



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117037** (13) **C2**  
(51) МПК (2018.01)  
**H04W 4/00**  
**H03M 13/00**

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

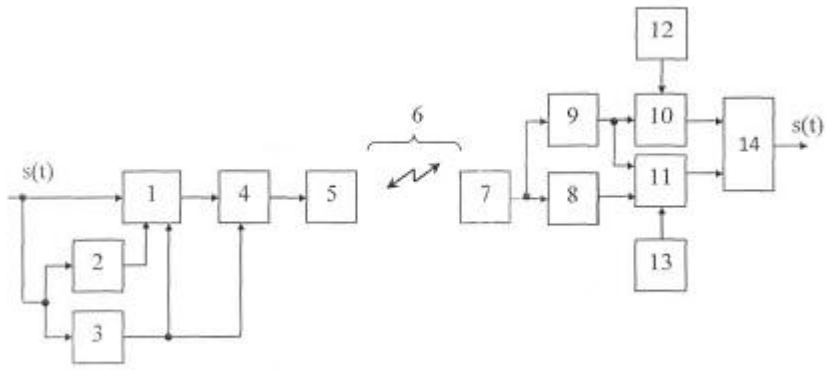
<p>(21) Номер заявки: <b>a 2016 05377</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>18.05.2016</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>11.06.2018</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>27.11.2017, Бюл.№ 22</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.06.2018, Бюл.№ 11</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Воронич Артур Романович (UA), Николайчук Ярослав Миколайович (UA), Пастух Тарас Ігорович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ,</b> вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 96853 C2, 12.12.2011 US 4376958 A, 15.03.1983 US 4473887 A, 25.09.1984 US 4376958 A, 15.03.1983 Воронич А. Р. Метод формування та опрацювання сигнальних коректуючих кодів у комп'ютерних системах / А. Р. Воронич // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2012. – № 745 : Комп'ютерні системи та мережі. – С. 49–55 Гринчишин Т., Николайчук Я. Моделювання процесорів формування та цифрового оброблення сигналів в комп'ютерних системах з відкритими оптичними каналами // Міжнародний науковий журнал «Компютинг». —Т. 11. —2012— Вип.2. — С. 145–155 Subbarayan Pasupathy, Minimum Shift Keying: A Spectrally Efficient Modulation, IEEE Communications Magazine, 1979</p>
---	--

**(54) БЕЗПРОВІДНИЙ СПОСІБ ПЕРЕДАВАННЯ ТА ПРИЙМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до систем передачі інформації, які можуть бути використані для передавання та приймання дискретних інформаційних повідомлень у безпроводних системах. Спосіб передавання та приймання інформації реалізується на основі частотної маніпуляції з мінімальним зсувом MSK, причому сигнальні ознаки інформаційних бітів "1" і "0" формуються згідно з бітовими послідовностями кодів Галуа, у відповідності до частот методу MSK, а приймання здійснюють шляхом демодуляції, виявлення та виправлення помилок в переданих даних, при чому частоти інформаційних бітів Галуа "1" додатково маніпулюють амплітудою. Технічним результатом, що досягається даним винаходом, є збільшення швидкості передавання та виключення повторних передач при виявленні однієї чи багатьох однократних помилок.

UA 117037 C2



Фир. 1

Винахід належить до систем передачі інформації, які можуть бути використані для передавання та приймання дискретних інформаційних повідомлень у безпроводних системах.

Відомий спосіб передавання даних, при якому сигнали маніпулюють чотирма сигнальними ознаками, крім цього сигнальні ознаки інформаційних бітів "1" і "0" модулюють бітовими послідовностями кодів Галуа, а приймання здійснюють шляхом демодуляції, виявлення та виправлення помилок в переданих даних [Пат. на винахід 96853 Україна МПК (2011.01) H03M 13/00. Спосіб передавання та приймання інформації/ Николайчук Я. М., Гринчишин Т. М., Воронин А. Р., опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23].

Спосіб ґрунтується на використанні сигнального коду, при формуванні якого біти одиниць в пакеті даних нумеруються рекурентним кодом Галуа  $G_2^k$ . Причому для одиниць в пакеті даних біт Галуа "1" передається фронтом наростання ( $\wedge$ ), а біт Галуа "0" передається фронтом спаду ( $\vee$ ). Біти нулів в пакеті даних також нумеруються рекурентним кодом Галуа  $G_2^k$ . Причому для нулів в пакеті даних біт Галуа "1" передається потенціалом «+», а біт Галуа "0" передається потенціалом "-". Спосіб забезпечує виявлення і виправлення помилок при прийманні, завдяки рекурентним особливостям кодів Галуа, що не потребує додаткового введення коректуючих кодів чи контрольних сум. Це не приводить до збільшення об'єму даних, які передаються, що є дуже важливим на низових рівнях розподілених комп'ютерних систем.

