

Даний винахід, загалом, відноситься до передачі даних і, більш конкретно, до способів, призначених для передачі даних з використанням декількох режимів передачі з рознесенням в системах з MIMO OFDM (ОЧУ з MBxMBих, ортогонально частотним ущільненням з множиною входів і множиною виходів).

Системи безпроводного зв'язку широко використовуються, щоб забезпечити різні типи зв'язку, такі як мова, пакетні дані і т.д. Ці системи можуть бути системами множинного доступу, які можуть підтримувати зв'язок з множиною користувачів або послідовно, або одночасно. Це досягається за допомогою розділення наявних системних ресурсів, які в кількісній формі можуть бути виражені за допомогою загальної наявної робочої смуги частот і потужності передачі.

Система множинного доступу може включати в себе декілька пунктів доступу (або базових станцій), які взаємодіють з декількома призначеними для користувача терміналами. Кожний пункт доступу може бути оснащений однією або множиною антен, які призначені для передачі і прийому даних. Подібним чином кожний термінал може бути оснащений однією або множиною антен.

Передача між даним пунктом доступу і даним терміналом може відрізнятися числом антен, що використовуються для передачі і прийому даних. Зокрема, пара: пункт доступу і термінал можуть розглядатися як (1) система з множиною входів і множиною виходів (MBxMBих), якщо для передачі даних використовується множина (N_T) передавальних і множина (N_R) приймальних антен, (2) система з множиною входів і одним виходом (MISO, MBxOBих), якщо використовується множина передавальних антен і одна приймальна антена, (3) система з одним входом і множиною виходів (SIMO, OBxMBих), якщо використовується одна передавальна антена і множина приймальних антен, або (4) система з одним входом і одним виходом (SISO, OBxOBих), якщо використовується одна передавальна антена і одна приймальна антена.

Для системи з MBxMBих канал з MBxMBих, сформований за допомогою N_T передавальних і N_R приймальних антен, може бути розділений на N_S незалежних каналів з $N_S \leq \min(N_T, N_R)$. Кожний з N_S незалежних каналів також згадується як просторовий підканал каналу з MBxMBих і відповідає деякому вимірюванню. Система з MBxMBих може забезпечити поліпшену ефективність (наприклад, підвищену пропускну здатність передачі і/або більшу надійність), якщо використовуються додаткові вимірювання, створені за допомогою множини передавальних і приймальних антен. Для системи з MBxOBих для передачі даних доступний тільки один просторовий підканал. Однак множина передавальних антен може бути використана для того, щоб передавати дані деяким способом, щоб підвищити імовірність правильного прийому приймачем.

Просторові підканали широкосмугової системи можуть стикатися з різними станами каналів через різні чинники, такі як замирання і множина маршрутів. Отже, кожний просторовий підканал може випробовувати частотне вибірне замирання, яке відрізняється різними коефіцієнтами посилення каналів на різних частотах загальної смуги частот системи. Добре відомо, що частотне вибірне замирання викликає міжсимвольні перешкоди (ISI, МП), які є явищем, при якому кожний символ в прийнятому сигналі діє як спотворення для наступних символів в прийнятому сигналі. Спотворення МП погіршує продуктивність за допомогою впливу на здатність правильно виявляти прийняті символи.

Щоб подолати частотне вибірне замирання, може бути використане ортогональне частотне ущільнення (OFDM, ОЧУ), щоб ефективно розділити загальну смугу частот системи на декілька піддіапазонів (N_F), які також можуть бути згадані як піддіапазони ОЧУ, частотні елементи кодованого сигналу або частотні підканали. Кожний піддіапазон зв'язаний з відповідною піднесучою, на якій можуть бути модульовані дані. Для кожного інтервалу часу, який може залежати від смуги частот одного піддіапазону, символ модуляції може бути переданий в кожному з N_F піддіапазонів.

Для системи множинного доступу даний пункт доступу може взаємодіяти з терміналами, що мають різне число антен, в різні моменти часу. Крім того, характеристики каналів зв'язку між пунктом доступу і терміналами звичайно змінюються від терміналу до терміналу і додатково можуть змінюватися у часі, особливо для мобільних терміналів. Тоді можуть бути потрібні різні схеми передачі для різних терміналів в залежності від їх функціональних можливостей і вимог.

Отже, в даній галузі техніки є потреба в способах, призначених для передачі даних з використанням декількох режимів передачі з рознесенням, в залежності від функціональної можливості пристрою приймача і станів каналу.

У даній заявці надані способи, призначені для передачі даних деяким способом, щоб підвищити надійність передачі даних. Система з ОЧУ з MBxMBих може бути сконструйована таким чином, щоб підтримувати декілька режимів роботи для передачі даних. Ці режими передачі можуть включати в себе режими з рознесенням, які можуть використовуватися, щоб досягнути більш високої надійності для певної передачі даних (наприклад, для службових каналів, поганих станів каналів і т.д.). Режими передачі з рознесенням намагаються досягнути рознесення передачі за допомогою встановлення ортогональності між множиною сигналів, переданих з множини передавальних антен. Ортогональність між переданими сигналами може бути отримана по частоті, у часі, в просторі або будь-якій їх комбінації. Режими передачі також можуть включати в себе режими передачі з просторовим мультиплексуванням і режими передачі з керуванням променем, які можуть бути використані, щоб досягнути більш високих швидкостей передачі при певних сприятливих станах каналу.

У варіанті здійснення представлений спосіб, призначений для обробки даних для передачі (наприклад, з ОЧУ з MBxMBих) в системі безпроводного зв'язку. Відповідно до способу вибирають конкретний режим з рознесенням передачі з деякого числа можливих режимів передачі. Кожний режим з рознесенням передачі передає з надмірністю дані у часі, по частоті, в просторі або їх комбінації. Кожний потік даних кодується і модулюється на основі схем кодування і модуляції, вибраних для потоку даних, щоб надати символи модуляції. Символи модуляції для кожного потоку даних додатково обробляють на основі вибраного режиму з рознесенням передачі, щоб надати символи передачі. Для ОЧУ символи передачі для всіх потоків даних додатково модулюють за допомогою ОЧУ, щоб надати потік символів передачі для кожної однієї або більше передавальних антен, що використовуються для передачі даних. Пілот-символи також можуть бути мультиплексовані з символами модуляції з використанням частотного ущільнення (FDM, ЧУ), часового мультиплексування (TDM, ЧМ), кодового ущільнення (CDM, КУ) або будь-якої їх комбінації.

Режими передачі можуть включати в себе, наприклад, (1) режим передачі з рознесенням по частоті, який передає з надмірністю символи модуляції через множинну піддіапазонів ОЧУ, (2) режим передачі з рознесенням Уолша, який передає кожний символ модуляції через N_T періодів символів ОЧУ, де N_T - число передавальних антен, що використовуються для передачі даних, (3) режим передачі з просторово-часовим рознесенням передачі (STTD, ПЧРП), який передає символи модуляції через множинну періодів символів ОЧУ і множинну передавальних антен, і (4) режим передачі Уолша-ПЧРП, який передає символи модуляції з використанням комбінації рознесення Уолша і ПЧРП. Для режимів передачі з рознесенням Уолша і Уолша-ПЧРП одні і ті ж символи модуляції можуть бути передані з надмірністю через всі передавальні антени або різні символи модуляції можуть бути передані через різні передавальні антени.

Кожний потік даних може бути призначений для службового каналу або адресований для конкретного пристрою приймача. Швидкість даних для кожного потоку даних, заданого користувачем, може регулюватися на основі функціональних можливостей передачі пристрою приймача. Символи передачі для кожного потоку даних передають у відповідних групах одного або більше піддіапазонів.

У іншому варіанті здійснення представлений спосіб, призначений для обробки передачі даних в приймачі системи безпроводного зв'язку. Відповідно до цього способу спочатку визначають конкретний режим з рознесенням передачі, що використовується для кожного одного або більше відновлюваних потоків даних. Режим з рознесенням передачі, що використовується для кожного потоку даних, вибирають з деякого числа можливих режимів передачі. Потім прийняті символи для кожного потоку даних обробляють на основі режиму передачі з рознесенням, використаного для потоку даних, щоб забезпечити відновлені символи, які є оцінками символів модуляції, переданих з передавача, для потоку даних. Відновлені символи для кожного потоку даних додатково демодулюють і декодують, щоб надати декодовані дані для потоку даних.

Різні аспекти і варіанти здійснення винаходу описані більш детально нижче. Винахід додатково представляє способи, блоки передавача, блоки приймача, термінали, пункти доступу, системи і ознаки винаходу, як описано більш детально нижче.

Ознаки, суть і переваги даного винаходу стануть більш зрозумілими з докладного опису, приведенного нижче, взятого спільно з кресленнями, на яких однакові посилальні символи відповідно вказані по всіх кресленнях і на яких:

Фіг.1 представляє схему системи множинного доступу, яка підтримує декілька користувачів;

Фіг.2 представляє блок-схему варіанту здійснення пункту доступу і двох терміналів;

Фіг.3 представляє блок-схему блока передавача;

Фіг.4 представляє блок-схему процесора рознесення TX, ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему з рознесенням по частоті;

Фіг.5 представляє блок-схему процесора рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему рознесення Уолша;

Фіг.6 представляє блок-схему процесора рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему ПЧРП;

Фіг.7 представляє блок-схему процесора рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему повтореного Уолша-ПЧРП;

Фіг.8 представляє блок-схему процесора рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему неповтореного Уолша-ПЧРП;

Фіг.9 представляє блок-схему блока приймача;

Фіг.10 представляє блок-схему процесора рознесення RX, ПРИЙОМ;

Фіг.11 представляє блок-схему процесора антени ПРИЙОМ в процесорі рознесення ПРИЙОМ, і яка може бути використана для схеми рознесення Уолша; і

Фіг.12 представляє блок-схему процесора піддіапазону ПРИЙОМ в процесорі антени приймача, і яка може бути використана для схем повтореного і неповтореного Уолша-ПЧРП.

Фіг.1 представляє схему системи 100 множинного доступу, яка підтримує декількох користувачів. Система 100 включає в себе один або більше пунктів 104 доступу (АР, ПД), які взаємодіють з деяким числом терміналів (Т, Т) 106 (для простоти на Фіг.1 зображений тільки один пункт доступу). Пункт доступу також може бути згаданий як базова станція, UTRAN, або деяка інша термінологія. Термінал також може бути згаданий як мікрофонна трубка, рухома станція, дистанційна станція, обладнання користувача (UE, КО) або деяка інша термінологія. Кожний термінал 106 може одночасно взаємодіяти з множиною пунктів 104 доступу, коли знаходиться в стані м'якої передачі обслуговування (якщо м'яка передача обслуговування підтримується системою).

У варіанті здійснення кожний пункт 104 доступу використовує множинну антен і представляє (1) множинну входів (MI, MBx) для передачі по прямій лінії зв'язку з пункту доступу в термінал і (2) множинну виходів (MO, MBx) для передачі по зворотній лінії зв'язку з терміналу в пункт доступу. Множина з одного або більше терміналів 106, які взаємодіють з даним пунктом доступу, спільно представляє множинну виходів для передачі по прямій лінії зв'язку з множиною входів для передачі по зворотній лінії зв'язку.

Кожний пункт доступу може взаємодіяти з одним або множиною терміналів 106 або одночасно, або послідовно через множинну антен, що є в пункті доступу, і одну або множинну антен, що є в кожному терміналі. Термінали, що не знаходяться в активному зв'язку, можуть приймати пілот-сигнали і/або іншу сигнальну інформацію з пункту доступу, як зображено за допомогою пунктирних ліній для терміналів 106e-106h на Фіг.1.

Для прямої лінії зв'язку пункт доступу використовує N_T антен, і кожний термінал використовує 1 або N_R антен для прийому одного або більше потоків даних з пункту доступу. У цілому N_R може бути різним для різних терміналів з множиною антен і може бути будь-яким цілим числом. Канал MBxMBx, сформований за допомогою N_T передавальних антен і N_R приймальних антен, може бути розбитий на N_S незалежних каналів з $N_S \leq \min \{N_T, N_R\}$. Кожний такий незалежний канал також згадується як просторовий підканал каналу з MBxMBx. Термінали, що одночасно приймають передачі даних прямої лінії зв'язку, необов'язково повинні бути оснащені однаковим числом приймальних антен.

