



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007109815/09, 16.09.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.09.2005

(30) Конвенционный приоритет:
18.09.2004 KR 10-2004-0074890

(45) Опубликовано: **10.11.2008 Бюл. № 31**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6618452 B1, 09.09.2003. RU 2235429 C1, 27.08.2004. RU 2105423 C1, 20.02.1998. US 6678339 B1, 13.01.2004. US 6314083 B1, 06.11.2001. US 6009073 A, 28.12.1999. US 6459745 B1, 01.10.2002.**

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
16.03.2007

(86) Заявка РСТ:
KR 2005/003100 (16.09.2005)

(87) Публикация РСТ:
WO 2006/031090 (23.03.2006)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, строение 3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры", пат.пов. А.В.Мицу, рег.№ 364

(72) Автор(ы):

**ЧАНГ Дзин-Веон (KR),
КВОН Хван-Дзоон (KR),
КИМ Донг-Хее (KR),
КИМ Йоун-Сун (KR),
ХАН Дзин-Киу (KR)**

(73) Патентообладатель(и):

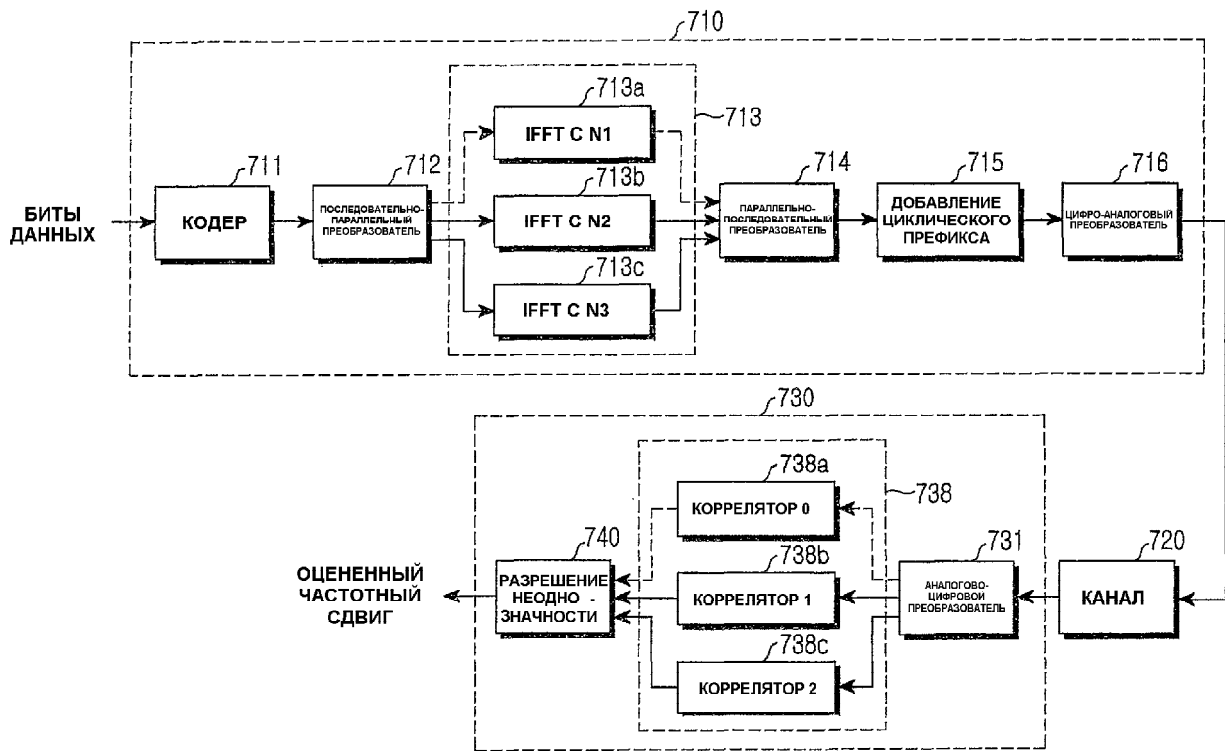
САМСУНГ ЭЛЕКТРОНИКС КО., ЛТД. (KR)

(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ В СИСТЕМЕ OFDM

(57) Реферат:

Изобретение относится к передаче данных в системе мультиплексирования с ортогональным разделением частот (OFDM) и предназначено для синхронизации частоты в системе Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM). Технический результат - обеспечение возможности получения точного начального частотного сдвига. Для этого способ включает в себя этапы, на которых передают символы OFDM таким образом, что размер символа данных конкретного символа OFDM в каждом кадре задается меньшим, чем размер символа данных типичного символа OFDM в пределах упомянутого кадра, принимают

символы OFDM и вычисляют коэффициенты корреляции этого конкретного символа OFDM соответственно, исходя как из интервала времени соответствующих символов данных, так и интервала времени символов данных типичного символа OFDM, подбирают соответственно фазы соответствующего коэффициента корреляции, вычисленного по упомянутому конкретному символу OFDM, оценивают десятичную часть частотного сдвига и определяют целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую десятичной части частотного сдвига, тем самым оценивая полный частотный сдвиг и получая синхронизацию частоты. 6 н. и 18 з.п. ф-лы, 1 табл., 12 ил.



Фиг.7



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2007109815/09, 16.09.2005**
 (24) Effective date for property rights: **16.09.2005**
 (30) Priority:
18.09.2004 KR 10-2004-0074890
 (45) Date of publication: **10.11.2008 Bull. 31**
 (85) Commencement of national phase: **16.03.2007**
 (86) PCT application:
KR 2005/003100 (16.09.2005)
 (87) PCT publication:
WO 2006/031090 (23.03.2006)

Mail address:
129090, Moskva, ul.B.Spasskaja, 25, stroenie 3, OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery", pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364

(72) Inventor(s):
**ChANG Dzin-Veon (KR),
 KVON Khvan-Dzoon (KR),
 KIM Dong-Khee (KR),
 KIM Joun-Sun (KR),
 Khan Dzin-Kiu (KR)**
 (73) Proprietor(s):
SAMSUNG EhLEKTRONIKS KO., LTD. (KR)

RU 2 338 325 C1

(54) **DEVICE AND METHOD FOR FREQUENCY SYNCHRONISATION IN OFDM SYSTEM**

(57) Abstract:

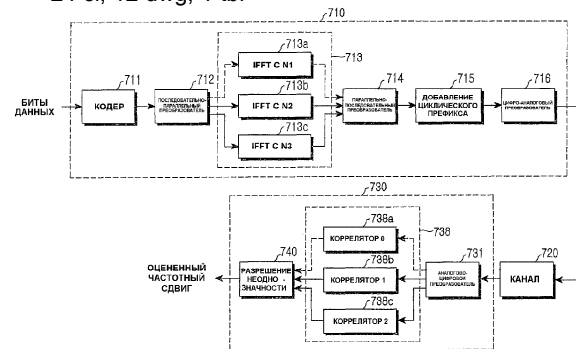
FIELD: communications.

SUBSTANCE: method includes stages in which OFDM characters are transmitted in such a way that data character size of particular OFDM character in each frame is set smaller than data character size of typical OFDM character within mentioned frame, OFDM characters are received and correlation factors are correspondingly calculated for this particular OFDM character on the basis of both corresponding data characters time-slot and data characters time-slot of typical OFDM character, phases of corresponding correlation factor are selected respectively which factor is calculated according to mentioned particular OFDM character, decimal part of frequency shift is evaluated and integer part of frequency shift is determined which part matches

to decimal part of frequency shift thereby evaluating full frequency shift and achieving frequency synchronisation.

EFFECT: providing possibility to obtain precise initial frequency shift.

24 cl, 12 dwg, 1 tbl



Фиг.7

RU 2 338 325 C1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение имеет отношение к способу и устройству для передачи данных в системе Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM). Более конкретно, настоящее изобретение имеет отношение к способу и устройству для начальной синхронизации частоты для передачи данных посредством использования символов OFDM.

Описание предшествующего уровня техники

Схема OFDM - это схема модуляции четвертого поколения (4G), которая, как ожидается, будет принята как стандарт для цифрового телевидения в Европейских странах, Японии и Австралии. Схема OFDM первоначально рекомендовалась для технологии локальной сети (LAN) и теперь развивается, чтобы обеспечить мобильность беспроводной технологии LAN, основанной на OFDM, для сотовой системы для беспроводных Интернет-услуг.

Технология растягивания полосы частот схемы OFDM распределяет данные по множеству поднесущих через один и тот же частотный интервал. Этот частотный интервал обеспечивает "ортогональность" в рамках технологии, препятствующей демодулятору обращаться к частотам, отличным от его собственной частоты. Кроме того, схема OFDM является разновидностью схемы модуляции со многими несущими и показывает превосходную работу в многолучевой мобильной среде приема. Поэтому, сейчас схема OFDM привлекает внимание как схема модуляции, которая хорошо подходит для радиоволн наземного цифрового телевидения и цифрового вещания голоса. Хотя схема OFDM исследовалась и развивалась главным образом в области обмена информацией, сейчас она активно исследуется и развивается в области широко вещания, в особенности в случае широко вещания, после того, как схема OFDM использовалась как схема модуляции системы Цифрового Аудиовещания (DAB), предложенной Европейским Союзом Широко вещания (EBC).