Функціональним обмеженням даного способу є широкий спектр потенціально маніпульованих сигналів, що не дозволяє застосовувати для безпроводних систем. Крім цього при модуляції виникають розриви фаз.

Відомий також є спосіб передавання та приймання інформації, що ґрунтується на використанні трьох частот без зсуву фаз [Ю.Н. Турчанинов, С.Н. Зевелев Я. Н. Николайчук. Способ магнитной записи цифровой информации /А.С. СССР № 851460. опубл. 30.07.1981 - Бюл. № 28]. В даному способі магнітний запис цифрової інформації здійснюється шляхом маніпуляції несучої багаторівневим кодом, при якому значення інформаційного сигналу відповідає основним ознакам маніпуляції і з метою підвищення надійності відтворення інформації при записі кожних сусідніх двох однакових значень інформаційного сигналу другий з них маніпулюють додатковою ознакою маніпуляції.

Проте такий спосіб не дозволяє виправляти помилки в процесі запису, тільки виявляти місця їх виникнення.

Найбільш близьким за технічною суттю до винаходу, що заявляється, є спосіб передавання та приймання інформації на основі частотної маніпуляції з мінімальним зсувом (MSK) [Subbarayan Pasupathy, Minimum Shift Keying: A Spectrally Efficient Modulation, IEEE Communications Magazine, 1979]. В даному способі не відбувається стрибків фази і зміна частоти відбувається в моменти перетину несучого нульового рівня. В MSK значення частот, які відповідають логічним "1" ( $f_{11}$ ) і "0" ( $f_{12}$ ) відрізняються на величину рівну половині швидкості передачі даних. Індекс модуляції дорівнює 0,5.

Проте такий спосіб не дозволяє виявляти і виправляти помилки.

В основу винаходу поставлена задача розробки нового способу передавання інформації шляхом маніпуляції інформаційних символів "0" та "1" ознаками послідовностей коду поля Галуа, що дозволить виявити та виправити помилки при прийманні біторієнтованих даних за рахунок коректуючих властивостей кодів Галуа без додаткового передавання службової інформації. Це приводить до збільшення швидкості передавання та виключення повторних передач при виявленні однієї чи багатьох однократних помилок.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що безпроводний спосіб передавання та приймання інформації, який реалізується на основі частотної маніпуляції з мінімальним зсувом MSK, причому сигнальні ознаки інформаційних бітів "1" і "0" формуються згідно з бітовими послідовностями кодів Галуа, у відповідності до частот методу MSK, а приймання здійснюють шляхом демодуляції, виявлення та виправлення помилок в переданих даних, причому частоти інформаційних бітів Галуа "1" додатково маніпулюють амплітудою, яка відрізняється від амплітуди інформаційних бітів Галуа "0". Спосіб забезпечує виявлення і виправлення помилок при прийманні, завдяки рекурентним особливостям кодів Галуа.

Суть винаходу пояснюється тим, що при передаванні та прийманні інформації використовуються маніпульовані сигнали сформовані на основі чотирьох ознак, які поставлені у відповідність до елементів інформаційного повідомлення згідно з винаходом, відповідно до кодів поля Галуа. Такий принцип формування коду полягає в тому, що біти одиниць в пакеті даних нумеруються рекурентним кодом Галуа  $G_2^k$ . Причому для одиниць в пакеті даних біт Галуа "1" передається частотою MSK ( $f_{11}$ ), а біт Галуа "0" передається частотою MSK ( $f_{12}$ ). Різниця між частотами становить половину швидкості передавання даних. Біти нулів в пакеті даних також нумеруються рекурентним кодом Галуа  $G_2^k$ . Причому для нулів в пакеті даних біт

Галуа "1" частотою MSK ( $f_{21}$ ), а біт Галуа "0" передається частотою MSK ( $f_{22}$ ). Різниця між частотами становить половину швидкості передавання даних. Частоти ( $f_{11}$  і  $f_{12}$ ), які використовуються для передавання пакету "1" відрізняються від частот ( $f_{21}$  і  $f_{22}$ ), які використовуються для передавання пакету "0".

5 При цьому різниця між амплітудою частот  $f_{11}$ ,  $f_{12}$  та  $f_{21}$ ,  $f_{22}$  визначається характеристиками завадозахищеності безпровідних каналів зв'язку на несучих частотах, потужністю передавачів та чутливістю приймачів, рівнем затухання сигналів у середовищі випромінювання, віддаллю передавання даних тощо.