Для прямої лінії зв'язку число приймальних антен в даному терміналі може бути більшим або дорівнює

числу передавальних антен в пункті доступу (тобто $N_R \geq N_T$). Для такого терміналу число просторових підканалів обмежене числом передавальних антен в пункті доступу. Кожний термінал з множиною антен взаємодіє з пунктом доступу через відповідний канал MBxMBx, сформований за допомогою N_T передавальних антен пункту доступу і його власними N_R антенами. Однак навіть, якщо вибрана множина терміналів з множиною антен для одночасної передачі даних прямої лінії зв'язку, є тільки N_S просторових підканалів, незалежно від числа терміналів, що приймають передачу прямої лінії зв'язку.

Для прямої лінії зв'язку число приймальних антен в даному терміналі також може бути меншим, ніж число передавальних антен в пункті доступу (тобто $N_R < N_T$). Наприклад, термінал з MBxOBx оснащений однією прийнятною антеною ($N_R=1$) для передачі даних прямої лінії зв'язку. Тоді пункт доступу може використати рознесення, керування променем, множинний доступ з просторовим розділенням (SDMA, МДПР) або деякі інші способи передачі, щоб одночасно взаємодіяти з одним або множиною терміналів з MBxMBx.

Для зворотної лінії зв'язку кожний термінал може використати одну антену або множину антен для передачі даних зворотної лінії зв'язку. Кожний термінал також може використати всі або тільки підмножину своїх наявних антен для передачі зворотної лінії зв'язку. У будь-який даний момент N_T передавальних антен для зворотної лінії зв'язку сформовані за допомогою всіх антен, що використовуються одним або більше активними терміналами. Тоді канал з MBxMBx формується за допомогою N_T передавальних антен з всіх активних терміналів і N_R приймальних антен пункту доступу. Число просторових підканалів обмежене числом передавальних антен, яке звичайно обмежене числом приймальних антен в пункті доступу (тобто $N_S \leq \min \{N_T, N_R\}$).

Фіг.2 представляє блок-схему варіанту здійснення пункту 104 доступу і двох терміналів. У прямій лінії зв'язку в пункті 104 доступу різні типи даних трафіка, такі як дані, задані користувачем з джерела 208 даних, сигнальні дані і т.д., подаються в процесор 210 даних передачі (TX, ПЕРЕД). Потім процесор 210 форматує і кодує дані трафіка на основі однієї або більше схем кодування, щоб надати закодовані дані. Потім закодовані дані чергують і додатково модулюють (тобто відображають в символи) на основі однієї або більше схем модуляції, щоб надати символи модуляції (тобто модульовані дані). Швидкість даних, кодування, переміжність і відображення в символи можуть бути визначені за допомогою керуючих сигналів, наданих за допомогою контролера 230 і планувальника 234. Обробка за допомогою процесора 210 даних ПЕРЕД описана більш детально нижче.

Процесор 220 передачі потім приймає і обробляє символи модуляції і пілот-дані, щоб надати символи передачі. Пілот-дані звичайно є відомими даними, обробленими, взагалі кажучи, відомим способом. У конкретному варіанті здійснення обробка за допомогою процесора 220 передачі включає в себе (1) обробку символів модуляції на основі одного або більше режимів передачі, вибраних для використання для передачі даних, в термінали, щоб надати символи передачі, і (2) обробку за допомогою ОЧУ символів передачі, щоб надати символи передачі. Обробка за допомогою процесора 220 передачі описана більш детально нижче.

Процесор 220 передачі подає N_T потоків символів передачі в N_T передавачів (TMTR, ПЕРЕДАВ) 222a-222t, причому для передачі даних використовується один передавач для кожної антени. Кожний передавач 222 перетворює свій потік символів передачі в один або більше аналогових сигналів і додатково обробляє (наприклад, посилює, фільтрує і перетворює з підвищенням частоти) аналогові сигнали, щоб згенерувати відповідний модульований сигнал прямої лінії зв'язку, відповідний для передачі через безпроводний канал зв'язку. Кожний модульований сигнал прямої лінії зв'язку потім передається через відповідну антену 224 в термінали.

У кожному терміналі 106 модульовані сигнали прямої лінії зв'язку з множини передавальних антен пункту доступу приймаються за допомогою однієї або множини антен 252, наявних в терміналі. Прийнятий сигнал з кожної антени 252 подається у відповідний приймач (RCVR, ПРИЙМ) 254. Кожний приймач 254 обробляє (наприклад, фільтрує, посилює і перетворює з пониженням частоти) свій прийнятий сигнал і додатково перетворює в цифровий вигляд оброблений сигнал, щоб надати відповідний потік вибірок.

Потім процесор 260 прийому приймає і обробляє потоки вибірок з всіх приймачів 254, щоб надати відновлені символи (тобто демодульовані дані). У конкретному варіанті здійснення обробка за допомогою процесора 260 прийому включає в себе (1) обробку за допомогою ОЧУ прийнятих символів передачі, щоб надати прийняті символи, і (2) обробку прийнятих символів на основі вибраного режиму (режимів) передачі, щоб отримати відновлені символи. Відновлені символи є оцінками символів модуляції, переданих пунктом доступу. Обробка за допомогою процесора 260 прийому описана більш детально нижче.

Процесор 262 прийому (ПРИЙОМ) даних виконує операції зворотного відображення символів, видалення переміжності і декодує відновлені символи, щоб отримати дані, задані користувачем, і сигнальну інформацію, передані по прямій лінії зв'язку для терміналу. Обробка за допомогою процесора 260 прийому і процесора 262 даних ПРИЙОМ є доповнюючою до обробки, що виконується за допомогою процесора 220 передачі і процесора 210 даних ПЕРЕД, відповідно, в пункті доступу.

У зворотної лінії зв'язку в терміналі 106 різні типи даних трафіка, такі як дані, задані користувачем, з джерела 276 даних, сигнальна інформація і т.д., подаються в процесор 278 даних ПЕРЕД даних. Процесор 278 кодує різні типи даних трафіка відповідно до їх відповідних схем кодування, щоб надати закодовані дані, і додатково чергує закодовані дані. Потім модулятор 280 відображає символи переміжних даних, щоб надати модульовані дані, які подаються в один або більше передавачів 254. ОЧУ може використовуватися або може не використовуватися для передачі даних зворотної лінії зв'язку в залежності від конструкції системи. Кожний передавач 254 обробляє прийнятий модульований сигнал, щоб згенерувати відповідний модульований сигнал зворотної лінії зв'язку, який потім передається через зв'язану антену 252 в пункт доступу.

У пункті 104 доступу модульовані сигнали зворотної лінії зв'язку з одного або більше терміналів приймаються за допомогою антен 224. Прийнятий сигнал з кожної антени 224 подається в приймач 222, який обробляє прийнятий сигнал і перетворює його в цифровий вигляд, щоб надати відповідний потік вибірок. Потім потоки вибірок з всіх приймачів 222 обробляються за допомогою демодулятора 240 і

додатково декодуються (якщо необхідно) за допомогою процесора 242 даних ПРИЙОМ, щоб відновити дані, що передані терміналами.

Контролери 230 і 270 керують операцією в пункті доступу і терміналі, відповідно. Пам'яті 232 і 272 забезпечують запам'ятовування програмних кодів і даних, що використовуються контролерами 230 і 270, відповідно. Планувальник 234 планує передачу даних по прямій лінії зв'язку (і, можливо, зворотній лінії зв'язку) для терміналів.

Для ясності різні схеми рознесення передачі конкретно описані нижче для передачі прямої лінії зв'язку. Ці схеми також можуть бути використані для передачі зворотної лінії зв'язку, і це знаходиться в рамках об'єму винаходу. Також для ясності в наступному описі індекс "i" використовується як індекс для приймальних антен, індекс "j" використовується як індекс для передавальних антен, а індекс "k" використовується як індекс для піддіапазонів в системі з ОЧУ з MBxMBx.

Блок передавача

Фіг.3 представляє блок-схему блока 300 передавача, який є варіантом здійснення частини передавача пункту 104 доступу. Блок 300-передавача включає в себе (1) процесор 210а даних ПЕРЕД, який приймає і обробляє дані трафіка і пілот-дані, щоб надати символи модуляції, і (2) процесор 220а передачі, який додатково обробляє символи модуляції, щоб надати N_T потоків символів передачі для N_T передавальних антен. Процесор 210а даних ПЕРЕД і процесор 220а передачі є одним варіантом здійснення процесора 210а даних ПЕРЕД і процесора 220а передачі, відповідно, на Фіг.2.

У конкретному варіанті здійснення, зображеному на Фіг.3, процесор 210а даних ПЕРЕД включає в себе кодер 312, перемежувач 314 каналу і елемент 316 відображення символів. Кодер 312 приймає і кодує дані трафіка (тобто інформаційні біти) на основі однієї або більше схем кодування, щоб надати закодовані біти. Кодування збільшує надійність передачі даних.

У варіанті здійснення дані, задані користувачем, для кожного терміналу і дані для кожного службового каналу можуть розглядатися як окремі потоки даних. Службові канали можуть включати в себе широкомовні, пейджингові і інші загальні канали, призначені для прийому всіма антенами. Множина потоків даних також може бути надіслана в даний термінал. Кожний потік даних може бути закодований незалежно на основі конкретної схеми кодування, вибраної для цього потоку даних. Отже, деяке число незалежно закодованих потоків даних може бути забезпечене за допомогою кодера 312 для різних службових каналів і терміналів.

Конкретна схема кодування, що використовується для кожного потоку даних, визначається за допомогою керуючого сигналу кодування з контролера 230. Схема кодування для кожного терміналу може бути вибрана, наприклад, на основі інформації зворотного зв'язку, прийнятого з терміналу. Кожна схема кодування може включати в себе будь-яку комбінацію кодів прямого знаходження помилок (FEC, ПЗП) (наприклад, код контролю циклічним надмірним кодом (CRC, КЦНК) і кодів прямого виправлення помилок (FEC, ПВП) (наприклад, згортковий код, турбокод, блоковий код і т.д.). Схема кодування також може означати повну відсутність кодування. Для кожного потоку даних також можуть бути використані двійкові коди або коди, основані на решітках. Крім того, зі згортковими і турбокодами може бути використане проколювання, щоб регулювати швидкість коду. Більш конкретно, проколювання може бути використане, щоб збільшити швидкість коду вище базової швидкості коду.

У конкретному варіанті здійснення дані для кожного потоку даних спочатку розділяють на кадри (або пакети). Для кожного кадру дані можуть бути використані таким чином, щоб згенерувати множину бітів КЦНК для кадру, які потім приєднують до даних. Потім дані і біти КЦНК для кожного кадру кодують або за допомогою згорткового коду, або за допомогою турбокоду, щоб згенерувати закодовані дані для кадру.

Перемежувач 314 каналу приймає і чергує закодовані біти на основі однієї або більше схем переміжності. У цьому випадку кожний незалежно закодований потік даних міг би бути чергований окремо. Переміжність забезпечує рознесення у часі для закодованих бітів, дозволяє кожному потоку даних бути переданим на основі середнього SNR (BCШ (відношення сигнал/шум)) піддіапазонів і просторових підканалів, використаних для потоку даних, бореться проти загасання і додатково видаляє кореляцію між закодованими бітами, використаними, щоб сформувати кожний символ модуляції.

З ОЧУ перемежувач каналу може бути призначений для того, щоб розподіляти закодовані дані для кожного потоку даних через множину піддіапазонів одного символу ОЧУ або, можливо, через множину символів ОЧУ. Задачею перемежувача каналу є рандомізувати закодовані дані таким чином, щоб зменшилася імовірність спотворення послідовностей закодованих бітів каналом зв'язку. Коли інтервал переміжності для даного потоку даних охоплює один символ ОЧУ, закодовані біти для потоку даних довільно розподіляються по піддіапазонах, використаних для потоку даних, щоб використати рознесення частоти. Коли інтервал переміжності охоплює множину символів ОЧУ, закодовані біти довільно розподіляються по піддіапазону, який несе дані інтервалу переміжності з множиною символів, щоб використати як рознесення частоти, так і рознесення у часі. Для безпроводної локальної мережі (WLAN, БЛМ) рознесення у часі, реалізоване за допомогою переміжності через множину символів ОЧУ, може бути незначним, якщо мінімальний очікуваний когерентний час когерентності каналу зв'язку у багато разів більший, ніж інтервал переміжності.

