



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122771** (13) **U**  
(51) МПК

**H04B 3/60** (2006.01)

**H04B 1/58** (2006.01)

**H04B 1/56** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2017 07800</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Слюсар Вадим Іванович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>25.07.2017</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.01.2018</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>Слюсар Вадим Іванович,</b> вул. Драгоманова, 27, кв. 134, м. Київ-068, 02068 (UA)
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.01.2018, Бюл.№ 2</b>	

**(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ СИГНАЛАМИ З ПСЕВДОВИПАДКОВОЮ ПЕРЕБУДОВОЮ ЧАСТОТИ**

**(57) Реферат:**

Спосіб підвищення швидкості передачі даних сигналами з псевдовипадковою перебудовою частоти полягає у застосуванні гібридних широкосмугових сигналів, що сформовані на основі псевдовипадкової перебудови робочої частоти, причому як широкосмуговий сигнал застосовують багаточастотний сигнал з частотним мультиплексуванням символів, а при псевдовипадковій перебудові робочої частоти стрибком змінюють центральну частоту усього пакета піднесучих у заданому діапазоні частот.

UA 122771 U



Корисна модель належить до галузі радіозв'язку і може бути використана у перспективних системах радіозв'язку, що функціонують в умовах впливу завад та завмирань сигналу.

Відомий спосіб передачі даних в системах радіозв'язку, суть якого полягає у псевдовипадковій перебудові робочої частоти (ППРЧ) передавача, в якому використовуються вузькосмугові сигнали з частотною модуляцією [1].

Перевагами зазначеного способу є висока енергетична ефективність та прихованість передачі сигналів, проте зазначений спосіб має ряд суттєвих недоліків, що обмежує функціональність та сферу застосування зазначеного способу формування сигналів: низька частотна ефективність, неефективні механізми компенсації впливу завмирань сигналу внаслідок багатопроменевого поширення радіохвиль (зміна швидкості перебудови робочої частоти), відсутність можливості зміни сигнально-кової послідовності для кожного частотного елемента, недостатня швидкість передачі даних [1].

Відомий спосіб підвищення швидкості передачі даних сигналами з псевдовипадковою перебудовою частоти, який полягає у використанні сигналів OFDM з внутрішньобітовою псевдовипадковою перебудовою піднесучих частот, суть якої полягає у зміні піднесучих частот OFDM-сигналу за псевдовипадковим законом з масиву їх ортогональних значень [2]. Перевагою зазначеного способу є підвищення завадозахищеності засобів радіозв'язку до впливу шумових завад, можливість збільшення швидкості передачі даних порівняно з способом ППРЧ, проте процес прийому сигналів OFDM стає чутливим до завад у відповідь, які характерні для систем радіозв'язку з псевдовипадковою перебудовою робочої частоти [2], оскільки діапазон псевдовипадкової зміни частот обмежений набором ортогональних значень піднесучих OFDM-сигналу.

Найбільш близьким за своєю суттю до корисної моделі, що заявляється, є спосіб передачі даних в умовах впливу навмисних завад та частотно-селективних завмирань, який полягає у застосуванні гібридних широкосмугових сигналів, що сформовані на основі псевдовипадкової перебудови робочої частоти [3]. Недоліком способу-прототипу є використання у комбінації з псевдовипадковою перебудовою частоти лише ортогонально-кодованих широкосмугових сигналів (OCDM), тоді як особливості використання комбінації з OFDM сигналами не описані.

З урахуванням вищесказаного, технічна задача, що вирішується заявленою корисною моделлю, полягає у розробці способу формування сигналів, що поєднує використання частотного мультиплексування сигналів з псевдовипадковою перебудовою робочої частоти, який би мав переваги обох зазначених способів формування сигналів.

Суть заявленої корисної моделі полягає у тому, що як широкосмуговий сигнал застосовують багаточастотний сигнал з частотним мультиплексуванням символів, а при псевдовипадковій перебудові робочої частоти стрибком змінюють центральну частоту всього пакета піднесучих у заданому діапазоні частот.