10 Винахід ілюструється кресленням, де на фіг.1 зображено блок-схему реалізації способу:  $s(t)$  - потік інформаційних бітів; 1 - формувач MSK сигналу; 2 - формувач бітів Галуа для інформаційних бітів "0"; 3 - формувач бітів Галуа для інформаційних бітів "1"; 4 - підсилювач; 5, 7, 14 - пристрій узгодження; 6 - безпровідний канал обміну даними; 8 - пристрій визначення потужності сигналу; 9 - демодулятор MSK сигналу; 10, 11 - пристрої визначення бітів Галуа для інформаційних бітів "0" та "1" відповідно; 12 13 – пристрої перевірки і виправлення коду Галуа для інформаційних бітів "0" та "1" відповідно. На фіг. 2 зображено приклад сигналу для інформаційного повідомлення розміром 2 байти, де  $d_1, d_2, \dots, d_{16}$  - позиції бітів в інформаційному повідомленні;  $D$  - інформаційні біти даних, що передаються;  $G_2^4(l)$  - біти Галуа  $G_2^4$ , для інформаційних бітів "1";  $G_2^4(0)$  - біти Галуа  $G_2^4$ , для інформаційних бітів "0"; СМК - символний код; СГК - сигнальний код маніпуляції. На фіг. 3 зображена реалізація потоку даних маніпульованих за допомогою сигнальних коректуючих кодів, з виявленням помилок на сигнальному рівні, де  $N$  - номер позиції бітів в інформаційному повідомленні;  $D$  - інформаційні біти даних, що передаються;  $G_2^4(l)$  - біти Галуа  $G_2^4$ , для інформаційних бітів "1";  $G_2^4(0)$  - біти Галуа  $G_2^4$ , для інформаційних бітів "0"; СГК - сигнальний код маніпуляції, \* - помилка, яка вводитьься; СМК\* - символний код з помилкою.

25 Спосіб здійснюють таким чином.

Для передавання інформації у вигляді інформаційного потоку  $s(t)$  використовується формувач MSK сигналу, який здійснює маніпуляцію над вхідним потоком даних (фіг. 1). Причому для маніпуляції інформаційних бітів "0" використовується формувач бітів Галуа 2, а для інформаційних бітів "1" формувач бітів Галуа 3. Далі для формування відповідних частот ( $f_{11}$  і  $f_{22}$ ) за допомогою формувача 1 для бітів Галуа потоку "1" використовується також підсилювач 4, який здійснює підсилення відповідно сформованої частоти в 2 рази відповідно до кодової послідовності Галуа. Інформація які частоти підсилювати надходить з формувача 3. Для формування частот ( $f_{21}$  і  $f_{22}$ ) використовується тільки формувач 1, а підсилювач 4 дані частоти не підсилює. Сформований сигнал через пристрій узгодження 5 подається в безпровідний канал обміну даними 6. Отриманий з безпровідного каналу обміну даними сигнал після проходження через пристрій узгодження 7, надходить на 8 - пристрій визначення потенціалу і 9 - пристрій демодуляції сигналу MSK. Сигнал з пристрою 8 і 9 потрапляє на пристрій 10, де відбувається визначення бітів Галуа для інформаційних бітів "1". Сигнал з пристрою 9 також подається на пристрій 11, де відбувається визначення бітів Галуа для інформаційних бітів "0". Крім цього за допомогою пристроїв 12, 13 перевірки і виправлення помилок, які використовуючи рекурентні властивості коду поля Галуа виявляють та виправляють помилки для інформаційних бітів "0" і "1" відповідно. Після узгодження на пристрої 14 отримується інформаційний потік  $s(t)$ .

45 Приклад інформаційного потоку  $s(t)$ , при якому об'єм коду Галуа відповідає об'єму даних наведено на фіг. 2. З таблиці, зображеної на фіг. 2 видно, що в блоці об'ємом  $N=2^4$  завершення послідовності нулів відповідає коду Галуа 1101 і завершується символами  $f_{21}f_{21}f_{22}f_{21}f_{11}f_{12}f_{11}f_{12}$ , тобто  $N=6$ , згідно  $G_2^4$ . А завершення послідовності одиниць в кодї Галуа відповідає символам  $f_{11}f_{12}f_{12}f_{11}$ , тобто коду Галуа 0110,  $N=10$ .

50 Таким чином забезпечується ефективно симетричне кодування у вигляді кодів Галуа послідовності нулів і одиниць блоку даних з однозначним визначенням їх числа  $N_0+N_1=N$ , яке використовується для виявлення та виправлення помилок після передавання даних у пристроях визначення коду Галуа 13 і 14.