Фиг.1 - блок-схема, иллюстрирующая структуру передатчика и приемника на физическом уровне типичной системы OFDM.

Согласно Фиг.1 входной поток битов, который должен быть передан, перемещается через кодер 111 в последовательно-параллельный преобразователь 112. Затем, последовательно-параллельный преобразователь 112 собирает символы в количестве N и перемещает эти N символов в преобразователь 113 Обратного Быстрого Преобразования Фурье (IFFT), который преобразовывает символы из символов частотной области в символы временной области. После этого параллельно-последовательный преобразователь 114 преобразовывает символы временной области в последовательные символы. В вышеупомянутом процессе собранные N символов упоминаются как символы 'OFDM'. Затем, блок 115 вставки Циклического Префикса (CP) добавляет CP к каждому из последовательных символов временной области, полученных параллельно-последовательным преобразователем 114, для того, чтобы исключить влияние многолучевых каналов. Далее, символы с присоединенным CP в цифровой области преобразуются в аналоговый сигнал посредством цифроаналогового преобразователя 116, и преобразованный аналоговый сигнал затем передается по каналу 120 в сторону приемника.

Когда переданный по каналу 120 сигнал принимается приемником 130, аналогово-цифровой преобразователь 131 преобразовывает принятый аналоговый сигнал в цифровой сигнал, и блок 132 удаления CP удаляет CP из символа OFDM, поврежденного в результате многолучевой передачи. Сигнал с удаленным CP преобразовывается в сигнал частотной области посредством преобразователя 134 Быстрого Преобразования Фурье (FFT) после прохождения через последовательно-параллельный преобразователь 133. Преобразованный сигнал частотной области проходит через корректор 135 для исключения канальной интерференции, параллельно-последовательный преобразователь 136 и декодер 137, а затем выводится, в виде выходного потока битов, на терминал приемника.

Фиг.2 - это график, показывающий символы данных, переданные в типичной системе OFDM, которые иллюстрированы в соответствии с частотой и временем.

В системе OFDM, как описано выше со ссылкой на Фиг.1, символы данных в количестве N в пределах одного символа OFDM передаются посредством поднесущих, количество которых N . N символов данных, которые переносятся посредством N поднесущих, составляют один символ 201 OFDM, а символы OFDM в количестве M составляют один кадр 202. Начальный символ кадра 202 обычно содержит контрольный символ для синхронизации частоты и оценки канала, посредством которого передается заголовок, информация управления и так далее.

Система OFDM превосходно работает в среде мобильного приема и обладает хорошей эффективностью использования полосы частот. Однако в системе OFDM ортогональные друг другу поднесущие расположены плотно с небольшими интервалами. Поэтому, система OFDM сравнительно ненадежна в отношении частотного сдвига по сравнению с системой с одиночной поднесущей.

В дальнейшем, пример ортогональности между поднесущими в системе OFDM будет описан со ссылкой на Фиг.3.

Со ссылкой на график на Фиг.3 показаны три поднесущие. Видно, что данные передаются с использованием смежных друг с другом частоты 301 f_{n-1} , частоты 302 f_n и частоты 303 f_{n+1} . Данные, передаваемые на каждой из частот с 301 по 303, имеют синусоидальную форму волны, и каждый из сигнала 304 первой частоты, сигнала 305 второй частоты и сигнала третьей частоты расположен точно на частоте соответствующей поднесущей. Следовательно, три сигнала не создают интерференции друг для друга.

Фиг.4 - это график, показывающий интерференцию между поднесущими, когда существуют частотные сдвиги в типичной системе OFDM.

Если каждая поднесущая имеет частотный сдвиг $401 \Delta f$ от точной частоты поднесущей, то приемник не может обнаружить точное местоположение частоты поднесущей и взамен выбирает фрагмент данных из местоположения с отклонением $401 \Delta f$ от точного местоположения. Поэтому, происходит интерференция между тремя поднесущими, показанными на Фиг.4, включающими в себя сигнал 402 первой поднесущей, сигнал 403 второй поднесущей и сигнал 404 третьей поднесущей. Например, фрагмент сигнала 405, имеющий частотный сдвиг $401 \Delta f$ от сигнала 403 второй поднесущей, подвергается интерференции со стороны сигнала 407 первой поднесущей и сигнала 406 третьей поднесущей в соответствующем местоположении частоты. Как описано выше, система OFDM имеет ортогональность между поднесущими, которая уменьшает интервал между поднесущими и является причиной того, что поднесущие должны быть расположены компактно. Поэтому, система OFDM в значительной степени подвержена интерференции в результате частотного сдвига.

В соответствии с обычной схемой начальной синхронизации частоты для того, чтобы компенсировать частотные сдвиги в системе OFDM, как описано выше, начальная синхронизация частоты выполняется посредством использования двух контрольных символов OFDM. Обычная начальная синхронизация частоты включает в себя два этапа, то есть первый этап тонкой синхронизации частоты (то есть компенсации для частотных сдвигов в пределах полосы в два раза шире, чем полоса поднесущей) и второй этап разрешения неоднозначности частоты для части, соответствующей кратному полосы, которая в два раза шире, чем полоса поднесущей.

Фиг.5 иллюстрирует пример формата контрольных символов OFDM в соответствии с обычным способом начальной синхронизации частоты в системе OFDM.

Первый контрольный символ 501 OFDM, который является символом для тонкой синхронизации частоты (в дальнейшем, упоминается как "первая синхронизация частоты") на первом этапе синхронизации частоты, имеет значения, отличные от нуля, для поднесущих с четным порядковым номером и '0' для поднесущих с нечетным порядковым номером. Первый контрольный символ 501 OFDM одинаков для повторения контрольных символов, каждый из которых имеет половину длины символа во временной области. Процесс первой синхронизации частоты соответствует процессу получения десятичной части частотного сдвига.

Вторым контрольным символом 502 OFDM является символ для разрешения неоднозначности частоты на втором этапе процесса синхронизации частоты, который будет упоминаться как процесс второй синхронизации частоты. Вторым контрольным символом 502 имеет значения для всех поднесущих. Процесс второй синхронизации частоты

5

соответствует процессу получения целочисленной части частотного сдвига. Другими словами, частотный сдвиг включает в себя десятичную часть, выраженную как число, меньшее, чем удвоенная полоса поднесущей, и целочисленную часть, выраженную в виде числа, являющегося кратным удвоенной полосе поднесущей, что может быть

10

$$\Delta f = \phi / (\pi T) + 2g / T \quad (1)$$

В уравнении (1) Δf обозначает полный частотный сдвиг, ϕ обозначает десятичную часть частотного сдвига и T обозначает длину символа. Далее, g обозначает целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую целому числу, кратному

15

удвоенной полосе частот поднесущей. Если один символ данных выражен с использованием N-точечного Быстрого Преобразования Фурье (FFT), то принятый сигнал $w(t)$ символа, имеющий частотный сдвиг, может быть выражен уравнением (2), приведенным ниже.

20

$$w(t) = \sum_{-N}^N H_k C_k \exp(j2\pi(f_k + \Delta f)t) \quad (2)$$

$$w(t) = \exp(j2\pi\phi t) \sum_{-N}^N H_k C_k \exp(j2\pi f_k t)$$

Если одному принятому символу данных, расположенному в соответствующем первой половине символе OFDM первого контрольного символа, присвоено значение $w(t_0)$, а другому принятому символу данных, расположенному в соответствующем второй половине символа OFDM, который соответствует тому же местоположению, что и соответствующий первой половине символ OFDM, присвоено значение $w(t_0 + T/2)$, то устанавливается

25

30

$$w(t_0) w(t_0 + T/2) = \exp(j2\pi\phi t) \sum_{k=-N}^N \sum_{l=-N}^N H_k^* C_k^* H_l C_l \exp(j2\pi(f_k - f_l)t_0 + j\pi f_l T) \quad (3)$$

Если фаза значения корреляции длины соответствующего повторяющейся половине символа OFDM получена из уравнения (3), то может быть установлено соотношение между десятичной частью ϕ частотного сдвига и полным частотным сдвигом Δf посредством

35

$$\phi = \pi \Delta f T \quad (4)$$

То есть возможно оценить десятичную часть частотного сдвига с помощью оценки фазы, задействовав коэффициент корреляции повторяющейся части первого контрольного символа.

40

Обычный способ оценки частотного сдвига предусматривает использование функции, которая определена ниже уравнением (5), для того, чтобы увеличить точность оценки.

45

$$P(d) = \sum_{m=0}^{L-1} W_{d+m}^* W_{d+m+L} \quad (5)$$

Если возможно гарантировать, что абсолютное значение начального частотного сдвига находится в пределах диапазона, меньшего, чем полоса поднесущей, полный частотный сдвиг может быть рассчитан посредством представленного ниже уравнения (6).

50

$$\Delta f = \hat{\phi} / (\pi T) \quad (6)$$

Однако в действительности не всегда возможно гарантировать, что абсолютное значение начального частотного сдвига находится в пределах диапазона, меньшего, чем

полоса поднесущей, и здесь существует неоднозначность, соответствующая кратному вдвое большей полосы поднесущей.