Елемент 316 відображення символів приймає і відображає переміжні дані відповідно до однієї або більше схем модуляції, щоб надати символи модуляції. Для кожного потоку даних може бути використана конкретна схема модуляції. Відображення символів для кожного потоку даних може бути виконане за допомогою угруповання множин q_m закодованих бітів і бітів, які перемежовані, щоб сформувати символи даних (кожний з яких може бути недвійковою величиною), і відображення кожного символу даних в точку в сукупність сигналів, відповідну схемі модуляції, яка вибрана для використання для цього потоку даних. Вибрана схема модуляції може бути QPSK (КФМ (квадратурна фазова маніпуляція)), M-PSK (М-ФМ (багаторівнева фазова маніпуляція)), M-QAM (М-КАМ (багаторівнева квадратурна амплітудна маніпуляція)) або деякою іншою схемою модуляції. Кожна точка відображеного сигналу є комплексною величиною і відповідає символу модуляції розмірності M_m , де M_m відповідає конкретній схемі модуляції, вибраній для потоку даних t , і $M_m = 2^{q_m}$. Елемент 316 відображення символів надає потік символів модуляції для кожного потоку даних. Потоки символів модуляції для всіх потоків даних спільно зображені як потік символів

модуляції $s(n)$ на Фіг.3.

Таблиця 1 перераховує різні схеми кодування і модуляції, які можуть бути використані, щоб досягнути діапазону спектральних ефективностей (або швидкостей біта) з використанням згорткового коду або турбокоду. Кожна швидкість біта (в одиниці біт/сек/Герц або біт/с/Гц) може бути досягнута з використанням конкретної комбінації швидкості коду і схеми модуляції. Наприклад, швидкість біта, яка дорівнює одній другій, може бути досягнута з використанням швидкості коду, яка дорівнює $1/2$, і модуляції BPSK (ДФМ (диференціальна фазова маніпуляція)), швидкість біта, яка дорівнює одиниці, може бути досягнута з використанням швидкості коду, яка дорівнює $1/2$, і модуляціями КФМ і т.д.

У таблиці 1 ДФМ, КФМ, 16-КАМ і 64-КАМ використовуються для перерахованих швидкостей біта. Інші схеми модуляції, такі як ДФМ, 8-ФМ, 32 КАМ, 128-КАМ і т.д., також можуть бути використані і знаходяться в рамках об'єму винаходу. ДФМ (двійкова фазова маніпуляція) може бути використана, коли важко відстежувати канал зв'язку, оскільки показник когерентності не потрібен в приймачі, щоб демодулювати модульований сигнал ДФМ. Для ДФМ модуляція може бути виконана на основі піддіапазону, і схема модуляції, що використовується для кожного піддіапазону, може бути вибрана незалежно.

Таблиця 1

Згортковий код			Турбокод		
Ефективність (біт/с/Гц)	Швидкість коду	Модуляція	Ефективність (біт/с/Гц)	Швидкість коду	Модуляція
0,5	1/2	ДФМ	0,5	1/2	ДФМ
1,0	1/2	КФМ	1,0	1/2	КФМ
1,5	3/4	КФМ	1,5	3/4	КФМ
2,0	1/2	16-КАМ	2,0	1/2	16-КАМ
2,67	2/3	16-КАМ	2,5	5/8	16-КАМ
3,0	3/4	16-КАМ	3,0	3/4	16-КАМ
3,5	7/8	16-КАМ	3,5	7/12	64-КАМ
4,0	2/3	64-КАМ	4,0	2/3	64-КАМ
4,5	3/4	64-КАМ	4,5	3/4	64-КАМ
5,0	5/6	64-КАМ	5,0	5/6	64-КАМ

Також можуть бути використані інші комбінації швидкостей коду і схем модуляції, щоб досягнути різних швидкостей біта, і це також знаходиться в рамках об'єму винаходу.

У конкретному варіанті здійснення, зображеному на Фіг.3, процесор 220а передачі включає в себе процесор 320 рознесення ПЕРЕД і N_T модуляторів ОЧУ. Кожний модулятор ОЧУ включає в себе блок 330 зворотного швидкого перетворення Фур'є (IFFT, ЗШПФ) і генератор 332 циклічного префікса. Процесор 320 рознесення ПЕРЕД приймає і обробляє символи модуляції з процесора 210а даних ПЕРЕД відповідно до одного або більше вибраних режимів передачі, щоб надати символи передачі.

У варіанті здійснення процесор 320 рознесення ПЕРЕД додатково приймає і мультиплексує пілот-символи (тобто пілот-дані) з символами передачі з використанням частотного ущільнення (ЧУ) в підмножині наявних піддіапазонів. Співвідношення реалізації схеми передачі пілот-сигналу ЧУ зображена в таблиці 2. В цій реалізації є 64 піддіапазони для системи з ОЧУ з MBxMBx, індекси піддіапазонів ± 7 і ± 21 використовуються для передачі пілот-сигналу. В альтернативних варіантах здійснення пілот-символи можуть бути мультиплексовані з символами передачі, наприклад, з використанням часового мультиплексування (ЧМ), кодового ущільнення (КУ) і будь-якої комбінації ЧУ, ЧМ і КУ.

Процесор 320 рознесення ПЕРЕД подає один потік символів передачі в кожному модуляторі ОЧУ. Обробка за допомогою процесора 320 рознесення ПЕРЕД описана більш детально нижче.

Кожний модулятор ОЧУ приймає відповідний потік $x_j(n)$ символів передачі $x_j(n)$. У кожному модуляторі ОЧУ блок 330 ЗШПФ групує кожен множину з N_F символів передачі в потік $x_j(n)$, щоб сформувати відповідний вектор символів, і перетворює вектор символів в його представлення у часовій області (яке згадується як символ ОЧУ) з використанням зворотного швидкого перетворення Фур'є.

Для кожного символу ОЧУ генератор 332 циклічного префікса повторює частину символу ОЧУ, щоб сформувати відповідний символ передачі. Циклічний префікс гарантує, що символ передачі зберігає свою властивість ортогональності при наявності поширення багатомаршрутної затримки, таким чином, поліпшуючи ефективність проти шкідливих ефектів, таких як дисперсія каналу, викликаних частотним вибірним завмиранням. Фіксований або регульований циклічний префікс може бути використаний для кожного символу ОЧУ. Як конкретний приклад регульованого циклічного префікса система може мати смугу частот, яка дорівнює 20МГц, період елементарного надсилання, який дорівнює 50нсек, і 64 піддіапазону. Для цієї системи кожен символ ОЧУ мав би тривалість, яка дорівнює 3,2мсек (або 64x50нсек). Циклічний префікс для кожного символу ОЧУ може мати мінімальну тривалість, яка дорівнює 4 елементарним надсиланням (200нсек), і максимальну тривалість, яка дорівнює 16 елементарним надсиланням (800нсек), з приростом, який дорівнює 4 елементарним надсиланням (200нсек). Кожний символ передачі тоді мав би тривалість, що знаходиться в діапазоні від 3,4мсек до 4,0мсек, для циклічного префікса від 200нсек до 800нсек, відповідно.

Генератор 332 циклічного префікса в кожному модуляторі ОЧУ подає потік символів передачі в зв'язаний передавач 222. Кожний передавач 222 приймає і обробляє відповідний потік символів передачі, щоб згенерувати модульований сигнал прямої лінії зв'язку, який потім передається з зв'язаної антени 224.

Кодування і модуляція для системи з ОЧУ з MBxMBx описані більш детально в наступних заявках на патент США:

[заявка на патент США, серійний №09/993087, озаглавлена "Система зв'язку множинного доступу з множиною входів, множиною виходів (MBxMBx)", зареєстрована 6 листопада 2001р.;

заявка на патент США, серійний №09/854235, озаглавлена "Спосіб і пристрій, призначений для обробки

даних в системі зв'язку з множиною входів, множиною виходів (МВхМВих), з використанням інформації про стан каналу", зареєстрована 11 травня 2001р.;

заявки на патент США, серійні №№ 09/826481 і 09/956449, обидві озаглавлені "Спосіб і пристрій, призначені для використання інформації про стан каналу в безпроводній системі зв'язку", відповідно зареєстровані 23 березня 2001р. і 18 вересня 2001р.;

заявка на патент США, серійний №09/776075, озаглавлена "Схема кодування для безпроводної системи зв'язку", зареєстрована 1 лютого 2001р.;

заявка на патент США, серійний №09/532492, озаглавлена "Система зв'язку високої ефективності, високої продуктивності, що використовує модуляцію з множиною несучих", зареєстрована 30 березня 2000р.].

Права на всі ці заявки на патент передані власнику даної заявки, і ці заявки на патент включені в даний опис як посилання.

Система з ОЧУ з МВхМВих може бути сконструйована таким чином, щоб підтримувати декілька режимів роботи для передачі даних. Ці режими передачі включають в себе режими передачі з рознесенням, режими передачі з просторовим мультиплексуванням і режими передачі з керуванням променем.

Режими просторового мультиплексування і керування променем можуть бути використані, щоб досягнути більш високих швидкостей біта при певних сприятливих станах каналу. Ці режими передачі описані більш детально в [заявці на патент США, серійний №10/085456, озаглавленій "Система з множиною входів, множиною виходів (МВхМВих) з множиною режимів передачі", зареєстрованої 26 лютого 2002р.], права на яку передані власнику даної заявки, і включеної в даний опис як посилання.

Режими передачі з рознесенням можуть бути використані для того, щоб досягнути більш високої надійності для певних передач даних. Наприклад, режими передачі з рознесенням можуть бути використані для службових каналів в прямій лінії зв'язку, таких як широкомовні, пейджингові і інші загальні канали. Режими передачі з рознесенням також можуть бути використані для передачі даних (1) кожен раз, коли передавач не має адекватної інформації про стан каналу (CSI, ICK) для каналу зв'язку, (2) коли стани каналу є досить поганими (наприклад, при певних станах мобільності) і не можуть підтримувати більш спектрально ефективні режими передачі, і (3) для інших ситуацій. Коли режими передачі з рознесенням використовуються для передачі даних прямої лінії зв'язку в термінали, можна керувати швидкістю і/або потужністю для кожного терміналу, щоб поліпшити ефективність. Можуть підтримуватися декілька режимів передачі з рознесенням, і вони описані більш детально нижче.

Режими передачі з рознесенням намагаються досягнути рознесення передачі за допомогою встановлення ортогональності між множиною сигналів, що передаються з множини передавальних антен. Ортогональність між сигналами, що передаються, може бути отримана по частоті, у часі, в просторі або будь-якій їх комбінації. Рознесення передачі може бути встановлене за допомогою будь-якого способу або комбінації наступних способів обробки:

- Рознесення по частоті (або піддіапазонах). Власна ортогональність між піддіапазонами, забезпечена за допомогою ОЧУ, використовується, щоб забезпечити рознесення проти частотного вибірного завмирання.

- Рознесення передачі з використанням ортогональних функцій. Функції Уолша або деякі інші функції застосовуються до символів ОЧУ, що передаються з множини передавальних антен, щоб встановити ортогональність між сигналами, що передаються. Ця схема також згадується в даному описі як схема "рознесення Уолша".

Просторово-часове рознесення передачі (ПЧРП). Просторову ортогональність встановлюють між парами передавальних антен, в той же час зберігаючи потенціал для більш високої спектральної ефективності, запропонованої способами МВхМВих.

Загалом, схема рознесення по частоті може бути використана, щоб подолати частотне вибіране завмирання, і працює в частотних і просторових вимірюваннях. Схема рознесення Уолша і схема ПЧРП працюють у часових і просторових вимірюваннях.

Для ясності способи обробки, перераховані вище, і певні їх комбінації будуть описані для зразкової системи з ОЧУ з МВхМВих. У цій системі кожний пункт доступу оснащений чотирма антенами, щоб передавати і приймати дані, а кожний термінал може бути оснащений однією або множиною антен.

Рознесення по частоті

Фіг.4 представляє блок-схему варіанту здійснення процесора 320а рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему рознесення по частоті. Для ОЧУ піддіапазони є ортогональними один одному по своїй суті. Рознесення по частоті може бути встановлене за допомогою передачі однакових символів модуляції в множині піддіапазонів.

Як зображено на Фіг.4, символи $s(n)$ модуляції з процесора 210 даних ПЕРЕД подаються в блок 410 повторення символів. Блок 410 повторює кожний символ модуляції на основі (наприклад, подвійного або квадратичного) рознесення, що забезпечується для символу модуляції. Потім демультіплексор 412 приймає повторені символи і пілот-символи і демультіплексує ці символи в N_t потоків символів передачі. Символи модуляції для кожного потоку даних можуть бути передані у відповідних групах одного або більше піддіапазонів, призначених для цього потоку даних. Деякі з наявних піддіапазонів можуть бути зарезервовані для передачі пілот-сигналу (наприклад, з використанням ЧУ). Як альтернатива, пілот-символи можуть бути передані разом з символами модуляції з використанням ЧМ або КУ.