Конкретний варіант виконання пропонованого способу відрізняється тим, що параметри частотного рознесення сигналів та тривалість багаточастотного пакета у часі адаптивно змінюють при передачі таким чином, щоб при усіх стрибках центральної робочої частоти багаточастотного пакета виконувалися умови ортогональності його піднесучих за частотою, при цьому їхню демодуляцію на приймальній стороні здійснюють як для сигналів OFDM.

Другий конкретний варіант виконання заявленого способу полягає у тому, що параметри частотного рознесення сигналів та тривалість багаточастотного пакета у часі при усіх стрибках центральної робочої частоти багаточастотного пакета зберігають незмінними, відповідно до умови ортогональності піднесучих за частотою лише для центральної робочої частоти, що найбільш близька або співпадає з центральною частотою діапазону перебудови робочих частот, при цьому демодуляцію сигналів на приймальній стороні здійснюють для зазначеної центральної частоти діапазону перебудови як для сигналів OFDM, а для решти робочих частот багаточастотного сигналу, що формують під час стрибків за частотою, використовують демодуляцію, яка орієнтована на сигнали з неортогональним частотним дискретним мультиплексуванням (неортогональною частотною дискретною модуляцією, N-OFDM).

Інший варіант виконання заявленого способу відрізняється тим, що при усіх стрибках центральної робочої частоти багаточастотного пакета формують сигнали з неортогональним частотним дискретним мультиплексуванням (неортогональною частотною дискретною модуляцією, N-OFDM) піднесучих, а на приймальній стороні використовують демодуляцію, яка орієнтована на N-OFDM сигнали.

У зазначених часткових варіантах виконання заявленого способу для додаткового завадозахисту сумарний OFDM-пакет на кожній робочій частоті піддають додатковому кодуванню, наприклад шляхом багатократної зміни фази сумарного сигналу.

Зазначений спосіб формування сигналів дозволить підвищити завадозахищеність засобів радіозв'язку при впливі навмисних завад та є інваріантним до впливу завад у відповідь.

Практична реалізація заявленого способу зводиться до застосування способу формування сигналів в умовах впливу навмисних завад та частотно-селективних завмирань у засобах радіозв'язку, в яких передбачене застосування гібридних інформаційних технологій зв'язку для забезпечення заданого рівня завадозахищеності та пропускної спроможності. Як приклад розглянемо варіант практичної реалізації заявленого способу, коли швидкість псевдовипадкової перебудови частот становить 625 стрибків за секунду. Така швидкість обумовлює період стаціонарності сигналу 1,6 мс, якого цілком достатньо для демодуляції OFDM-пакета з 16 піднесучих. Візьмемо за інтервал стаціонарності символу в OFDM-сигналі 1,25 мс, а решту 0,35 мс з зазначених 1,6 мс відведемо під захисні інтервали та перехідні процеси, пов'язані зі зміною носійної частоти. Якщо на приймальній стороні за допомогою швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) сформувати частотні фільтри шляхом накопичення сигналу на інтервалі 1,25 мс, то ширина головної пелюстки амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) окремо взятого синтезованого частотного фільтру становитиме 800 Гц. Для ортогонального рознесення 16 піднесучих необхідно задіяти смугу частот  $800 \times 16 = 12,8$  кГц. При 32 піднесучих зазначена смуга розшириться до 25,6 кГц. Як результат це дозволить підвищити швидкість передачі даних мінімум у 32 рази, порівняно з традиційним використанням способу ППРЧ. Порівняно вузькі смуги частот сигналів дозволяють використовувати пропонований метод у КХ/УКХ діапазоні частот і вище.