Поэтому, для того, чтобы окончательно определить частотный сдвиг, необходимо заранее устранить неоднозначность целочисленной части частотного сдвига,

5 соответствующей целому числу g в уравнении (1), для чего используется второй контрольный символ. Прежде всего, выполняется расчет для части, соответствующей десятичной части частотного сдвига, в процессе первой синхронизации частоты. Затем, в частотном сдвиге остается только часть, соответствующая $2g/T$.

10 Значения преобразования частоты первого и второго контрольных символов принимают значения $X_{1,k}$ и $X_{2,k}$, соответственно, и определяется второй контрольный символ из условия, чтобы дифференцированно модулированные значения величины преобразования частоты первого контрольного символа и значение преобразования частоты поднесущих с четными порядковыми номерами второго контрольного символа имели конкретный шаблон. Далее, согласно обычному способу для того, чтобы определить g , которая является

15 целочисленной частью частотного сдвига, получают коэффициенты корреляции предопределенного шаблона и разности между первым и вторым контрольными символами для возможных значений g . Затем, значение g , имеющее наибольшее значение корреляции из числа полученных значений корреляции, определяется как окончательное значение. С помощью вышеупомянутого процесса оценивается частотный сдвиг.

20 Фиг.6 - блок-схема, иллюстрирующая структуру передатчика и приемника для начальной синхронизации частоты на физическом уровне обычной системы OFDM.

В передатчике 610 по Фиг.6, как описано выше, для передачи с помощью первого и второго символов OFDM каждого кадра контрольные биты проходят через

25 последовательно-параллельный преобразователь 612, в котором преобразуются в символы временной области, и затем преобразуются в последовательные контрольные биты. Блок 615 вставки Циклического Префикса (CP) вставляет префиксы CP в преобразованные контрольные биты, которые затем преобразовываются из цифрового сигнала в аналоговый сигнал посредством цифроаналогового преобразователя 616. Затем, преобразованный аналоговый сигнал передается по каналу 620 в приемник 630.

30 Сигнал, принятый по каналу 620, снова преобразовывается из аналогового сигнала в цифровой сигнал посредством аналогово-цифрового преобразователя 631, и затем преобразованный цифровой сигнал поступает на коррелятор 638. Далее, для того, чтобы достичь первой синхронизации частоты, коррелятор 638 обнаруживает повторяющийся шаблон первого контрольного символа OFDM принятого сигнала и корректирует

35 десятичную часть частотного сдвига. После того как десятичная часть частотного сдвига откорректирована, устройство 632 удаления CP удаляет префиксы CP из принятого сигнала, последовательно-параллельный преобразователь 633 преобразовывает сигнал в параллельный сигнал, и затем преобразователь 634 FFT преобразовывает сигнал в сигнал частотной области. Далее, для того, чтобы получить вторую синхронизацию частоты, блок

40 640 разрешения неоднозначности сличает значение корреляции между дифференциальными значениями первого и второго контрольных символов в частотной области и, тем самым, разрешает неоднозначность частотного сдвига, то есть корректирует целочисленную часть частотного сдвига. Таким образом, в результате достигается начальная синхронизация частоты.

45 Обычный способ синхронизации частоты, который описан выше, известен как способ, который обеспечивает возможность получения точного начального частотного сдвига. Однако в беспроводных системах, основанных на OFDM, обычный способ использует для контрольной передачи два символа OFDM в пределах одного кадра для того, чтобы

50 корректировать начальный сдвиг, что является причиной чрезмерно больших накладных расходов. Для того чтобы решить эту проблему, был разработан способ, который обеспечивает возможность получения начального частотного сдвига, используя только один контрольный символ для корректировки начального частотного сдвига.

В соответствии с этим способом, который использует только один контрольный символ

OFDM, второй контрольный символ не передается, как показано на Фиг.5, а передается только первый контрольный символ OFDM, так что символ, соответствующий второму контрольному символу OFDM, может быть использован для передачи данных, и, таким образом можно уменьшить накладные расходы. В этом способе для начальной

5 синхронизации частоты при использовании только одного контрольного символа также необходимо выполнить как этап первой синхронизации частоты для нахождения десятичной части частотного сдвига, так и этап второй синхронизации частоты для разрешения неоднозначности кратного полосы поднесущей посредством нахождения целочисленной части частотного сдвига. То есть тот же самый процесс, в котором

10 используется уравнение (6), также используется в данном способе для начальной синхронизации частоты при использовании только одного контрольного символа OFDM.

Однако, хотя способ, использующий только один контрольный символ OFDM, может уменьшить накладные расходы системы по сравнению со способом, использующим два контрольных символа OFDM, способ, использующий только один контрольный символ

15 OFDM, основывается на предположении, что канал не изменяется для predetermined количества поднесущих при разрешении неоднозначности для определения целочисленной части частотного сдвига. Поэтому способ, использующий только один контрольный символ OFDM, хуже работает при получении начальной синхронизации частоты для канальной среды, имеющей избирательность в частотной области.

20 Таким образом, существует потребность в системе и способе, которые смогли бы в значительной степени гарантировать улучшение рабочих характеристик при начальной синхронизации частоты, при этом уменьшая накладные расходы системы.

Сущность изобретения

Соответственно, настоящее изобретение было сделано для того, чтобы решить

25 вышеупомянутые и другие проблемы, характерные для предшествующего уровня техники, и цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы предоставить способ и устройство для начальной синхронизации частоты, которые могут уменьшить накладные расходы системы в процессе начальной синхронизации частоты системы OFDM.

Другая цель настоящего изобретения - предоставить способ и устройство, с помощью

30 которых можно получить начальную синхронизацию частоты без передачи контрольного символа OFDM в системе OFDM.

Другая цель настоящего изобретения - предоставить способ и устройство, которые могут получить начальную синхронизацию частоты посредством использования циклического префикса в системе OFDM.

35 Другая цель настоящего изобретения - предоставить способ и устройство, которые могут получить начальную синхронизацию частоты во временной области без передачи заголовка в системе OFDM.

Другая цель настоящего изобретения - предоставить способ и устройство, которые могут получить начальную синхронизацию частоты посредством регулирования размера

40 данных символа данных OFDM в системе OFDM.

Для того чтобы достичь эту цель, предоставлен способ синхронизации частоты в системе Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM), содержащий этапы, на которых:

передают символы OFDM так, чтобы размер символа данных конкретного символа

45 OFDM был задан меньшим размера символа данных типичных символов OFDM в пределах кадра;

принимают этот конкретный символ OFDM и вычисляют соответственно коэффициенты корреляции данного конкретного символа OFDM исходя как из интервала времени соответствующих символов данных, так и интервала времени символов данных типичного

50 символа OFDM;

подбирают соответственно фазы соответствующих коэффициентов корреляции, вычисленных по упомянутому конкретному символу OFDM, и оценивают десятичную часть частотного сдвига; и

определяют целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую десятичной части частотного сдвига, для оценки, по существу, полного частотного сдвига и получают синхронизацию частоты.

5 В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения предоставлен способ передачи символов Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM) посредством передатчика для синхронизации частоты в системе OFDM, содержащий этапы на которых:

10 выполняют Обратное Быстрое Преобразование Фурье (IFFT) в отношении символов OFDM после задания размера символа данных конкретного символа OFDM в каждом кадре меньшим размера символа данных типичного символа OFDM в пределах упомянутого кадра; и

вставляют циклические префиксы в символы данных этого конкретного символа OFDM, а затем передают символы OFDM.

15 В соответствии с еще одним аспектом настоящего изобретения предоставлен способ приема символов Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM) посредством приемника для синхронизации частоты в системе OFDM, содержащий этапы, на которых:

20 принимают конкретный символ OFDM, имеющий размер символа данных меньший, чем размер символа данных типичных символов OFDM, и вычисляют соответственно коэффициенты корреляции этого конкретного символа OFDM исходя как из интервала времени соответствующих символов данных, так и интервала времени типичных символов OFDM;

25 подбирают соответственно фазы соответствующих коэффициентов корреляции, вычисленных из упомянутого конкретного символа OFDM, и оценивают десятичную часть частотного сдвига; и

определяют целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую десятичной части частотного сдвига, для оценки, по существу, полного частотного сдвига и получают синхронизацию частоты.

30 В соответствии с еще одним аспектом настоящего изобретения предоставлена система Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM) для синхронизации частоты для осуществления связи, содержащая:

передатчик для передачи символов OFDM так, чтобы размер символа данных конкретного символа OFDM был задан меньшим размера символа данных типичных символов OFDM в пределах кадра; и

35 приемник для приема этого конкретного символа OFDM и вычисления соответственно коэффициентов корреляции данного конкретного символа OFDM исходя как из интервала времени соответствующего символам данных, так и интервала времени символов данных типичного символа OFDM, для подбора соответственно фаз соответствующих коэффициентов корреляции, вычисленных из упомянутого конкретного символа OFDM, и для оценки десятичной части частотного сдвига, и определения целочисленной части частотного сдвига, соответствующей десятичной части частотного сдвига, для оценки, по существу, полного частотного сдвига, и получения синхронизации частоты.