Звичайно бажано передавати повторені символи в піддіапазонах, які розділені між собою, щонайменше, за допомогою когерентної смуги частот каналу зв'язку. Крім того, символи модуляції можуть бути повторені через декілька піддіапазонів. Більший коефіцієнт повторення відповідає більшій надмірності і збільшує імовірність правильного прийому в приймачі за рахунок зменшеної ефективності.

Для ясності конкретний варіант реалізації схеми рознесення по частоті описаний нижче для конкретної системи з ОЧУ з МВхМВих, яка має деякі з характеристик, визначених стандартом 802.11a IEEE. Специфікації для цього стандарту IEEE описані в документі, озаглавленому ["Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band", вересень 1999р.], який є загальнодоступним і включений в даний опис як посилання. Ця система має

структуру форми сигналу ОЧУ з 64 піддіапазонами. З цих 64 піддіапазонів 48 піддіапазонів (з індексами $\pm\{1, \dots, 6, 8, \dots, 20, 22, \dots, 26\}$) використовуються для даних, 4 піддіапазони (з індексами $\pm\{7, 21\}$) використовуються для пілот-сигналу, піддіапазон постійного струму (з індексом 0) не використовується, а інші піддіапазони також не використовуються і служать як захисні піддіапазони.

Таблиця 2 зображає конкретний варіант реалізації для подвійного і квадратичного рознесення по частоті для системи, описаної вище. Для подвійного рознесення по частоті кожний символ модуляції передається через два піддіапазони, які розділені або 26, або 27 піддіапазонами. Для квадратичного рознесення по частоті кожний символ модуляції передається через чотири піддіапазони, які розділені або 13, або 14 піддіапазонами. Інші схеми рознесення по частоті також можуть бути використані і знаходяться в рамках об'єму винаходу.

Таблиця 2

Індекси піддіапазону	Подвійне рознесення	Квадратичне рознесення	Індекси піддіапазону	Подвійне рознесення	Квадратичне рознесення
-26	1	1	1	1	1
-25	2	2	2	2	2
-24	3	3	3	3	3
-23	4	4	4	4	4
-22	5	5	5	5	5
-21	пілот-сигнал	пілот-сигнал	6	6	6
-20	6	6	7	пілот-сигнал	пілот-сигнал
-19	7	7	8	7	7
-18	8	8	9	8	8
-17	9	9	10	9	9
-16	10	10	11	10	10
-15	11	11	12	11	11
-14	12	12	13	12	12
-13	13	1	14	13	1
-12	14	2	15	14	2
-11	15	3	16	15	3
-10	16	4	17	16	4
-9	17	5	18	17	5
-8	18	6	19	18	6
-7	пілот-сигнал	пілот-сигнал	20	19	7
-6	19	7	21	пілот-сигнал	пілот-сигнал
-5	20	8	22	21	8
-4	21	9	23	22	9
-3	22	10	24	23	10
-2	23	11	25	24	11
-1	24	12	26	25	12
0	DC	DC	-	-	-

Схема рознесення по частоті може бути використана передавачем (наприклад, терміналом), не оснащеним множиною передавальних антен. У цьому випадку один потік символів передачі видається процесором 310а рознесення ПЕРЕД. Кожний символ модуляції в $s(n)$ може бути повторений і переданий в множині піддіапазонів. Для терміналу з однією антеною рознесення по частоті може бути використане, щоб забезпечити надійне функціонування при наявності частотного вибірного завмирання.

Схема рознесення по частоті також може бути використана, коли є множина передавальних антен. Це може бути виконано за допомогою передачі одного і того ж символу модуляції зі всіх передавальних антен в різних піддіапазонах або групах піддіапазонів. Наприклад, в пристрої з чотирма передавальними антенами кожний четвертий піддіапазон може бути призначений однією з передавальних антен. Тоді кожна передавальна антена була б зв'язана з різною групою з $N_F/4$ піддіапазонів. Для квадратичного рознесення по частоті кожний символ модуляції тоді передавався б в множині з чотирьох піддіапазонів, один в кожній з груп чотирьох піддіапазонів, причому кожна група зв'язана з конкретною передавальною антеною. Чотири піддіапазони в множині також можуть бути вибрані таким чином, щоб вони були як можна далі розділені між собою. Для подвійного рознесення по частоті кожний символ модуляції може бути переданий в множині з двох піддіапазонів, один в кожній з груп з двох піддіапазонів. Інші варіанти реалізації для рознесення по частоті з множиною передавальних антен також можуть передбачатися, і це знаходиться в рамках об'єму винаходу. Схема рознесення по частоті також може бути використана в комбінації з однією або більше іншими схемами рознесення по частоті, як описано нижче.

Рознесення передачі Уолша

Фіг.5 представляє блок-схему варіанту здійснення процесора 320b рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему рознесення Уолша. Для цієї схеми рознесення використовуються ортогональні функції (або коди), щоб встановити ортогональність у часі, яка, в свою чергу, може бути використана, щоб встановити повне рознесення передачі через всі передавальні антени. Це виконується за допомогою повторення одних і тих же символів модуляції через передавальні антени і розширення у часі цих символів за допомогою різних ортогональних функцій для кожної передавальної антени, як описано нижче. Звичайно можуть бути використані різні ортогональні функції, такі як функції Уолша, коди коефіцієнта ортогонального змінного розширення (OVSF, КОЗР) і т.д. Для ясності в наступному описі

використовуються функції Уолша.

У варіанті здійснення, зображеному на Фіг.5, символи $s(n)$ модуляції з процесора 210 даних ПЕРЕД подаються в демультимплексор 510, який демультимплексує символи в N_B підпотоків символів модуляції, причому для передачі даних використовується один підпотік для кожного піддіапазону (тобто кожний піддіапазон, який несе дані). Кожний підпотік $s_k(n)$ символів модуляції подається у відповідний процесор 520 піддіапазону ПЕРЕД.

У кожному процесорі 520 піддіапазону ПЕРЕД символи модуляції в підпотіці $s_k(n)$ подаються в N_T мультимплексорів 524a-524d для N_T передавальних антен (де $N_T=4$ для цієї зразкової системи). У варіанті здійснення, зображеному на Фіг.5, один символ s_k модуляції подається у всі чотири помножувача 524 протягом кожного періоду з 4 символів, що відповідає частоті символів, яка дорівнює $(4T_{OCH})^{-1}$. Кожний помножувач також приймає іншу функцію Уолша, що має чотири елементарних посилення (тобто $W_j^4 = \{w_{1j}, w_{2j}, w_{3j}, w_{4j}\}$) і призначені передавальній антені j , зв'язаній з помножувачем. Потім кожний помножувач перемножує символи s_k з функцією W_j Уолша і видає послідовність з чотирьох символів передачі, $\{(s_k \cdot w_{1j}), (s_k \cdot w_{2j}), (s_k \cdot w_{3j}), (s_k \cdot w_{4j})\}$, які повинні бути передані через чотири послідовних періоди символів ОЧУ в піддіапазоні k передавальної антени j . Ці чотири символи передачі мають ту ж саму величину, що і первинний символ s_k модуляції. Однак знак кожного символу передачі в послідовності визначається за допомогою знаку елементарного посилення Уолша, що використовується для того, щоб згенерувати цей символ передачі. Отже, функція Уолша використовується для того, щоб розширити у часі кожний символ модуляції через чотири періоди символів. Чотири помножувачі 524a-524d кожного процесора 520 піддіапазону ПЕРЕД видають чотири підпотоки символів передачі в чотири буфери/мультимплексори 530a-530d, відповідно.

Кожний буфер/мультимплексор 530 приймає пілот-символи і N_B підпотоків символів передачі для N_B піддіапазонів з N_B процесорів 520a-520f піддіапазонів ПЕРЕД. Потім кожний блок мультимплексує символи передачі і пілот-символи для кожного періоду символів і видає потік символів $x_j(n)$ передачі у відповідний блок 330 ЗШПФ. Кожний блок 330 ЗШПФ приймає і обробляє відповідний потік $x_j(n)$ символів передачі способом, описаним нижче.

У варіанті здійснення, зображеному на Фіг.5, один символ модуляції передається з всіх передавальних антен в кожному з N_B піддіапазонів, які несуть дані, протягом кожних 4 періодів символів. Коли для передачі даних використовуються чотири передавальні антени, спектральна ефективність, досягнута за допомогою схеми рознесення Уолша, ідентична спектральній ефективності, досягнутій за допомогою схеми квадратного рознесення по частоті, при якій один символ модуляції передається через чотири піддіапазони, які несуть дані, протягом кожного періоду символів. У схемі рознесення Уолша з чотирма передавальними антенами тривалість або довжина функцій Уолша дорівнює чотирьом символам ОЧУ (як позначено за допомогою індексу в W_j^4). Оскільки інформація в кожному символі модуляції розподілена через чотири послідовних символи ОЧУ, демодуляція в приймачі виконується на основі чотирьох послідовних прийнятих символів ОЧУ.

У альтернативному варіанті здійснення збільшена спектральна ефективність може бути досягнута за допомогою передачі різних символів модуляції (замість одного і того ж символу модуляції) в кожній передавальній антені. Наприклад, демультимплексор 510 може бути сконструйований таким чином, щоб видавати чотири різних символи s_1, s_2, s_3 і s_4 модуляції в помножувачі 524a-524d протягом кожного періоду з 4 символів. Тоді кожний помножувач 524 перемножував би різний символ модуляції з його функцією Уолша, щоб видати різну послідовність з чотирьох символів передачі. Тоді спектральна ефективність для цього варіанту здійснення була б в чотири рази вища, ніж варіанту здійснення, зображеного на Фіг.5. Як інший приклад демультимплексор 510 може бути сконструйований таким чином, щоб видавати два різних символи модуляції (наприклад, s_1 в помножувачі 524a-524b і s_2 в помножувачі 524c-524d) протягом кожного періоду з 4 символів.

Просторово-часове рознесення передачі (ПЧРП)

Просторово-часове рознесення передачі (ПЧРП) підтримує одночасну передачу фактично двох незалежних потоків символів в двох передавальних антенах, в той же час підтримуючи ортогональність в приймачі. Отже, схема ПВПР може забезпечити більш високу спектральну ефективність в порівнянні зі схемою рознесення передачі Уолша, зображеної на Фіг.5.

Схема ПВПР працює наступним чином. Заявник припускає, що два символи модуляції, позначені як s_1 і s_2 , повинні бути передані в даному піддіапазоні. Передавач генерує два вектори $\underline{x}_1 = [s_1 \ s_2]^T$ і $\underline{x}_2 = [s_2 \ -s_1]^T$. Кожний вектор включає в себе два елементи, які повинні бути передані послідовно в двох періодах символів з відповідної передавальної антени (тобто вектор \underline{x}_1 передається з антени 1, а вектор \underline{x}_2 передається з антени 2).

Якщо приймач включає в себе одну приймальну антену, тоді прийнятий сигнал може бути виражений в матричній формі як:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 s_1 + h_2 s_2 \\ h_1 s_2 - h_2 s_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix} \quad \text{рівняння (1)}$$

де r_1 і r_2 - два символи, прийняті через два послідовних періоди символів в приймачі;

h_1 і h_2 - коефіцієнти посилення маршрутів з двох передавальних антен в приймальну антену для піддіапазону, що розглядається, де коефіцієнти посилення маршрутів передбачаються постійними протягом піддіапазону і статичними протягом періоду з 2 символів; і

n_1 і n_2 - шум, пов'язаний з двома прийнятими символами r_1 і r_2 .

