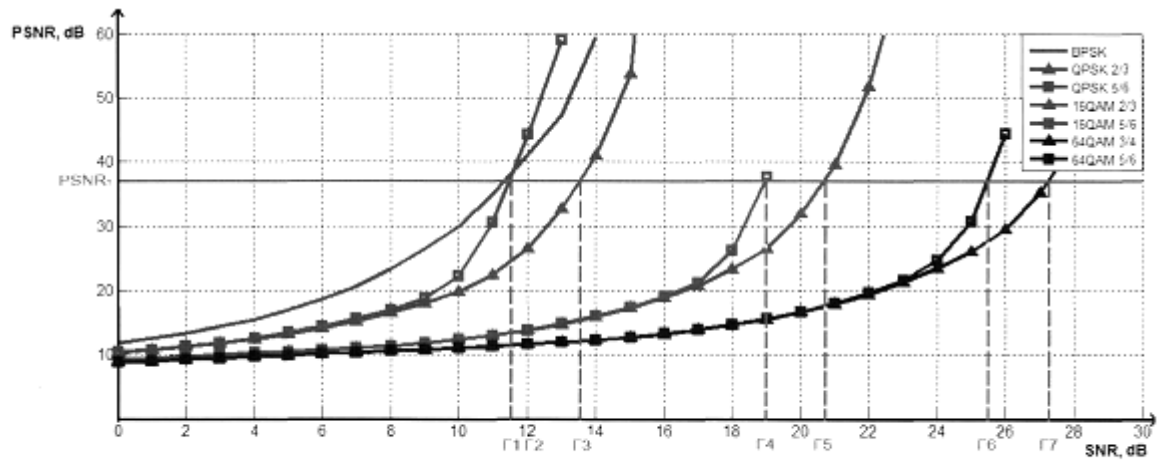


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3