40 В соответствии с еще одним аспектом настоящего изобретения предоставлено устройство для передачи символов Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM) для синхронизации частоты в системе OFDM, содержащее:

45 блок преобразования для выполнения Обратного Быстрого преобразования Фурье (IFFT) символов OFDM после задания в каждом кадре размера символа данных конкретного символа OFDM так, чтобы он был меньше, чем размер символа данных типичного символа в пределах упомянутого кадра; и

50 блок передачи для вставки циклических префиксов в символы данных конкретного символа OFDM и передачи символов OFDM.

В соответствии с еще одним аспектом настоящего изобретения предоставлено устройство для приема символов Мультиплексирования с Ортогональным Разделением

Частот (OFDM) для синхронизации частоты в системе OFDM, содержащее:

блок корреляции, содержащий, по меньшей мере, одно средство корреляции для приема конкретного символа OFDM, имеющего размер символа данных меньше, чем размер символа данных типичных символов OFDM, и для вычисления соответственно

5 коэффициентов корреляции этого конкретного символа OFDM, исходя как из интервала времени соответствующих символов данных, так и интервала времени типичных символов OFDM, и для подбора соответственно фаз соответствующих коэффициентов корреляции, вычисленных из упомянутого конкретного символа OFDM, и оценки десятичной части частотного сдвига; и

10 блок оценки для оценки, по существу, полного частотного сдвига посредством определения целочисленной части частотного сдвига, соответствующей десятичной части частотного сдвига, и получения синхронизации частоты.

Перечень чертежей

15 Вышеупомянутые и другие цели, особенности и преимущества настоящего изобретения станут более очевидны из следующего подробного описания, приводимого совместно с сопровождающими чертежами, на которых:

Фиг.1 - блок-схема, иллюстрирующая структуру передатчика и приемника на физическом уровне типичной системы OFDM;

20 Фиг.2 - график, иллюстрирующий символы данных, переданные в типичной системе OFDM, которые иллюстрированы в соответствии с частотой и временем;

Фиг.3 - график, иллюстрирующий пример ортогональности между поднесущими в системе OFDM;

Фиг.4 - график, иллюстрирующий интерференцию между поднесущими, когда имеются частотные сдвиги в типичной системе OFDM;

25 Фиг.5 - иллюстрация примера формата контрольных символов OFDM в соответствии с обычным способом начальной синхронизации частоты в системе OFDM;

Фиг.6 - блок-схема, иллюстрирующая структуру передатчика и приемника для начальной синхронизации частоты на физическом уровне обычной системы OFDM;

30 Фиг.7 - блок-схема, иллюстрирующая структуру передатчика и приемника для начальной синхронизации частоты в системе OFDM в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

Фиг.8 - график, иллюстрирующий способ передачи циклического префикса и данных OFDM в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

35 Фиг.9 - график, иллюстрирующий способ передачи циклического префикса и данных OFDM в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения, в котором один символ OFDM в каждом кадре передается после разделения в двух преобразованиях FFT;

40 Фиг.10 - график, иллюстрирующий способ передачи циклического префикса и данных OFDM в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения, в котором один символ OFDM в каждом кадре передается в состоянии, согласно которому он имеет размер N_1 , меньший, чем N ;

Фиг.11 - блок-схема последовательности операций передатчика в системе OFDM в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения; и

45 Фиг.12 - блок-схема последовательности операций приемника в системе OFDM в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

На всех чертежах идентичные ссылочные номера будут подразумевать ссылки на схожие части, компоненты и структуры.

Описание предпочтительных вариантов осуществления

50 В дальнейшем, иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения будут описаны со ссылками на сопровождающие чертежи. В следующем описании подробные описания известных функций и конфигураций, содержащихся в этом документе, пропущены для ясности и краткости.

В отличие от обычного способа, который использует два контрольных символа OFDM

для начальной синхронизации частоты, принцип вариантов осуществления настоящего изобретения заключается в том, что один символ в каждом кадре разделяется на, по меньшей мере, две части, которые могут быть преобразованы посредством преобразований FFT, имеющих размеры N_1 и N_2 , меньшие, чем N , который является размером FFT типичного символа OFDM.

То есть в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения, передатчик располагает символы OFDM, переносящие данные, так чтобы они имели отличающиеся размеры FFT в каждом кадре, а приемник, который, приняв символ OFDM, вычисляет коэффициент корреляции между данными в символе OFDM и циклическим префиксом либо с интервалом времени N символов данных, либо интервалом времени N_1 символов данных, либо с интервалом времени N_1 и N_2 символов данных. Кроме того, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения возможно получить начальную синхронизацию частоты посредством получения первой синхронизации частоты посредством подбора фазы для значения корреляции, превышающего predetermined пороговое значение, и получения второй синхронизации частоты посредством разрешения неоднозначности частотного сдвига. Следовательно, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения возможно получить начальную синхронизацию частоты даже без передачи конкретного заголовка или контрольного символа OFDM.

В способе согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, как описано выше, процесс получения первой синхронизации частоты соответствует процессу определения десятичной части частотного сдвига, а процесс получения второй синхронизации частоты соответствует процессу определения целочисленной части частотного сдвига.

В дальнейшем, иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения, предоставленные для начальной синхронизации частоты, будут описаны со ссылками на сопровождающие чертежи.

Фиг.7 - блок-схема, иллюстрирующая структуру передатчика и приемника для начальной синхронизации частоты в системе OFDM согласно варианту осуществления настоящего изобретения. Структура по Фиг.7 содержит передатчик 710 и приемник 730.

Со ссылкой на Фиг.7, передатчик 710 содержит кодер 711, последовательно-параллельный преобразователь 712, параллельно-последовательный преобразователь 714, блок 715 вставки CP и цифроаналоговый преобразователь 716. Хотя в обычном способе передается контрольный бит для синхронизации частоты, передатчик 710 в возможных вариантах настоящего изобретения передает биты данных без передачи отдельного контрольного бита. Кроме того, передатчик 710 содержит блок 713 Обратного Быстрого Преобразования Фурье (IFFT), который имеет возможность IFFT-преобразования битов данных, а также IFFT-преобразования типичных символов OFDM, имеющих размер IFFT N , в символы OFDM, имеющие размер (например, N_1 или N_2) меньше, чем N . Последовательно-параллельный преобразователь 712 преобразовывает биты данных, кодированные посредством кодера 711, в параллельные сигналы и перемещает преобразованные параллельные сигналы в блок 713 IFFT. Выходной сигнал блока 713 IFFT перемещается в параллельно-последовательный преобразователь 714.

В вариантах осуществления настоящего изобретения блок 713 IFFT содержит, например, множество преобразователей 713a, 713b и 713c IFFT, имеющих размеры N , N_1 и N_2 соответственно. Преобразователь 713a IFFT, имеющий размер N , выполняет IFFT размера N для обработки типичных символов OFDM для входных битов данных, а преобразователь 713b, имеющий размер N_1 , выполняет IFFT размера N_1 для обработки символов OFDM, имеющих размер FFT меньше, чем N , которые располагаются в каждом кадре. Далее, когда, по меньшей мере, один символ OFDM, расположенный в каждом кадре, разделяется на две части, имеющие размеры N_1 и N_2 соответственно, блок 713 IFFT одновременно выполняет IFFT размера N_1 и IFFT размера N_2 посредством преобразователей 713b и 713c IFFT.

Хотя два случая символа OFDM, имеющего N_1 и N_2 в качестве размера FFT, описаны

относительно иллюстративного варианта осуществления, для блока 713 существует возможность иметь конструкцию, которая способна обрабатывать символ OFDM, содержащий, по меньшей мере, две части, при этом каждая имеет размер меньше, чем N .

Параллельно-последовательный преобразователь 714 преобразовывает IFFT-преобразованные данные в последовательные данные и подает последовательные данные на вход блока 715 вставки CP. Блок 715 вставки CP вставляет префиксы CP во входные последовательные данные и затем подает данные со вставленным CP на вход цифроаналогового преобразователя 716, который затем преобразовывает данные в аналоговый сигнал. Преобразованный аналоговый сигнал затем передается приемнику по каналу 720.

Приемник 730, который принимает сигнал, переданный передатчиком по каналу 720, содержит аналогово-цифровой преобразователь 731 для преобразования принятого сигнала в цифровой сигнал, блок 738 корреляции для получения первой синхронизации частоты посредством приема оцифрованного символа OFDM и вычисления значения корреляции между данными в символе OFDM и циклическим префиксом и блок 740 разрешения неоднозначности для получения второй синхронизации частоты посредством разрешения неоднозначности выходного значения корреляции. Необходимо отметить, что другие основные элементы приемника, такие как блок удаления CP, преобразователь FFT и так далее, пропущены на Фиг.7 для ясности и краткости.

Когда блок 738 корреляции принимает символ OFDM, блок 738 корреляции вычисляет коэффициенты корреляции между данными в пределах символа OFDM и циклическим префиксом, используя интервал времени символа данных размера N и интервал времени символа, имеющего размер меньше, чем N , подбирает фазу коэффициента корреляции, превышающую predetermined пороговую величину, и определяет десятичную часть частотного сдвига для этой фазы (то есть первую синхронизацию частоты).