Потім приймач може отримати оцінки двох переданих символів s_1 і s_2 наступним чином:

$$\begin{aligned}\hat{s}_1 &= h_1^* r_1 - h_2^* r_2 = (|h_1|^2 + |h_2|^2) s_1 + h_1^* n_1 + h_2 n_2 \\ \hat{s}_2 &= h_2^* r_1 - h_1^* r_2 = (|h_1|^2 + |h_2|^2) s_2 + h_2^* n_1 + h_1 n_2\end{aligned}\quad \text{і} \quad \text{рівняння} \quad (2)$$

У альтернативному варіанті здійснення передавач може генерувати два вектори $\underline{x}_1 = [s_1 s_2]^T$ і $\underline{x}_2 = [s_2^* s_1^*]^T$, причому елементи цих двох векторів передаються послідовно через два періоди символів з двох передавальних антен. Тоді прийнятий сигнал може бути виражений як:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 s_1 + h_2 s_2 \\ h_1 s_2^* - h_2 s_1^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix}$$

Тоді приймач може отримати оцінки двох переданих символів таким чином:

$$\begin{aligned}\hat{s}_1 &= h_1^* r_1 - h_2^* r_2 = (|h_1|^2 + |h_2|^2) s_1 + h_1^* n_1 + h_2 n_2 \text{ та} \\ \hat{s}_2 &= h_2^* r_1 - h_1^* r_2 = (|h_1|^2 + |h_2|^2) s_2 + h_2^* n_1 + h_1 n_2\end{aligned}$$

Коли для передачі даних використовуються дві передавальні антени, схема ПБРВ є в два рази більш спектрально ефективною в порівнянні як зі схемою подвійного рознесення по частоті, так і зі схемою рознесення Уолша з двома передавальними антенами. Схема ПЧРП ефективно передає один незалежний символ модуляції на піддіапазон через дві передавальні антени в кожному період символів, тоді як схема подвійного рознесення по частоті передає тільки один символ модуляції на два піддіазони в кожному період символів, а схема рознесення Уолша передає тільки один символ модуляції в кожному піддіазоні через два періоди символів. Оскільки інформація в кожному символі модуляції розподілена через два послідовних символи ОЧУ для схеми ПЧРП, демодуляція в приймачі виконується на основі двох послідовних прийнятих символів ОЧУ.

Фіг.6 представляє блок-схему варіанту здійснення процесора 320с рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему ПЧРП. У цьому варіанті здійснення символи $s(n)$ модуляції з процесора 210 даних ПЕРЕД подаються в демультимплексор 610, який демультимплексує символи в $2N_b$ підпотоки символів модуляції, два підпотоки для кожного піддіапазону, який несе дані. Кожна пара підпотоків символів модуляції подається у відповідний процесор 620 піддіапазону ПЕРЕД. Кожний потік символів модуляції включає в себе один символ модуляції для кожного періоду з 2 символів, що відповідає частоті символів, яка дорівнює $(2T_{\text{очу}})^{-1}$.

У кожному процесорі 620 піддіапазону ПЕРЕД пари потоків символів модуляції подаються в просторово-часовий кодер 622. Для кожної пари символів модуляції в двох підпотоках просторово-часовий кодер 622 видає два вектори $\underline{x}_1 = [s_1 s_2]^T$ і $\underline{x}_2 = [s_2^* s_1^*]^T$, причому кожний вектор включає в себе два символи передачі, що передаються через два періоди символів. Два символи передачі в кожному векторі мають ту ж саму величину, що і вихідні символи модуляції s_1 і s_2 .

Однак кожний символ передачі може бути повернений по фазі відносно вихідного символу модуляції. Отже, кожний процесор 620 піддіапазону ПЕРЕД видає два потоки символів передачі в два буфери/мультимплексори 630a і 630b, відповідно.

Кожний буфер/мультимплексор 630 приймає пілот-символи і N_b підпотоків символів передачі з N_b процесорів 620a-620f піддіапазонів ПЕРЕД, мультимплексує символи передачі і пілот-символи протягом кожного періоду символу і видає потік символів $x_i(n)$ передачі у відповідний блок 330 ЗШПФ. Потім кожний блок 330 ЗШПФ обробляє відповідний потік символів передачі способом, описаним вище.

Схема ПЧРП описана більш детально [S.M. Alamouti в статті, озаглавленій "Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 16, No. 8, October 1998, pgs. 1451-1458], яка включена в даний опис як посилання. Схема ПЧРП також описана більш детально в [заявці на патент США, серійний № 09/737602, озаглавленій "Спосіб і система, призначені для збільшеної ефективності смуги частот в каналах з множиною входів - множиною виходів", зареєстрованої 5 січня 2001р.], права, на яку передані власнику даної заявки, і включеної в даний опис як посилання.

Схема рознесення Уолша-ПЧРП

Схема Уолша-ПЧРП використовує комбінацію рознесення Уолша і ПЧРП, описаних вище. Схема Уолша-ПЧРП може бути використана в системах з більш ніж двома передавальними антенами. Для схеми Уолша-ПЧРП з повторюваними символами (яка також згадується як схема повтореного Уолша-ПЧРП) два вектори \underline{x}_1 і \underline{x}_2 передачі генеруються для кожної пари символів модуляції, що передаються в даному піддіазоні з двох передавальних антен, як описано вище для Фіг.6. Ці два вектори передачі також повторюються через множину пар передавальних антен з використанням функцій Уолша, щоб досягнути ортогональності через пари передавальних антен і щоб забезпечити додаткове рознесення передачі.

Фіг.7 представляє блок-схему варіанту здійснення процесора 320d рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему повтореного Уолша-ПЧРП. Символи $s(n)$ модуляції з процесора 210 даних ПЕРЕД подаються в демультимплексор 710, який демультимплексує символи в $2N_b$ підпотоки символів модуляції, два підпотоки для кожного піддіапазону, який несе дані. Кожний підпотік символів модуляції включає в себе один символ модуляції для кожного періоду з 4 символів, що відповідає частоті символів, яка дорівнює $(4T_{\text{очу}})^{-1}$. Кожна пара підпотоків символів модуляції подається у відповідний процесор 720 піддіапазону ПЕРЕД.

Просторово-часовий кодер 722 в кожному процесорі 720 піддіапазону ПЕРЕД приймає пару підпотоків символів модуляції і протягом кожного періоду з 4 символів формує пару символів $\{s_1 \text{ і } s_2\}$ модуляції,

причому один символ надходить з кожного з двох підпотоків. Пара символів $\{s_1 \text{ і } s_2\}$ модуляції потім використовується, щоб сформувати два вектори $x_1=[s_1 \ s_2]^T$ і $x_2=[s_2 \ s_1]^T$, причому кожний вектор охоплює період з 4 символів. Просторово-часовий кодер 722 подає перший вектор x_1 в помножувачі 724a і 724c, а другий вектор x_2 в помножувачі 724b і 724d. Кожний з помножувачів 724a і 724c також приймає функцію Уолша, що має два елементарні посилення (тобто $W_1^2=\{w_{11}, w_{21}\}$, і призначену в передавальні антени 1 і 2. Аналогічно кожний з помножувачів 724c і 724d також приймає функцію Уолша W_2^2 , що має два елементарні посилення і призначену в передавальні антени 3 і 4. Потім кожний помножувач 724 перемножує кожний символ в своєму векторі x_j з функцією Уолша, щоб видати два символи передачі, що передаються через два послідовних періоди символів в піддіапазоні k передавальної антени j.

Зокрема, помножувач 724a перемножує кожний символ у векторі x_1 з функцією W_1^2 Уолша і видає послідовність з чотирьох символів передачі $\{(s_1 \cdot w_{11}), (s_1 \cdot w_{21}), (s_2 \cdot w_{11}) \text{ і } (s_2 \cdot w_{21})\}$, яка повинна бути передана через чотири послідовних періоди символів. Помножувач 724b перемножує кожний символ у векторі x_2 з функцією W_1^2 Уолша і видає послідовність з чотирьох символів передачі $\{(s_2 \cdot w_{11}), (s_2 \cdot w_{21}), (-s_1 \cdot w_{11}) \text{ і } (-s_1 \cdot w_{21})\}$. Помножувач 724c перемножує кожний символ у векторі x_1 з функцією W_2^2 Уолша і видає послідовність з чотирьох символів передачі $\{(s_1 \cdot w_{12}), (s_1 \cdot w_{22}), (s_2 \cdot w_{12}) \text{ і } (s_2 \cdot w_{22})\}$. Помножувач 724d перемножує кожний символ у векторі x_2 з функцією W_2^2 Уолша і видає послідовність з чотирьох символів передачі $\{(s_2 \cdot w_{12}), (s_2 \cdot w_{22}), (-s_1 \cdot w_{12}) \text{ і } (-s_1 \cdot w_{22})\}$. Отже, функція Уолша використовується для того, щоб розширити у часі кожний символ або елемент у векторі x через два періоди символів. Чотири помножувачі 724a-724d кожного процесора 720 піддіапазону ПЕРЕД видають чотири підпотоки символів передачі в чотири буфери/мультиплексори 730a-730d, відповідно.

Кожний буфер/мультиплексор 730a приймає пілот-символи і N_B підпотоків символів передачі з N_B процесорів 720a-720f піддіапазонів ПЕРЕД, мультиплексує пілот-символи і символи передачі протягом кожного періоду символу і видає потік символів x_j (n) передачі у відповідний блок 330 ЗШПФ. Подальша обробка є такою ж, як описана вище.

Схема повтореного Уолша-ПЧРП, зображена на Фіг.7 (з чотирма передавальними антенами), має таку ж спектральну ефективність, що і схема ПЧРП, зображена на Фіг.6, і в два рази більшу спектральної ефективності схеми рознесення Уолша, зображеної на Фіг.5. Однак додаткове рознесення забезпечується за допомогою цієї схеми Уолша-ПЧРП за допомогою передачі повторених символів через множину пар антен передачі. Обробка Уолша-ПЧРП забезпечує повне рознесення передачі (на піддіапазон) для сигналів, що передаються з всіх передавальних антен.

Фіг.8 представляє блок-схему варіанту здійснення процесора 320e рознесення ПЕРЕД, який може бути використаний, щоб реалізувати схему Уолша-ПЧРП без схеми повторюваних символів (яка також згадується, як схема неповтореного Уолша-ПЧРП). Ця схема може бути використана для того, щоб збільшити спектральну ефективність за рахунок меншого рознесення в порівнянні зі схемою, зображеною на Фіг.7. Як зображено на Фіг.8, символи s (n) модуляції подаються в демультиплексор 810, який демультиплексує символи в $4N_B$ підпотоки символів модуляції, чотири підпотоки для кожного піддіапазону, який несе дані. Кожна множина з чотирьох підпотоків символів модуляції подається у відповідний процесор 820 піддіапазону ПЕРЕД.

У кожному процесорі 820 піддіапазону ПЕРЕД просторово-часовий кодер 822a приймає першу пару підпотоків символів модуляції, а просторово-часовий кодер 822b приймає другу пару підпотоків символів модуляції. Для кожної пари символів модуляції в двох підпотоках в першій парі просторово-часовий кодер 822a видає два вектори $x_1=[s_1 \ s_2]^T$ і $x_2=[s_2 \ s_1]^T$ в помножувачі 824a-824b, відповідно. Аналогічно, для кожної пари символів модуляції в двох підпотоках у другій парі просторово-часовий кодер 822b видає два вектори $x_3=[s_3 \ s_4]^T$ і $x_4=[s_4 \ s_3]^T$ в помножувачі 824c-824d, відповідно.

Кожний помножувач 824a і 824b також приймає функцію W_1^2 Уолша, а кожний помножувач 824c і 824d також приймає функцію W_2^2 Уолша. Потім кожний помножувач 824 перемножує кожний символ в своєму векторі x_j зі своєю функцією Уолша, щоб видати два символи передачі, що передаються через два послідовних періоди символів в піддіапазоні k передавальної антени j. Чотири помножувачі 824a-824d кожного процесора 820 піддіапазону ПЕРЕД видають чотири підпотоки символів передачі в чотири буфери/мультиплексори 830a-830d, відповідно.

Кожний буфер/мультиплексор 830 приймає пілот-символи і N_B підпотоків символів передачі з N_B процесорів 820a-820f піддіапазонів ПЕРЕД, мультиплексує пілот-символи і символи передачі і передає символи протягом кожного періоду символів і видає потік символів x_j (n) передачі у відповідний блок 330 ЗШПФ. Подальша обробка є такою ж, як описана вище.

Схема неповтореного Уолша-ПЧРП, зображена на Фіг.8 (з чотирма передавальними антенами), має в два рази більшу спектральну ефективність в порівнянні зі схемою Уолша-ПЧРП, що повторюється, зображеною на Фіг.7. Та ж сама обробка може бути поширена на систему з будь-яким числом пар передавальних антен. Замість повторення двох векторів передачі через пари передавальних антен кожна пара передавальних антен може бути використана, щоб передавати незалежні потоки символів. Це має результатом більшу спектральну ефективність, можливо, за рахунок ефективності рознесення. Деяке з цього рознесення може бути відновлене за допомогою використання коду прямого виправлення помилок (ПВП).

Схема Уолша-ПЧРП також описана більш детально у вищезазначеній [заявці на патент США, серійний №09/737602].