На фіг. 3 зображена реалізація потоку даних маніпульованих за допомогою MSK з використанням сигнальних коректуючих кодів, з виявленням помилок на сигнальному рівні. В таблиці приведено приклад виникнення помилок на сигнальному рівні в 7-ій та 17-ій позиції нулів, а також 10-ій та 21-ій позиції одиниць.

55 Як показано в даній таблиці, при виникненні помилок на сигнальному рівні в одиницях потоку даних, можливі два випадки: інвертування Галуа ознаки одиничного біта, що однозначно виявляється рекурентним декодером потоку Галуа-одиниць та заміна сигнальної ознаки одиниць, які представляються фронтом наростання та спаду і перетворення їх в сигнальні

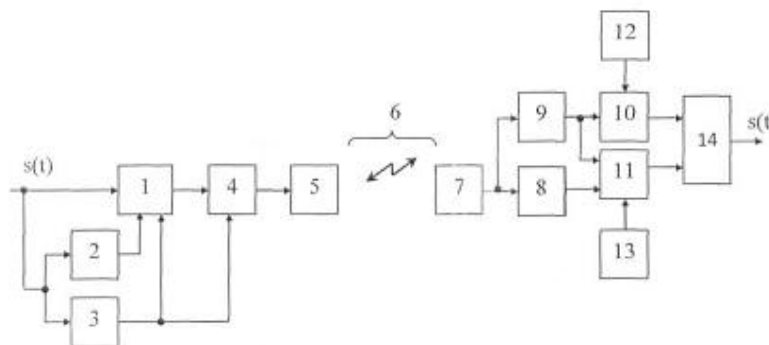
ознаки нулів, які представляються потенціалами "f21" та "f22". Це в свою чергу призводить до стирання одиниці в даній позиції, що виявляється рекурентним декодером.

Аналогічні сигнальні переходи з однозначним виявленням та виправленням одиничних помилок, ідентифікуються на сигнальному рівні, при появі помилок в нульових бітах потоку даних.

Виявлення помилок ґрунтується на біт-орієнтованій нумерації послідовності нулів і одиниць, які передаються за допомогою кодових послідовностей Галуа. Якщо помилка виявлена, використовується формула, де рекурентним шляхом перевіряється, в якій саме позиції відбулася заміна символу нуля (одиниці), в процесі передавання даних і даний символ замінюється на правильний.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Безпроводний спосіб передавання та приймання інформації, який здійснюється на основі частотної маніпуляції з мінімальним зсувом MSK, в якому сигнальні ознаки інформаційних бітів "1" і "0" формуються згідно з бітовими послідовностями кодів Галуа, у відповідності до частот методу MSK, а приймання здійснюють шляхом демодуляції, виявлення та виправлення помилок в переданих даних, який **відрізняється** тим, що частоти інформаційних бітів Галуа "1" додатково маніпулюють амплітудою, відмінною від амплітуди інформаційних бітів Галуа "0".

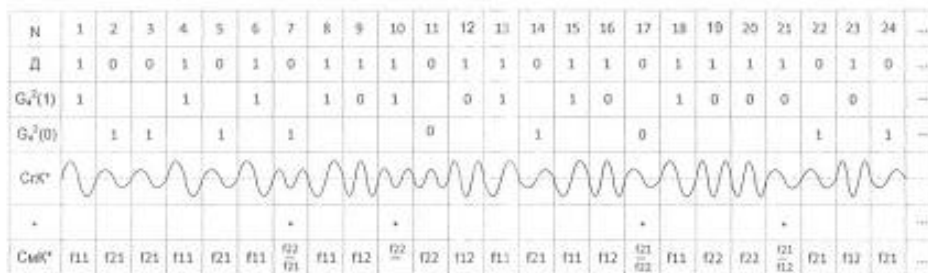


Фіг. 1

	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	d14	d15	d16
Д	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$G_4^2(1)$	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
СмК	f11	f11	f11	f11	f12	f11	f12	f11	f11	f12	f12	f11	f12	f12	f12	f12
MSK																
Д	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$G_4^2(0)$	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
СмК	f21	f21	f21	f21	f22	f21	f22	f21	f21	f22	f22	f21	f22	f22	f22	f22
СрК																
Д	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1
$G_4^2(1)$	1	1		1	1		0	1	0				1	1		0
$G_4^2(0)$			1			1				1	1	0			1	
СмК	f11	f11	f21	f11	f11	f21	f11	f12	f11	f21	f21	f22	f12	f12	f21	f11
СрК																

Фіг. 2

*Безпроводний спосіб передавання та приймання інформації*



**Фиг. 3**

---

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