Со ссылками на Фиг.7, блок 738 корреляции принимает символ OFDM, который был преобразован в цифровой сигнал посредством аналогово-цифрового преобразователя 731. Принятый символ OFDM одновременно проходит через средство корреляции (коррелятор) 738a № 0 для символа OFDM, который был подвергнут IFFT размера N , коррелятор 738b № 1 для символа OFDM, который был подвергнут IFFT размера N_1 , и коррелятор 738c № 2 для символа OFDM, который был подвергнут IFFT размера N_2 , когда символ был разделен на две части. Корреляторы 738a, 738b и 738c вычисляют коэффициенты корреляции между данными в пределах символа OFDM и циклическим префиксом, используя интервалы времени N , N_1 и N_2 символа данных. Также корреляторы 738a, 738b и 738c проверяют, являются ли вычисленные коэффициенты корреляции больше, чем predetermined пороговое значение, и подбирают фазу коэффициента корреляции, превышающую пороговое значение, тем самым, оценивая десятичную часть частотного сдвига.

Когда блок 738 корреляции оценил, по меньшей мере, одну десятичную часть частотного сдвига, блок 738 корреляции перемещает значения корреляции на блок 740 разрешения неоднозначности. Блок 740 разрешения неоднозначности получает вторую синхронизацию частоты посредством определения целочисленной части частотного сдвига, используя алгоритм оценивания синхронизации частоты согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, как описано ниже. Следовательно, приемник 730, получая и первую, и вторую синхронизацию частоты посредством вышеописанных конструкций и способов иллюстративного варианта осуществления, может определить частотный сдвиг и получить начальную синхронизацию даже без приема контрольного символа OFDM.

Ниже будет более подробно описан алгоритм оценки синхронизации частоты относительно вариантов осуществления настоящего изобретения.

Согласно иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения начальная синхронизация частоты оценивается посредством вычисления коэффициента корреляции между данными в символе OFDM и циклическим префиксом в первом символе OFDM в пределах каждого кадра, имеющем размер FFT, отличный от размера FFT типичного символа OFDM. Уравнение (7), приведенное ниже, может быть выведено из

символа OFDM, имеющего размер FFT N.

$$\Delta f = \hat{\phi}_0 / (2\pi T) + \hat{g}_0 / T \quad (7)$$

5 В уравнении (7) $\hat{\phi}_0$ обозначает десятичную часть частотного сдвига символа OFDM, имеющего размер FFT N, а \hat{g}_0 обозначает целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую кратному полосы поднесущей. Кроме того, частотный сдвиг символа OFDM, имеющего меньший размер FFT N1, может быть оценен посредством уравнения (8),
10 приведенного ниже.

$$\Delta f = \hat{\phi}_1 / (2\pi T1) + \hat{g}_1 / T1 \quad (8)$$

15 В уравнении (8) $\hat{\phi}_1$ обозначает десятичную часть частотного сдвига символа OFDM, имеющего размер FFT N1, \hat{g}_1 обозначает целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую кратному полосы поднесущей, и T1 обозначает интервал времени, соответствующий данным за исключением длины циклического префикса символа, имеющего размер FFT N1.

20 В отличие от уравнения (1), показывающего повторение контрольных данных, имеющих длину половины символа OFDM, уравнение (8) показывает оценку частотного сдвига, используя коэффициент корреляции между данными символа OFDM, соответствующими разности длин одного OFDM символа, и циклическим префиксом. Поэтому, диапазон десятичной части частотного сдвига оценивается в пределах абсолютного значения
25 половины длины полосы поднесущей, а неоднозначность определяется целым числом, умноженным на полосу поднесущей, вместо целого числа, умноженного на удвоенную полосу поднесущей.

30 Когда один символ OFDM каждого кадра разделен на две части FFT, имеющие размеры N1 и N2, и используются данные, подвергнутые второй части FFT, имеющей размер N2, частотный сдвиг может быть оценен посредством уравнения (9), приведенного ниже.

$$\Delta f = \hat{\phi}_2 / (2\pi T2) + \hat{g}_2 / T2 \quad (9)$$

35 В уравнении (9) $\hat{\phi}_2$ обозначает десятичную часть частотного сдвига символа OFDM, имеющего размер FFT N2, \hat{g}_2 обозначает целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую кратному полосы поднесущей, и T2 обозначает интервал времени, соответствующий данным за исключением длины циклического префикса, имеющего
40 размер FFT N2.

Используя уравнения (7)-(9), возможно определить одиночный частотный сдвиг Δf в соответствии с выбором N1 или N2 относительно N.

45 Для случая, в котором один символ OFDM в пределах каждого кадра передается после того, как он был подвергнут FFT, имеющему размер N1, или после того, как он был разделен на две части посредством преобразований FFT, имеющих размеры N1 и N2, как описано выше, различные примеры передачи циклического префикса и данных OFDM в соответствии с координатами времени и частоты будут подробно описаны со ссылками на Фиг.8-10.

50 Фиг.8 - график, иллюстрирующий способ передачи циклического префикса и данных OFDM в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Со ссылкой на Фиг.8, циклический префикс 802 - повторяющийся фрагмент в самом конце символа 801 OFDM с длительностью L во временной области, добавляется в самое начало символа 801 OFDM, который был подвергнут преобразованию FFT размера N, и

затем символ 801 передается. Далее, переданный символ OFDM, подвергнувшийся преобразованию FFT размера N1 и N2, содержит часть FFT и сопровождается частью 803 FFT размера N1 с соответствующим циклическим префиксом 805 и частью 804 FFT размера N2 с соответствующим циклическим префиксом 806. В этом случае, если

5 произошел частотный сдвиг Δf , то частотный сдвиг имеет отличающиеся десятичную

часть и целочисленную часть, в зависимости от размера преобразования FFT.

Например, если в этом примере принять, что N=16, N1=9 и N2=7, то T/T1=1,178 и T/T2=2,286. Как видно из Таблицы 1, приведенной ниже, если $\Delta f \cdot T = 2,5$, то десятичная часть

10 частотного сдвига в символе OFDM, имеющем FFT размера N, есть $1,0\pi$ ($\phi_0 = 1,0\pi$), а

десятичные части частотного сдвига в символе OFDM, имеющем преобразования FFT размеров N1 и N2, есть $1,444\pi$ и $0,428\pi$ соответственно (то

есть $\phi_1 = 1,444\pi$ и $\phi_2 = 0,428\pi$). Следовательно, теоретически возможно получить

15 десятичные части ϕ_0 , ϕ_1 и ϕ_2 и целочисленные части g_0 , g_1 и g_2 частотного сдвига,

совпадающие с Δf .

$\Delta f \cdot T = 2,5$		$g_0 = 2$	$\phi_0 = 1,0\pi$
Уравнение (8)	T/T1=1,178	$g_1 = 1$	$\phi_1 = 1,444\pi$
Уравнение (9)	T/T2=2,286	$g_2 = 1$	$\phi_2 = 0,428\pi$

20

Далее, целочисленные части, соответствующие десятичным частям частотного сдвига, могут быть предоставлены в виде табличной информации в приемнике.

25

При реальном оценивании частотного сдвига может быть добавлена ошибка оценивания, что делает трудным достичь точной оценки частотного сдвига. Ошибка оценивания может быть уменьшена посредством правильного задания значения N1 или значений N1 и N2. Кроме того, возможно получить более точный и более четкий частотный сдвиг с помощью повторения оценки, проверки и, затем, оценки частотного сдвига заново.

30

В системе OFDM в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения один символ OFDM, включающий в себя фрагменты данных в количестве N, передается вместе с циклическими префиксами в количестве L. В иллюстративном варианте осуществления, показанном на Фиг.8, циклические префиксы располагаются в двух местоположениях, исходя из FFT, и общая длина циклических префиксов равна таковой в случае, когда символ OFDM имеет FFT размера N. Однако в этом случае, рабочие

35

характеристики приема могут ухудшиться вследствие длины задержки, соответствующей замиранию при многолучевом распространении. Фиг.9 - график, иллюстрирующий способ передачи циклического префикса и данных OFDM в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения, в котором один символ в каждом кадре передается после разделения в двух преобразованиях FFT.

40

Со ссылкой на Фиг.9, циклические префиксы 903 и 904, имеющие одинаковый размер L, такой же как типичные символы OFDM, имеющие FFT размера N, помещаются перед двумя частями 901 и 902, имеющими размеры N1 и N2. Принимая во внимание размер циклических префиксов, размеры N1 и N2 двух частей данных могут быть уменьшены для того, чтобы вставить дополнительные циклические префиксы в пределах диапазона, определяемого одним символом OFDM и количеством всех фрагментов соответствующих циклических префиксов.

45

Фиг.10 - график, иллюстрирующий способ передачи циклического префикса и данных OFDM в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения, в котором один символ OFDM в каждом кадре передается в состоянии, в котором он имеет размер N1 меньше, чем N.