Рознесення по частоті-ПЧРП

Схема рознесення по частоті-ПЧРП використовує комбінацію рознесення по частоті і ПЧРП. Схема рознесення по частоті-ПЧРП також може використати рознесення антени для системи з більш ніж однією парою передавальних антен. Для схеми рознесення по частоті-ПЧРП кожний символ модуляції передається в множині (наприклад, двох) піддіапазонів і подається в множину процесорів піддіапазонів ПЕРЕД. Піддіапазони, що використовуються для кожного символу модуляції, можуть бути вибрані таким чином, щоб вони були розділені між собою як можна далі (наприклад, як зображено в таблиці 1), або на основі деякої іншої схеми призначення піддіапазону. Якщо є чотири передавальні антени, тоді для кожного піддіапазону обробляються дві пари символів модуляції з використанням ПЧРП. Перша пара символів

модуляції передається з першої пари антен (наприклад, передавальних антен 1 і 2), а друга пара символів модуляції передається з другої пари антен (наприклад, передавальних антен 3 і 4).

Отже, кожний символ модуляції передається в множині піддіапазонів і через множину передавальних антен. Для ясності обробка для даного символу s_a модуляції для системи з чотирма передавальними антенами і з використанням подвійного рознесення по частоті може бути виконана таким чином. Символ s_a модуляції спочатку подається в два процесори піддіапазону ПЕРЕД (наприклад, для піддіапазонів k і $k+N_F/2$). У піддіапазоні k символ s_a модуляції обробляється з іншим символом s_b модуляції з використанням ПЧРП, щоб сформувати два вектори $x_1=[s_a s_b]^T$ і $x_2=[s_b -s_a]^T$, які передаються з передавальних антен 1 і 2, відповідно. У піддіапазоні $k+N_F/2$ символ s_a модуляції обробляється з іншим символом s_c модуляції з використанням ПЧРП, щоб сформувати два вектори $x_3=[s_a s_c]^T$ і $x_4=[s_c -s_a]^T$, які передаються з передавальних антен 3 і 4, відповідно. Символ s_c модуляції може бути тим же самим, що і символ s_b модуляції або іншим символом модуляції.

Для згаданого вище варіанту реалізації схеми рознесення по частоті-ПЧРП символ модуляції в кожному піддіапазоні має два порядки рознесення передачі, забезпечені за допомогою обробки ПЧРП. Кожний символ модуляції, що передається, має чотири порядки рознесення передачі плюс деяке рознесення по частоті, забезпечене за допомогою використання двох піддіапазонів і ПЧРП. Ця схема рознесення по частоті-ПЧРП має таку ж спектральну ефективність, що і схема Уолша-ПЧРП, яка повторюється. Однак повний час передачі для кожного символу модуляції дорівнює двом періодам символів зі схемою рознесення по частоті-ПЧРП, що дорівнює половині повного часу передачі для кожного символу модуляції зі схемою Уолша-ПЧРП, оскільки обробка Уолша не виконується за допомогою схеми рознесення по частоті-ПЧРП.

У одному варіанті здійснення схеми рознесення по частоті-ПЧРП всі піддіапазони використовуються кожною парою передавальних антен для передачі даних. Для квадратичного рознесення кожний символ модуляції подається в два піддіапазони для двох пар передавальних антен, як описано вище. В іншому варіанті здійснення схеми рознесення по частоті-ПЧРП кожній парі передавальних антен призначена інша група піддіапазону для передачі даних. Наприклад, в пристрої з двома парами передавальних антен кожний інший піддіапазон може бути призначений одній парі передавальних антен. Кожна пара передавальних антен тоді була б зв'язана з іншою групою піддіапазонів $N_F/2$. Для квадратурного рознесення тоді кожний символ модуляції передавався б в двох піддіапазонах, один в кожній з двох груп піддіапазонів, причому кожна група зв'язана з конкретною парою передавальних антен. Два піддіапазони, використані для кожного символу модуляції, можуть бути вибрані таким чином, щоб вони були розділені між собою як можна далі. Також можуть передбачатися інші варіанти реалізації для рознесення по частоті-ПЧРП з множиною пар передавальних антен, і це знаходиться в рамках об'єму винаходу.

Як проілюстровано за допомогою вищеописаного, різні схеми рознесення можуть бути реалізовані з використанням різних способів обробки, описаних в даній заявці. Для ясності конкретні варіанти реалізації різних схем рознесення описані вище для конкретної системи. Також можуть передбачатися варіанти цих схем рознесення, і це знаходиться в рамках об'єму винаходу.

Крім того, також можуть передбачатися інші схеми рознесення на основі інших комбінацій способів обробки, описаних в даній заявці, і це знаходиться в рамках об'єму винаходу. Наприклад, інша схема рознесення може використати рознесення по частоті і рознесення передачі Уолша, а ще одна схема рознесення може використати рознесення по частоті, рознесення Уолша і ПЧРП.

Режими передачі з рознесенням

Декілька режимів рознесення передачі можуть бути використані з використанням схем обробки передачі, описаних вище. Ці режими передачі з рознесенням можуть включати в себе наступні режими:

- режим передачі з рознесенням по частоті - використовує тільки рознесення по частоті (наприклад, подвійне, квадратичне або деяке інше цілочисельне множинне рознесення по частоті).

- Режим передачі з рознесенням Уолша - використовує тільки рознесення передачі Уолша.

- Режим передачі ПЧРП - використовує тільки ПЧРП.

- Режим передачі Уолша-ПЧРП - використовує як рознесення передачі Уолша, так і ПЧРП з повтореними або неповтореними символами.

- Режим передачі з рознесенням по частоті-ПЧРП - використовує рознесення по частоті і ПЧРП.

- Режим передачі з рознесенням по частоті-ПЧРП використовує рознесення по частоті і рознесення передачі Уолша.

- Режим передачі з рознесенням по частоті-Уолша-ПЧРП використовує рознесення по частоті, рознесення передачі Уолша і ПЧРП.

Режими передачі з рознесенням можуть бути використані для передачі даних між пунктами доступу і терміналами. Конкретний режим передачі для використання для даного потоку даних може залежати від різних чинників, таких як (1) тип даних (наприклад, або загальні для всіх терміналів, або задані користувачем для конкретного термінала), що передаються, (2) число антен, наявних в передавачі і приймачі, (3) стану каналу, (4) вимоги передачі даних (наприклад, необхідна частота помилок пакетів) і т.д.

Кожний пункт доступу в системі може бути оснащений, наприклад, чотирма антенами для передачі і прийому даних. Кожний термінал може бути оснащений однією, двома, чотирма або деяким іншим числом антен для передачі і прийому даних. Для кожного типу термінала можуть бути визначені і використані режими передачі з рознесенням за умовчанням. У конкретному варіанті здійснення наступні режими передачі з рознесенням використовуються за умовчанням:

- термінали з однією антеною - використовують режим передачі з рознесенням з подвійним або квадратурним рознесенням.

- Термінали з двома антенами - використовують режим передачі ПЧРП для подвійного рознесення і режим передачі з рознесенням по частоті-ПЧРП для квадратичного рознесення.

- Термінали з чотирма антенами - використовують режим передачі ПЧРП для подвійного рознесення і режим передачі з рознесенням Уолша-ПЧРП для квадратичного рознесення.

Як режими за умовчанням також можуть бути вибрані інші режими передачі з рознесенням, і це знаходиться в рамках об'єму винаходу.

Режими передачі з рознесенням також можуть бути використані для того, щоб збільшити надійність передачі даних в службових каналах, призначених для того, щоб прийматися всіма терміналами в системі. У варіанті здійснення конкретний режим передачі з рознесенням використовується для широкомовного каналу, і цей режим відомий сам по собі всім терміналам в системі (тобто не потрібна ніяка передача сигналів, щоб ідентифікувати режим передачі, що використовується для широкомовного каналу). Таким чином, термінали можуть обробляти і відновлювати дані, передані в широкомовному каналі. Режими передачі, що використовуються для інших службових каналів, можуть бути фіксованими або вибраними динамічно. У одній схемі динамічного вибору система визначає, який режим передачі є найнадійнішим (і спектрально ефективним) для використання для кожного з інших службових каналів, на основі суміші терміналів, що використовуються. Режими передачі, вибрані для використання для цих службових каналів, і інша інформація конфігурації може бути передана у вигляді сигналів в термінали, наприклад, через широкомовний канал.

З ОЧУ піддіапазони можуть розглядатися як окремі канали, і для піддіапазонів можуть бути використані одні і ті ж або різні режими передачі з рознесенням. Наприклад, один режим передачі з рознесенням може бути використаний для всіх піддіапазонів, які несуть дані, або окремий режим передачі з рознесенням може бути вибраний для кожного піддіапазону, який несе дані. Крім того, для даного піддіапазону може бути можливим використати різні режими передачі з рознесенням для різних множин передавальних антен. Звичайно кожний потік даних (або для службового каналу, або конкретного пристрою приймача) може бути закодований і модульований на основі схем кодування і модуляції, вибраних для цього потоку даних, щоб надати символи модуляції. Потім символи модуляції додатково обробляють на основі режиму передачі з рознесенням, вибраного для цього потоку даних, щоб надати символи передачі. Символи передачі додатково обробляють в групі одного або більше піддіапазонів з множини з однієї або більш передавальних антен, призначених для використання для цього потоку даних.

Блок приймача

Фіг.9 представляє блок-схему блока 900 приймача, який є варіантом здійснення частини приймача термінала 106 з множиною антен. Модульовані сигнали прямої лінії зв'язку з пункту 104 доступу приймаються за допомогою антен 252а-252г, і прийняті сигнали з кожної антени подаються у відповідний приймач 254. Кожний приймач 254 обробляє (наприклад, обробляє, перетворює в цифровий вигляд і демодулює дані) прийнятий сигнал, щоб видати потік прийнятих символів передачі, який потім подається у відповідний демодулятор ОЧУ в процесорі 260а приймача.

Кожний демодулятор ОЧУ включає в себе блок 912 видалення циклічного префікса і блок 914 швидкого перетворення Фур'є. Блок 912 видаляє циклічний префікс, який був приєднаний в кожному символі передачі, щоб забезпечити відповідний прийнятий символ ОЧУ. Видалення циклічного префікса може бути виконане за допомогою визначення множини N_d вибірок, відповідних кожному прийнятому символу передачі, і вибору підмножини цих N_d вибірок як множини N_F вибірок для прийнятого символу ОЧУ. Потім блок 914 ШПФ перетворює кожний прийнятий символ ОЧУ (або кожен множину N_F вибірок) з використанням швидкого перетворення Фур'є, щоб надати вектор з N_F прийнятих символів для N_F піддіапазонів. Блоки 914а-914г подають потоки N_R прийнятих символів, $r_1(n)$ - $r_{N_R}(n)$, в процесор 920 рознесення ПРИЙОМ.

Процесор 920 рознесення ПРИЙОМ виконує обробку рознесення відносно потоків N_R прийнятих символів, щоб надати відновлені символи $\hat{s}(n)$, які є оцінками символів модуляції $s(n)$, посланих передавачем. Обробка, що виконується процесором 920 рознесення ПРИЙОМ, залежить від режиму передачі, що використовується для кожного відновлюваного потоку даних, як вказано сигналом керування режимом передачі. Процесор 920 рознесення ПРИЙОМ описаний більш детально нижче.

Процесор 920 рознесення ПРИЙОМ подає відновлені символи $\hat{s}(n)$ для всіх відновлюваних потоків даних в процесор 262а даних ПРИЙОМ, який є варіантом здійснення процесора 262 даних ПРИЙОМ на Фіг.2. У процесорі 262а елемент 942 зворотного відображення демодулює відновлені символи для кожного потоку даних відповідно до схеми демодуляції, яка є додатковою до схеми модуляції, використаної для потоку даних. Потім пристрій 944 видалення переміжності видаляє переміжність демодульованих даних, способом, додатковим до переміжності, виконаному в передавачі для потоку даних, і дані з видаленою переміжністю додатково декодуються за допомогою декодера 946 способом, додатковим до кодування, виконаному в передавачі. Наприклад, турбодекодер або декодер Вітербі можуть бути використані для декодера 946, якщо в приймачі виконане турбо- або згорткове кодування, відповідно. Декодовані дані з декодера 946 представляють оцінку переданих даних, що відновлюються. Декодер також може надати статус кожного прийнятого пакету (наприклад, указання, чи був він прийнятий правильно або з помилками).