За необхідності додаткової завадозахищеності сумарний OFDM-пакет на кожній робочій частоті може бути підданий додатковому кодуванню, наприклад шляхом зміни фази. Якщо припустимо розширити смугу сигналу до 80 кГц, то при зазначених вище параметрах сигналів тривалість елементарного інтервалу кодової послідовності становитиме 12,5 мкс, що дозволить застосувати 100-позиційний фазовий код.

Для демодуляції N-OFDM сигналів може бути використаний спосіб, описаний в [4].

Такий чином, технічний результат від застосування зазначеного способу полягає у підвищенні швидкості передачі даних, енергетичної ефективності засобів радіозв'язку та як наслідок підвищенні стійкості їхнього функціонування.

Джерела інформації:

1. Макаренко С.И., Иванов М.С., Попов С.А. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. Монография. - СПб.: Свое издательство, 2013. - 166 с.: ил.

2. Зайцев С.В. Інформаційна технологія побудови системи OFDM з внутрібітовою псевдовипадковою перебудовою піднесучих частот в умовах впливу навмисних завад / С.В. Зайцев, В.В. Приступа, А.В. Яриловець // Вісник Чернігівського державного технологічного університету // 2012. - № 4(61). - С. 131-140.

3. Николаев В., Гармонов А., Лебедев Ю. Системы широкополосного радиодоступа 4 поколения: выбор сигнально-кодовых конструкций. // Последняя миля. - 2010. - № 5-6. - С. 56-59. - прототип.

4. Pat. of Ukraine № 47835 A. IPC8 H04J 1/00, H04L 5/00. Method of frequency-division multiplexing of narrow-band information channels // Sliusar Vadym Ivanovych, Smoliar Viktor Hryhorovych. - Appl. № 2001106761, Priority Data 03.10.2001. - Official Publication Data 15.07.2002, Official Bulletin № 7/2002.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб підвищення швидкості передачі даних сигналами з псевдовипадковою перебудовою частоти, який полягає у застосуванні гібридних широкосмугових сигналів, що сформовані на основі псевдовипадкової перебудови робочої частоти, який **відрізняється** тим, що як широкосмуговий сигнал застосовують багаточастотний сигнал з частотним мультиплексуванням символів, а при псевдовипадковій перебудові робочої частоти стрибком змінюють центральну частоту усього пакета піднесучих у заданому діапазоні частот.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що параметри частотного рознесення сигналів та тривалість багаточастотного пакета у часі адаптивно змінюють при передачі таким чином, щоб при усіх стрибках центральної робочої частоти багаточастотного пакета виконувалися умови ортогональності його піднесучих за частотою, при цьому їхню демодуляцію на приймальній стороні здійснюють як для сигналів OFDM.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що параметри частотного рознесення сигналів та тривалість багаточастотного пакета у часі при усіх стрибках центральної робочої частоти

- багаточастотного пакета зберігають незмінними, відповідно до умови ортогональності піднесучих за частотою лише для центральної робочої частоти, що найбільш близька або співпадає з центральною частотою діапазону перебудови робочих частот, при цьому демодуляцію сигналів на приймальній стороні здійснюють для зазначеної центральної частоти
- 5 діапазону перебудови як для сигналів OFDM, а для решти робочих частот багаточастотного сигналу, що формують під час стрибків за частотою, використовують демодуляцію, яка орієнтована на сигнали з неортогональним частотним дискретним мультиплексуванням (неортогональною частотною дискретною модуляцією, N-OFDM).
- 10 4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при усіх стрибках центральної робочої частоти багаточастотного пакета формують сигнали з неортогональним частотним дискретним мультиплексуванням (неортогональною частотною дискретною модуляцією, N-OFDM) піднесучих, а на приймальній стороні використовують демодуляцію, яка орієнтована на N-OFDM сигнали.
- 15 5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що для додаткового завадозахисту сумарний OFDM-пакет на кожній робочій частоті піддають додатковому кодуванню, наприклад шляхом багатократної зміни фази сумарного сигналу.

---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601