50

Со ссылкой на Фиг.10, один символ 1003 OFDM в каждом кадре подвергается FFT размера N1, а другие символы 1001 OFDM подвергаются FFT размера N, а затем они

передаются вместе с циклическими префиксами, каждый из которых имеет размер L . В случае циклического префикса 1004 для символа 1003 OFDM, подвергнутого FFT установленного размера N_1 , может быть передан удлиненный циклический префикс 1004, потому что размер FFT был уменьшен с N до N_1 .

5 Как описано выше, Фиг.8-10 иллюстрируют примеры усовершенствований при выполнении начальной синхронизации частоты посредством использования символов OFDM, преобразованных посредством FFT с размером меньше, чем N , вместо символов OFDM, преобразованных посредством FFT размера N , которыми варианты осуществления настоящего изобретения не ограничиваются.

10 В дальнейшем иллюстративные последовательности операций передатчика и приемника, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения, будут описаны со ссылками на Фиг.11 и 12. Следующие последовательности операций являются примером передачи символов OFDM, которые разделены на части, соответствующие преобразованиям FFT размера N_1 и N_2 , для начальной синхронизации частоты.

15 Фиг.11 - блок-схема последовательности операций приемника в системе OFDM в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Со ссылкой на Фиг.11, когда начинается передача данных, на этапе 1101 передатчик определяет, выбирать ли FFT с размером N или FFT с размером меньше, чем N . В результате определения, когда необходимо передавать символ OFDM, соответствующий FFT размера N , на этапе 1102 передатчик берет символы данных в количестве N и на этапе 1103 выполняет преобразование IFFT размера N в отношении этих символов данных для того, чтобы переместить символы во временную область. Затем, на этапе 1104 передатчик вставляет циклические префиксы размера L в символы данных временной области, на этапе 1105 передает символы OFDM и затем возвращается на этап 1101.

25 В результате определения на этапе 1101, когда необходимо передавать символ OFDM, соответствующий FFT, имеющему размер меньше, чем N , на этапе 1110 передатчик берет символы данных в количестве N_1 или (N_1+N_2) , и на этапе 1112 выполняет преобразование IFFT размера N_1 в отношении этих символов данных. Затем, на этапе 1113 передатчик выполняет преобразование IFFT размера N_2 в отношении этих символов данных. Здесь, если необходимо, этап 1113 может быть пропущен. Когда выполнен этап 1113, сначала выполняется N_2 -точечное преобразование IFFT символов данных, и N символов OFDM затем разделяются на N_1 символов и N_2 символов для преобразования FFT (причем N_1 и N_2 каждый меньше, чем N), как показано на Фиг.9 и 10. Однако в примере, показанном на Фиг.11, IFFT выполняется только для символов данных в количестве N_1 . После этого, на этапе 1114 передатчик вставляет префиксы CP в преобразованные IFFT символы данных и выводит символы OFDM, которые должны быть переданы, и затем на этапе 1105 передает символы OFDM, которые были подвергнуты IFFT размера меньше, чем N .

40 В дальнейшем, последовательность операций приемника, который принимает символы OFDM, переданные передатчиком, работающим как описано выше, будут описаны со ссылкой на Фиг.12.

Фиг.12 - блок-схема последовательности операций приемника в системе OFDM в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

На этапе 1201 приемник принимает и накапливает символы OFDM, включающие префиксы CP. Всякий раз, когда он принимает каждый из символов OFDM, приемник восстанавливает принятый вновь символ OFDM. Затем, на этапе 1202 приемник вычисляет коэффициент корреляции между данными в символе OFDM и соответствующим циклическим префиксом с интервалом времени N символов данных для каждого из принятых символов OFDM и вычисляет коэффициент корреляции между данными в символе OFDM и соответствующим циклическим префиксом с интервалом времени N_1 символов данных. Когда один символ OFDM разделен на две части FFT, на этапе 1203 значение корреляции вычисляется с интервалом времени N_1 символов данных, а также на этапе 1204 с интервалом времени N_2 символов данных.

После этого, на этапах 1205 и 1206 приемник определяет, являются ли вычисленные

значения корреляции для интервалов времени N и N_1 символов данных больше, чем первое и второе предустановленные пороговые значения соответственно. Далее, когда один символ OFDM был разделен на две части для преобразования FFT, как показано на Фиг.9 и 10, на этапе 1207 приемник определяет, превышает ли вычисленное значение корреляции относительно интервала времени N_2 символов данных третье предустановленное пороговое значение.

Когда на этапах 1205-1207 каждое из вычисленных значений корреляции удовлетворяет условиям при предустановленных пороговых значениях, приемник получает первую синхронизацию частоты, подбирая на этапе 1208 фазу значения корреляции и оценивая десятичную часть частотного сдвига. Когда каждое из вычисленных значений корреляции не удовлетворяет условиям при предустановленных пороговых значениях, приемник переходит к этапу 1209.

Когда десятичная часть частотного сдвига оценена, приемник проверяет, оценена ли, по меньшей мере, одна десятичная часть частотного сдвига с помощью символа OFDM, включающего части FFT отличающихся размеров. Когда, по меньшей мере, одна десятичная часть частотного сдвига не оценена, процесс повторно выполняется на этапах с 1201 по 1209. Когда на этапе 1209 определено, что оценены, по меньшей мере, две десятичные части частотного сдвига, на этапе 1210 приемник получает вторую синхронизацию частоты посредством разрешения неоднозначности и определения целочисленной части частотного сдвига для того, чтобы оценить полный частотный сдвиг.

Полный частотный сдвиг, оцененный с помощью процесса, изображенного на Фиг.12, используется для корректировки частотного сдвига. Для того чтобы уменьшить погрешность в ходе начальной синхронизации частоты, оценка полного частотного сдвига может быть повторена даже после того, как частотный сдвиг скорректирован.

Как описано выше, настоящее изобретение предоставляет способ и устройство для начальной синхронизации частоты, которые могут уменьшить накладные расходы системы в процессе начальной синхронизации частоты системы OFDM и могут получить начальную синхронизацию частоты без передачи контрольного символа OFDM в системе OFDM. Также, настоящее изобретение предоставляет способ и устройство, которые могут получить начальную синхронизацию частоты во временной области, используя циклический префикс и передавая конкретный символ OFDM, имеющий размер данных меньше, чем типичный символ OFDM, в течение каждого кадра в системе OFDM.

Несмотря на то, что настоящее изобретение показано и описано со ссылками на его конкретные иллюстративные варианты осуществления, специалистам в этой области техники будет понятно, что различные изменения в форме и деталях могут быть сделаны в нем без отступления от сущности и объема настоящего изобретения, которые определены прилагаемой формулой изобретения.

Формула изобретения

1. Способ синхронизации частоты в системе Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM), содержащий этапы, на которых:

передают символы так, чтобы размер символа данных конкретного символа OFDM был задан меньшим размера символа данных типичных символов OFDM в пределах кадра;

принимают этот конкретный символ OFDM и вычисляют соответственно коэффициенты корреляции данного конкретного символа OFDM, исходя как из интервала времени соответствующих символов данных, так и интервала времени символов данных типичного символа OFDM;

подбирают соответственно фазы соответствующих коэффициентов корреляции, вычисленных по упомянутому конкретному символу OFDM, и оценивают десятичную часть частотного сдвига; и

определяют целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую десятичной части частотного сдвига, для оценки по существу полного частотного сдвига и получают синхронизацию частоты.

2. Способ по п.1, в котором десятичную часть частотного сдвига оценивают, когда каждый из коэффициентов корреляции больше, чем предустановленное пороговое значение.

3. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап, на котором разделяют символы данных упомянутого конкретного символа OFDM на, по меньшей мере, две части, соответствующие Быстрому Преобразованию Фурье (FFT-части).

4. Способ по п.1, в котором коэффициент корреляции соответствует значению корреляции между символом данных и соответствующим циклическим префиксом в символе OFDM.

5. Способ по п.1, в котором для типичного символа OFDM, имеющего размер символа данных N , частотный сдвиг оценивается посредством уравнения, выраженного как

$$\Delta \hat{f} = \hat{\phi}_0 / (2\pi T) + \hat{g}_0 / T,$$

где $\hat{\phi}_0$ - десятичная часть частотного сдвига соответствующего символа OFDM, а \hat{g}_0 - целочисленная часть частотного сдвига.

6. Способ по п.5, в котором, когда конкретный символ OFDM имеет размер символа данных $N1$, частотный сдвиг оценивается посредством уравнения, выраженного как

$$\Delta \hat{f} = \hat{\phi}_1 / (2\pi T1) + \hat{g}_1 / T1,$$

где $\hat{\phi}_1$ - десятичная часть частотного сдвига соответствующего символа OFDM, \hat{g}_1 - целочисленная часть частотного сдвига, а $T1$ - интервал времени символов данных, имеющих размер $N1$.

7. Способ по п.5, в котором, когда конкретный символ OFDM разделен на две FFT-части и второй символ данных конкретного символа OFDM имеет размер $N2$, частотный сдвиг оценивается посредством уравнения, выраженного как

$$\Delta \hat{f} = \hat{\phi}_2 / (2\pi T1) + \hat{g}_2 / T2,$$

где $\hat{\phi}_2$ - десятичная часть частотного сдвига соответствующего символа OFDM, \hat{g}_2 - целочисленная часть частотного сдвига, а $T2$ - интервал времени символов данных, имеющих размер $N2$.

8. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап, на котором определяют целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую десятичной части частотного сдвига, используя таблицу, содержащую целочисленные части, заранее вычисленные для каждой десятичной части.

9. Способ передачи символов Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM) посредством передатчика для синхронизации частоты в системе OFDM, содержащий этапы, на которых:

выполняют Обратное Быстрое Преобразование Фурье (IFFT) в отношении символов OFDM после задания размера символа данных конкретного символа OFDM в каждом кадре так, чтобы он был меньше, чем размер символа данных типичного символа OFDM в пределах упомянутого кадра; и

вставляют циклический префикс в символы данных этого конкретного символа OFDM, а затем передают символы OFDM.

10. Способ по п.9, дополнительно содержащий этап, на котором разделяют символы данных упомянутого конкретного символа OFDM на, по меньшей мере, две части, соответствующие Быстрому Преобразованию Фурье (FFT-части) и вставляют циклические префиксы в каждую из полученных разделением FFT-частей.

11. Способ по п.10, в котором суммарный размер циклических префиксов, вставленных в каждую из полученных разделением FFT-частей, больше или равен размеру циклического префикса типичного символа OFDM.

12. Способ приема символов Мультиплексирования с Ортогональным Разделением

Частот (OFDM) посредством приемника для синхронизации частоты в системе OFDM, содержащий этапы, на которых:

принимают конкретный символ OFDM, имеющий размер символа данных меньше, чем размер символа данных типичных символов OFDM, и вычисляют соответственно

5 коэффициенты корреляции этого конкретного символа OFDM, исходя как из интервала времени соответствующих символов данных, так и интервала времени типичных символов OFDM; подбирают соответственно фазы соответствующих коэффициентов корреляции, вычисленных по упомянутому конкретному символу OFDM, и оценивают десятичную часть частотного сдвига; и

10 определяют целочисленную часть частотного сдвига, соответствующую десятичной части частотного сдвига, для оценки по существу полного частотного сдвига и получают синхронизацию частоты.

13. Способ по п.12, в котором десятичную часть частотного сдвига оценивают, когда каждый из коэффициентов корреляции больше, чем предустановленное пороговое

15 значение.
14. Способ по п.12, дополнительно содержащий этап, на котором разделяют символы данных конкретного символа OFDM на, по меньшей мере, две части, соответствующие Быстрому Преобразованию Фурье (FFT-части).

15. Способ по п.12, в котором коэффициент корреляции соответствует значению

20 корреляции между символом данных и соответствующим циклическим префиксом в символе OFDM.
16. Система Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM) для синхронизации частоты для осуществления связи, содержащая:

передатчик для передачи символов OFDM так, чтобы размер символа данных

25 конкретного символа OFDM был задан меньшим размера символа данных типичных символов OFDM в пределах кадра; и

приемник для приема этого конкретного символа OFDM и вычисления соответственно коэффициентов корреляции данного конкретного символа OFDM, исходя как из интервала времени соответствующих символов данных, так и интервала времени символов данных

30 типичного символа OFDM, для подбора соответственно фаз соответствующих коэффициентов корреляции, вычисленных по упомянутому конкретному символу OFDM, для оценки десятичной части частотного сдвига и определения целочисленной части частотного сдвига, соответствующей десятичной части частотного сдвига, для оценки по существу полного частотного сдвига и получения синхронизации частоты.

35 17. Система по п.16, в которой приемник оценивает десятичную часть частотного сдвига, когда каждый из коэффициентов корреляции больше, чем предустановленное пороговое значение.

18. Устройство для передачи символов Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM) для синхронизации частоты в системе OFDM, содержащее:

40 блок преобразования для выполнения Обратного Быстрого Преобразования Фурье (IFFT) в отношении символов OFDM после задания размера символа данных конкретного OFDM символа в каждом кадре так, чтобы он был меньше, чем размер символа данных типичного символа OFDM в пределах упомянутого кадра; и

45 блок передачи для вставки циклических префиксов в символы данных упомянутого конкретного символа OFDM и последующей передачи упомянутых символов OFDM.

19. Устройство по п.18, в котором:

блок преобразования сконфигурирован для того, чтобы разделять символы данных упомянутого конкретного символа OFDM на, по меньшей мере, две части, соответствующие Быстрому Преобразованию Фурье (FFT-части); и

50 блок передачи сконфигурирован для того, чтобы вставлять циклические префиксы в каждую из полученных разделением FFT-частей.

20. Устройство по п.18, в котором блок передачи сконфигурирован для того, чтобы вставлять циклические префиксы в каждую из полученных разделением FFT-частей,

поддерживая суммарный размер циклических префиксов большим или равным размеру циклического префикса типичного символа OFDM.

21. Устройство для приема символов Мультиплексирования с Ортогональным Разделением Частот (OFDM) для синхронизации частоты в системе OFDM, содержащее:

5 блок корреляции, содержащий, по меньшей мере, одно средство корреляции для приема конкретного символа OFDM, имеющего размер символа данных меньше, чем размер символа данных типичных символов OFDM, и вычисления соответственно коэффициентов корреляции этого конкретного символа OFDM, исходя как из интервала времени соответствующих символов данных, так и интервала времени типичных символов OFDM, для подбора соответственно фаз, соответствующих коэффициентам корреляции, вычисленным по упомянутому конкретному символу OFDM, и для оценки десятичной части частотного сдвига; и

10 блок оценки для оценки по существу полного частотного сдвига посредством определения целочисленной части частотного сдвига, соответствующей десятичной части частотного сдвига, и получения синхронизации частоты.

22. Устройство по п.21, в котором блок корреляции оценивает десятичную часть частотного сдвига, когда каждый из коэффициентов корреляции больше, чем предустановленное пороговое значение.

23. Устройство по п.21, в котором блок корреляции сконфигурирован так, чтобы разделять символы данных конкретного символа OFDM на, по меньшей мере, две части, соответствующие Быстрому Преобразованию Фурье (FFT-части).

24. Устройство по п.21, в котором блок оценки сконфигурирован так, чтобы заранее сохранять таблицу, содержащую целочисленные части, соответствующие десятичной части частотного сдвига.