У варіанті здійснення, зображеному на Фіг.9, пристрій 950 оцінки каналу оцінює різні характеристики каналу, такі як відгук каналу і зміна шуму (наприклад, на основі відновлених пілот-символів), і подає ці оцінки в контролер 270. Контролер 270 може бути сконструйований таким чином, щоб виконувати різні функції, зв'язані з обробкою рознесення в приймачі. Наприклад, контролер 270 може визначати режим передачі з рознесенням, що використовується для кожного потоку даних, що відновлюється, і додатково може керувати роботою процесора 920 рознесення ПРИЙОМ.

Фіг.10 представляє блок-схему варіанту здійснення процесора 920х рознесення ПРИЙОМ, який може бути використаний для пристрою приймача з множиною антен. У цьому варіанті здійснення N_R потоків прийнятих символів для N_R приймальних антен подаються в N_R процесорів 1020а-1020г антен ПРИЙОМ. Кожний процесор 1020 антени ПРИЙОМ обробляє відповідний прийнятий потік $r_i(n)$ символів для зв'язаної

приймальної антени і видає відповідний потік $\hat{s}_i(n)$ відновлених символів. У альтернативному варіанті здійснення один або більше процесорів 1020 антен ПРИЙОМ розділені у часі і використовуються таким чином, щоб обробляти всі N_R потоків прийнятих символів.

Потім пристрій 1030 об'єднання приймає і об'єднує N_R потоків відновлених символів з N_R процесорів 1020а-1020г антен ПРИЙОМ, щоб надати один потік $\hat{s}(n)$ відновлених символів. Об'єднання може бути виконане на посимвольній основі. У варіанті здійснення для даного піддіапазону k N_R відновлених символів

з N_R приймальних антен протягом кожного періоду символів (який позначений як $\{\hat{s}_{ki}^{\pm}\}$ для $i=(1, 2, \dots, N_R)$) спочатку масштабують за допомогою N_R вагових коефіцієнтів, призначених N_R приймальним антенам. Потім N_R масштабованих символів підсумовують, щоб надати відновлений символ \hat{s}_k для піддіапазону k . Вагові коефіцієнти можуть бути вибрані таким чином, щоб досягнути об'єднання з максимальним відношенням, і можуть бути визначені на основі якості сигналу (наприклад, ВШШ), зв'язаного з приймальними антеннами. Масштабування за допомогою вагових коефіцієнтів також може бути виконане за допомогою петлі автоматичного керування посиленням (AGC, АКП) для кожної приймальної антени, як відомо в даній галузі техніки.

Для пристрою приймача з однією антеною є тільки один потік прийнятих символів. У цьому випадку необхідний тільки один процесор 1020 антени ПРИЙОМ. Конструкція для процесора 1020 антени ПРИЙОМ описана більш детально нижче.

Потік \hat{s} (n) відновлених символів, виданий пристроєм 1030 об'єднання, може включати в себе відновлені символи для всіх потоків даних, переданих передавачем. Як альтернатива, потік \hat{s} (n) може включати в себе тільки відновлені символи для одного або більше потоків даних, що відновлюються за допомогою пристрою приймача.

Фіг.11 представляє блок-схему процесора 1020х антени ПРИЙОМ, який може бути використаний для того, щоб виконувати обробку прийому для схеми рознесення Уолша, зображеної на Фіг.5. Процесор 1020х антени ПРИЙОМ обробляє потік r_i (n) прийнятих символів для однієї приймальної антени, і може бути використаний для кожного з процесорів 1020а-1020г антен ПРИЙОМ Фіг.10.

У варіанті здійснення, зображеному на Фіг.11, потік r_i (n) прийнятих символів подається в демультимплексор 1110, який демультимплексує прийняті символи в r_i (n) в N_B підпотоків прийнятих символів (які позначені як r_i - r_{NB} , де індекс i пропущений для простоти), один підпотік для кожного піддіапазону, який несе дані. Потім кожний підпотік r_k відновлених символів подається у відповідний процесор 1120 піддіапазону ПРИЙОМ.

Кожний процесор 1120 піддіапазону ПРИЙОМ включає в себе декілька маршрутів обробки прийому, один маршрут для кожної передавальної антени, що використовується для передачі даних (на Фіг.11 зображені чотири маршрути обробки передачі для чотирьох передавальних антен). Для кожного маршруту обробки прийняті символи в підпотіці подаються в помножувач 1122, який також приймає масштабовану

функцію Уолша $\hat{h}_{kj}^* (W_j^4)^*$, де \hat{h}_{kj}^* - оцінка комплексно-спряженого відгуку каналу між передавальною антеною j (яка зв'язана з цим помножувачем) і приймальною антеною для піддіапазону k , а $(W_j^4)^*$ - комплексно-спряжена функція Уолша, призначена передавальній антені j . Потім кожний помножувач 1122 перемножує прийняті символи з масштабованою функцією Уолша і подає результат в зв'язаний інтегратор 1124. Потім інтегратор 1124 інтегрує результати помножувача по довжині функції Уолша (або чотири періоди символів) і подає інтегрований вихідний сигнал в суматор 1126. Один прийнятий символ подається в помножувач 1122 протягом кожного періоду символів (тобто частота= $(T_{очу})^{-1}$), і інтегратор 1124 видає один інтегрований вихідний сигнал для кожного періоду з 4 символів (тобто частота= $(4T_{очу})^{-1}$).

Для кожного періоду з 4 символів суматор об'єднує чотири вихідних сигнали з інтеграторів 1124а-1124d, щоб надати відновлений символ \hat{s}_k для піддіапазону k , який є оцінкою символу s_k модуляції, переданого в цьому піддіапазоні. Для кожного періоду з 4 символів процесори 1120а-1120f піддіапазонів ПРИЙОМ видають N_B відновлених символів $\hat{s}_1 - \hat{s}_{NB}$ для N_B піддіапазонів, які несуть дані.

Мультимплексор 1140 приймає відновлені символи з процесорів 1120а-1120f піддіапазонів ПРИЙОМ і мультимплексує ці символи в потік відновлених символів $\hat{s}_i(n)$ для приймальної антени i .

Фіг.12 представляє блок-схему процесора 1120х піддіапазону ПРИЙОМ, який може бути використаний, щоб виконувати обробку прийому для схем Уолша-ПВРВ, зображених на Фіг.7 і Фіг.8. Процесор 1120х піддіапазону ПРИЙОМ обробляє один підпотік r_k прийнятих символів для одного піддіапазону однієї приймальної антени, і може бути використаний для кожного з процесорів 1120а-1120f піддіапазонів ПРИЙОМ на Фіг.11.

У варіанті здійснення, зображеному на Фіг.12, прийняті символи в підпотіці r_k подаються в два маршрути обробки прийому, один маршрут для кожної пари передавальних антен, використаних для передачі даних (на Фіг.12 зображені два маршрути обробки передачі для чотирьох передавальних антен). Для кожного маршруту обробки прийняті символи подаються в помножувач 1222, який також приймає комплексно-спряжену функцію Уолша $(W_j^2)^*$, призначену парі передавальних антен, що обробляються за допомогою цього маршруту. Потім кожний помножувач перемножує прийняті символи з функцією Уолша і подає результати в зв'язаний інтегратор 1224. Потім інтегратор 1224 інтегрує результати помноження по довжині функції Уолша (або двох періодах символів) і подає інтегрований вихідний сигнал в елемент 1226 затримки і блок 1228. Один прийнятий символ подається в помножувач 1222 протягом кожного періоду символів (тобто швидкість= $(T_{очу})^{-1}$), і інтегратор 1224 видає один інтегрований вихідний сигнал протягом кожного періоду з двох символів (тобто швидкість= $(2T_{очу})^{-1}$).

Посилаючись знову на Фіг.8, для схеми неповтореного Уолша-ПЧРП чотири символи $\{s_{k1}, s_{k2}, s_{k3} \text{ і } s_{k4}\}$ передаються через дві пари передавальних антен через чотири періоди символів для піддіапазону k (де індекс k використовується, щоб визначити піддіапазон k). Пара символів $\{s_{k1} \text{ і } s_{k2}\}$ передається через першу пару передавальних антен, а пара символів $\{s_{k3} \text{ і } s_{k4}\}$ передається через другу пару передавальних антен. Кожний символ модуляції передається через два періоди символів з використанням функції Уолша з двома елементарними надсиленнями, призначеній парі передавальних антен.

Посилаючись знову на Фіг.12, доповнююча обробка виконується в приймачі, щоб відновити символи модуляції. Протягом кожного періоду з чотирьох символів, який відповідає новій парі символів, переданих з кожної пари передавальних антен для піддіапазону k , інтегратор 1224 видає пару $\{r_{k1} \text{ і } r_{k2}\}$ прийнятих символів. Потім елемент 1226 затримки видає затримку двох періодів символів (тобто $T_w=2T_{очу}$, яка є

довжиною функції Уолша) для першого символу (тобто g_{k1}) в парі, а блок 1228 видає комплексно-спряжену пару другого символу (тобто g_{k2}).

Потім помножувачі 1230a-1230d і суматори 1232a-1232b виконують обчислення, показані в рівнянні (2), для першої пари передавальних антен. Зокрема, помножувач 1230a перемножує символ g_{k1} з оцінкою \hat{h}_{k1}^* відгуку каналу, помножувач 1230b перемножує символ g_{k2}^* з оцінкою \hat{h}_{k2}^* відгуку каналу, помножувач 1230c перемножує символ g_{k1}^* з оцінкою \hat{h}_{k2}^* відгуку каналу і помножувач 1230d перемножує символ g_{k2} з оцінкою \hat{h}_{k1}^* відгуку каналу, де \hat{h}_{kj}^* - оцінка відгуку каналу з передавальної антени j в приймальну антену для піддіапазону k . Потім суматор 1232a віднімає вихідний сигнал помножувача 1230b з вихідного сигналу помножувача 1230a, щоб надати оцінку \hat{s}_{k1} першого символу модуляції в парі $\{s_{k1}$ і $s_{k2}\}$. Суматор 1232b підсумовує вихідний сигнал помножувача 1230c з вихідним сигналом помножувача 1230d, щоб надати оцінку \hat{s}_{k2} другого символу модуляції в парі.

Обробка за допомогою другого маршруту для другої пари передавальних антен аналогічна обробці, описаній вище для першого маршруту. Однак оцінки \hat{h}_{k3}^* і \hat{h}_{k4}^* для другої пари передавальних антен для піддіапазону k використовуються для другого маршруту обробки. Протягом кожного періоду з чотирьох символів другий маршрут обробки видає оцінки \hat{s}_{k3} і \hat{s}_{k4} символів для пари символів $\{s_{k3}$ і $s_{k4}\}$ модуляції, переданих в піддіапазоні k з другої пари передавальних антен.

Для схеми неповтореного Уолша-ПЧРП, зображеної на Фіг.8, \hat{s}_{k1} , \hat{s}_{k2} , \hat{s}_{k3} і \hat{s}_{k4} представляють оцінки чотирьох символів s_{k1} , s_{k2} , s_{k3} і s_{k4} модуляції, посланих через чотири передавальні антени в піддіапазоні k через період з 4 символів. Ці оцінки символів потім можуть бути мультиплексовані разом в підпотік k (n) відновлених символів для піддіапазону k , який потім подається в мультиплексор 1140 на Фіг.11.

Для схеми повтореного Уолша-ПЧРП, зображеної на Фіг.7, одна пара символів $\{s_{k1}$ і $s_{k2}\}$ посиляється через обидві пари передавальних антен в піддіапазоні k через кожний період символів з 4 символів. Потім оцінки \hat{s}_{k1} і \hat{s}_{k3} символів можуть бути об'єднані за допомогою суматора (не зображений на Фіг.12), щоб надати оцінку першого символу в парі, а оцінки \hat{s}_{k2} і \hat{s}_{k4} символів аналогічно можуть бути об'єднані за допомогою іншого суматора, щоб надати оцінку другого символу в парі. Потім оцінки символів з цих двох суматорів можуть бути мультиплексовані разом в підпотік $k(n)$ відновлених символів для піддіапазону k , який потім подається в помножувач 1140 на Фіг.11.

Для ясності різні подробиці конкретно описані для передачі даних прямої лінії зв'язку з пункту доступу в термінал. Способи, описані в даній заявці, також можуть бути використані для зворотної лінії зв'язку, і це знаходиться в рамках об'єму винаходу. Наприклад, схеми обробки, зображені на Фіг.4, 5, 6, 7 і 8, можуть бути реалізовані в терміналі з множиною антен для передачі даних зворотної лінії зв'язку. Система з ОЧУ з MBxMBx, описана в даній заявці, також може бути сконструйована таким чином, щоб реалізовувати одну або більше схем множинного доступу, такі як множинний доступ з кодовим розділенням (МДКР), множинний доступ з часовим розділенням (TDMA, МДЧР), множинний доступ з частотним розділенням (FDMA, МДЧР) і т.д. МДКР може надати певні переваги в порівнянні з іншими типами систем, такі як збільшена пропускна здатність системи. Система ОЧУ з MBxMBx також може бути сконструйована таким чином, щоб реалізовувати різні способи обробки, описані в стандартах МДКР, таких як IS-95, cdma2000, IS-856, W-CDMA і інші.

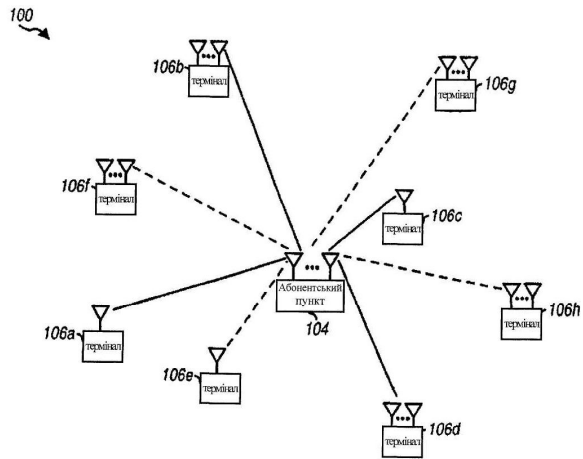
Способи, описані в даній заявці, призначені для передачі і прийому даних з використанням декількох режимів передачі з рознесенням, можуть бути реалізовані за допомогою різних засобів. Наприклад, ці способи можуть бути реалізовані в апаратному забезпеченні, програмному забезпеченні або їх комбінації. Для реалізації апаратного забезпечення елементи (наприклад, процесор рознесення ПЕРЕД, процесор рознесення ПРИЙОМ, процесори піддіапазонів ПЕРЕД, процесори антен ПЕРЕД, процесори піддіапазонів ПРИЙОМ і т.д.), що використовуються для того, щоб реалізувати будь-який спосіб або комбінацію способів, можуть бути реалізовані в одній або більше інтегральних схем прикладної орієнтації (ASIC, ІСПО), процесорах цифрових сигналів (DSP, ПЦС), пристроях обробки цифрових сигналів (DSPD, ПОЦС), програмованих логічних пристроях (PLD, ПЛП), процесорах на вентилях матрицях, що програмується в умовах експлуатації (FPGA, ВМПУЕ), процесорах, контролерах, мікроконтролерах, мікропроцесорах, інших електронних пристроях, сконструйованих таким чином, щоб виконувати функції, описані в даному описі, або їх комбінації.

Для реалізації програмного забезпечення будь-який спосіб або комбінація способів, описаних в даній заявці, можуть бути реалізовані за допомогою модулів (наприклад, процедур, функцій і т.д.), які виконують функції, описані в даній заявці. Коди програмного забезпечення можуть бути запам'ятовані в пристрої пам'яті (наприклад, пам'яті 232 або 272 на Фіг.2) і виконані за допомогою процесора (наприклад, контролера 230 або 270). Пристрій пам'яті може бути реалізований в процесорі або зовні до процесора, в цьому випадку він повинен бути сполучений з можливістю взаємодії з процесором через різні засоби, як відомо в даній галузі техніки.

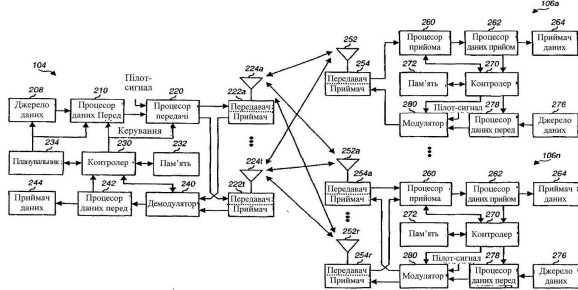
Заголовки включені в даній опис для посилення і, щоб допомогти в знаходженні певного розділу. Ці заголовки не призначені обмежувати рамки об'єму і концепції, описані в даній заявці під ними, і ці концепції можуть мати застосовність в інших розділах по всьому опису.

Попередній опис розкритих варіантів здійснення наданий, щоб дати можливість будь-якому фахівцеві в даній галузі техніки виготовити або використати даний винахід. Різні модифікації в ці варіанти здійснення будуть легко зрозумілі фахівцям в даній галузі техніки, а основні принципи, визначені в даній заявці, можуть бути застосовані в інших варіантах здійснення, не виходячи за рамки об'єму і сутності винаходу. Отже, не передбачається, що даний винахід обмежений варіантами здійснення, зображеними в даній заявці, а повинен відповідати самим широким рамкам, узгодженими з принципами і новими ознаками, розкритими в

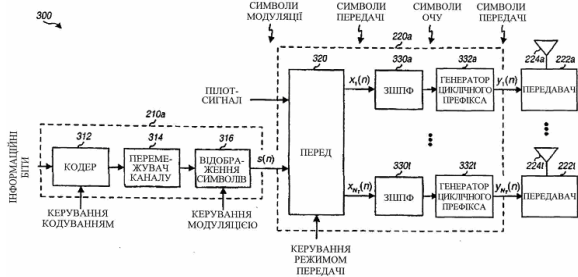
прикладеній формулі винаходу.



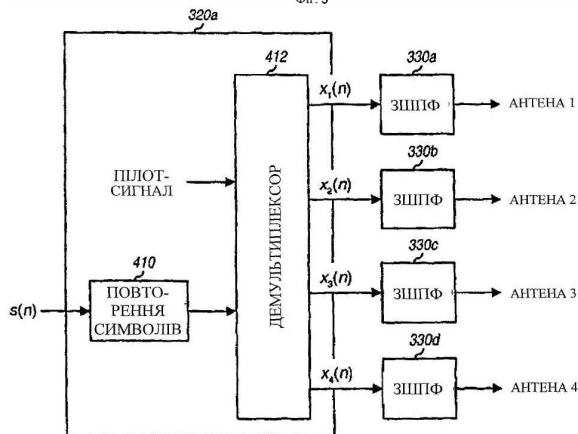
Фіг. 1



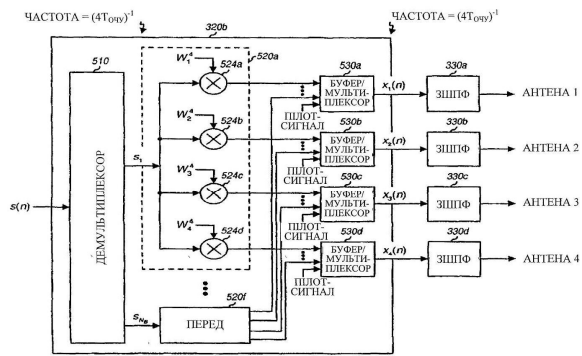
Фіг. 2



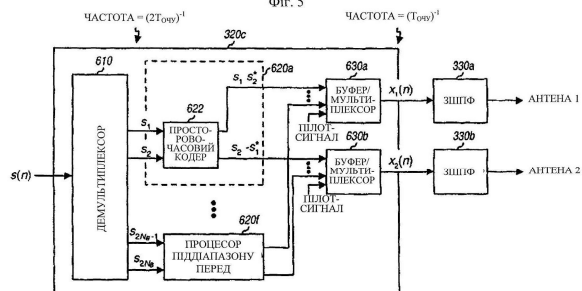
Фіг. 3



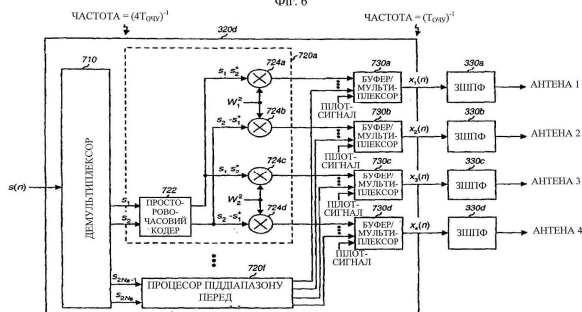
Фіг. 4



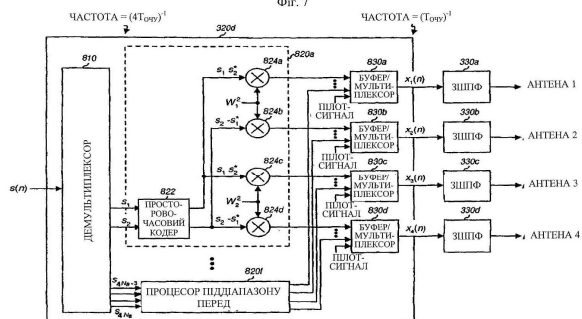
Фиг. 5



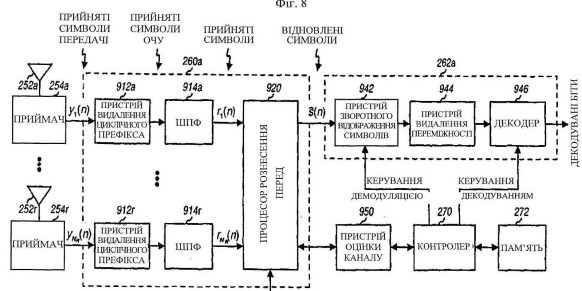
Фиг. 6



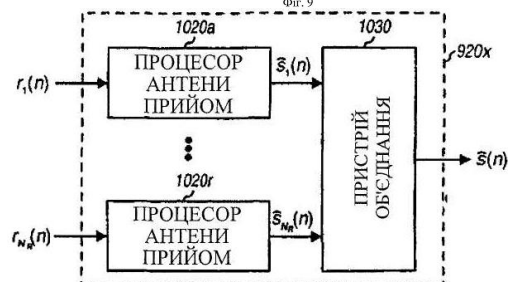
Фиг. 7



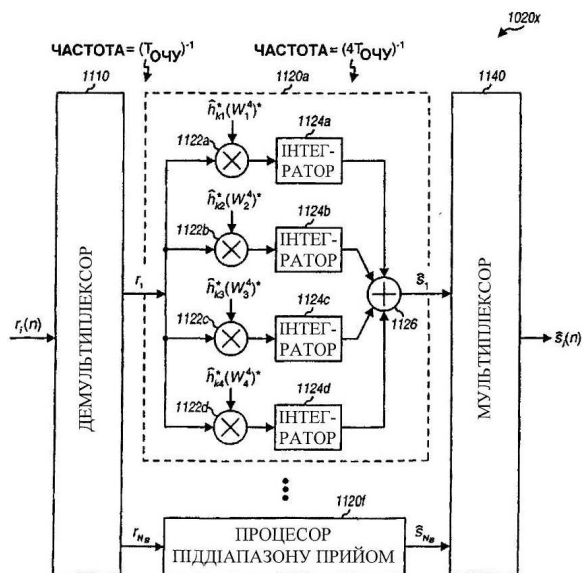
Фиг. 8



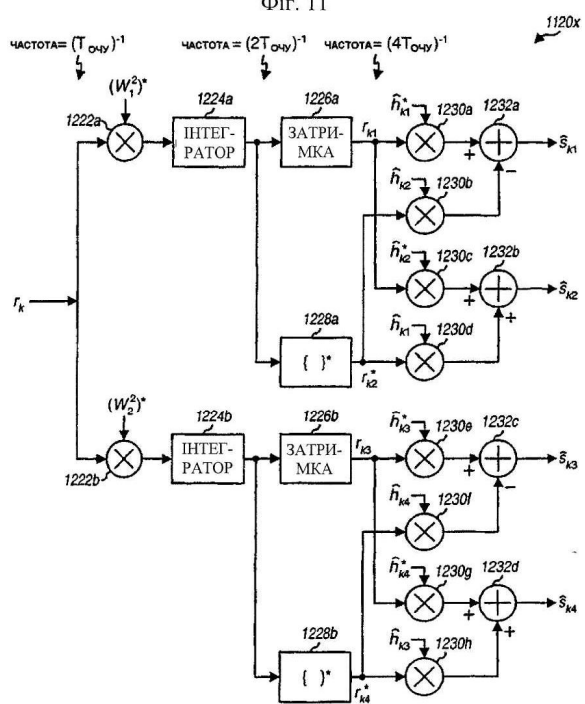
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12