25

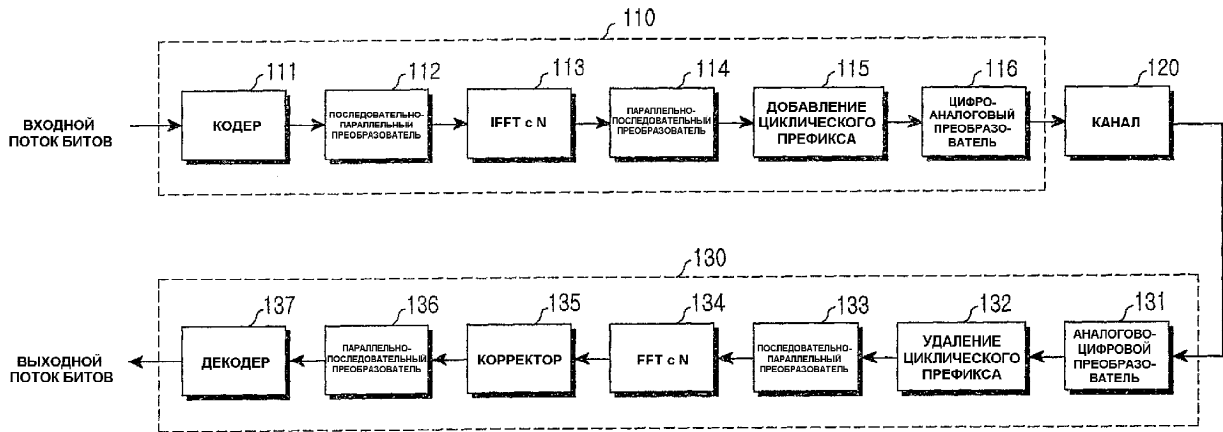
30

35

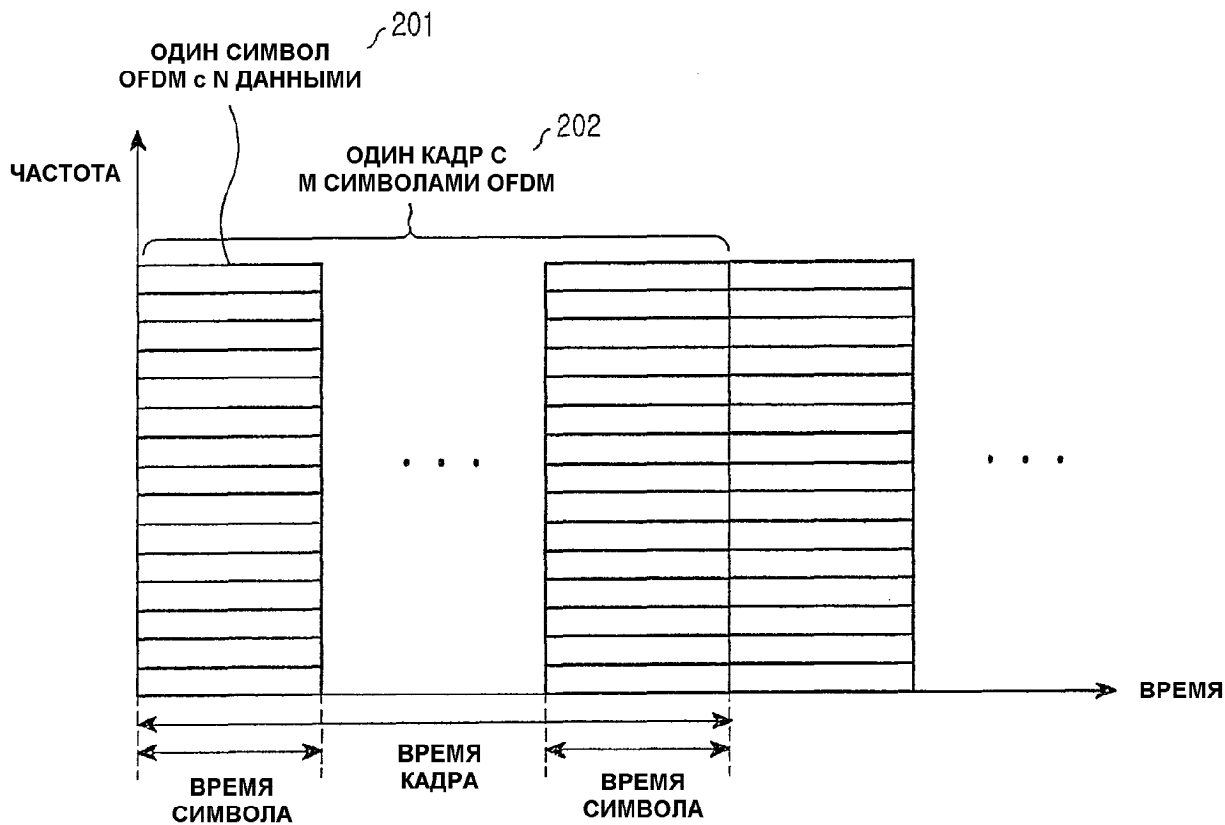
40

45

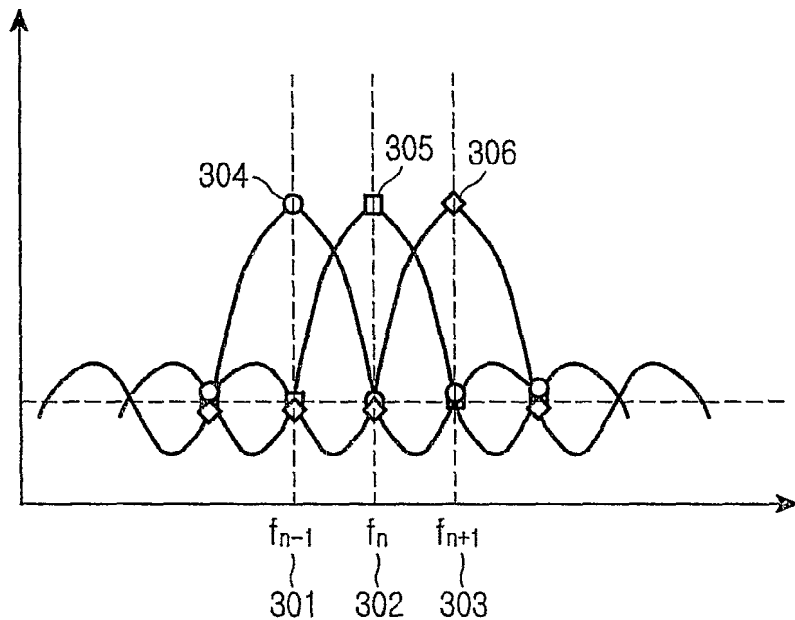
50



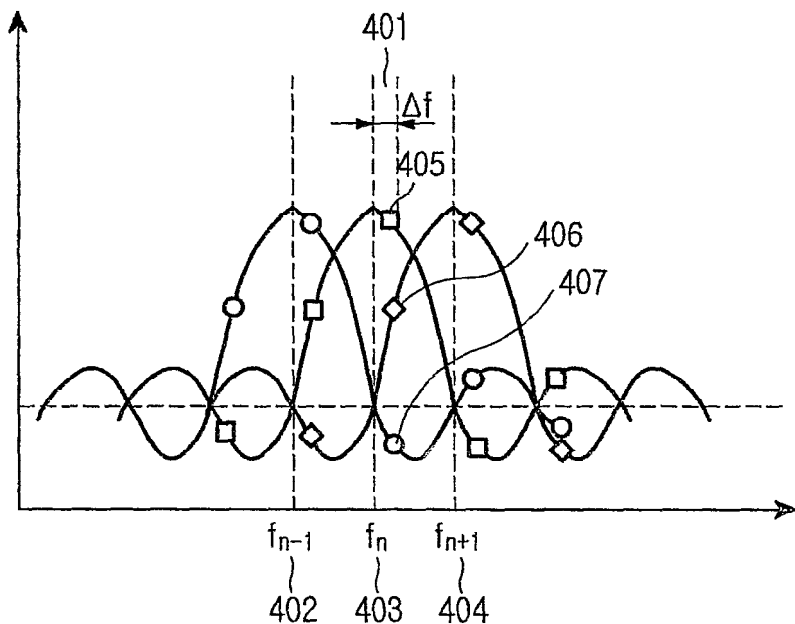
Фиг.1



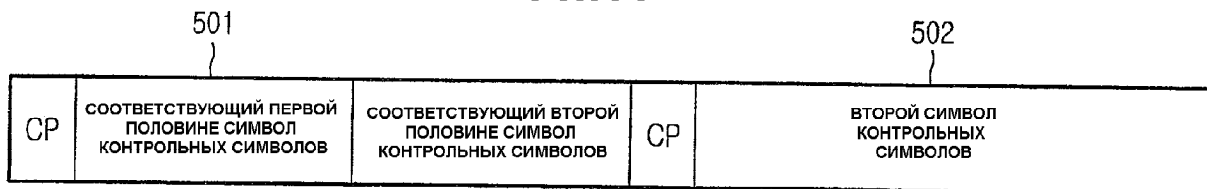
Фиг.2



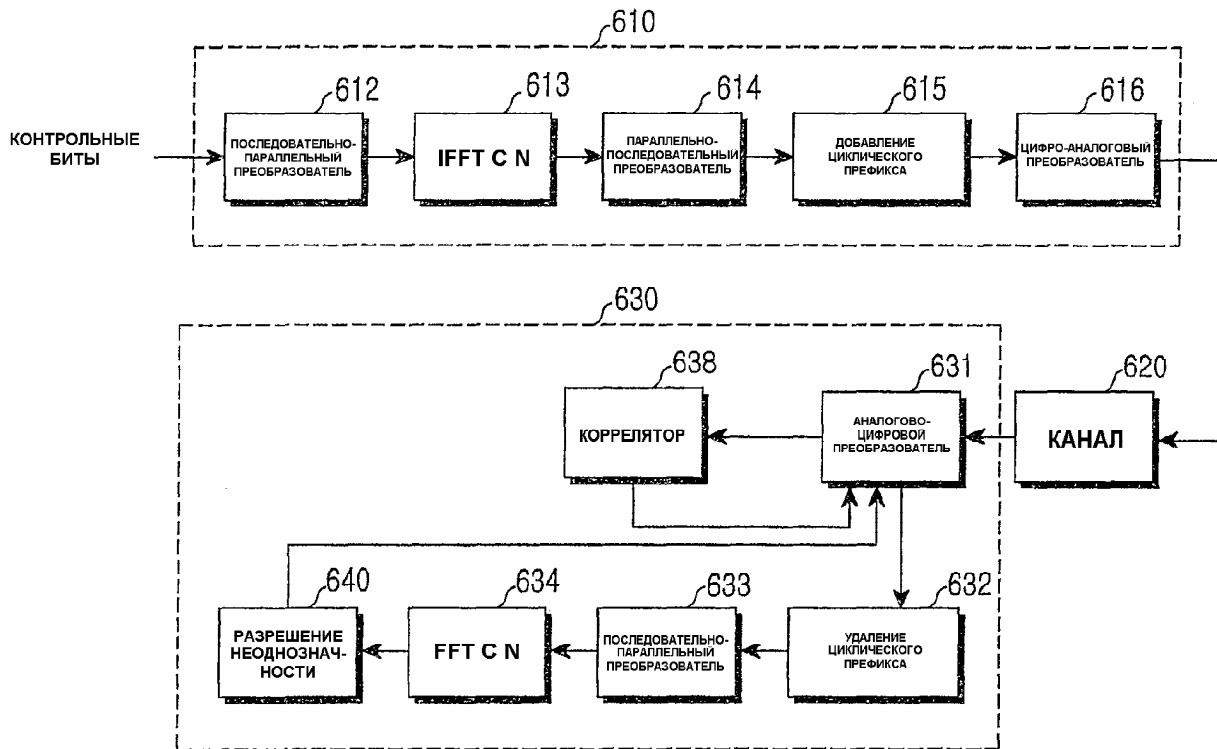
Фиг.3



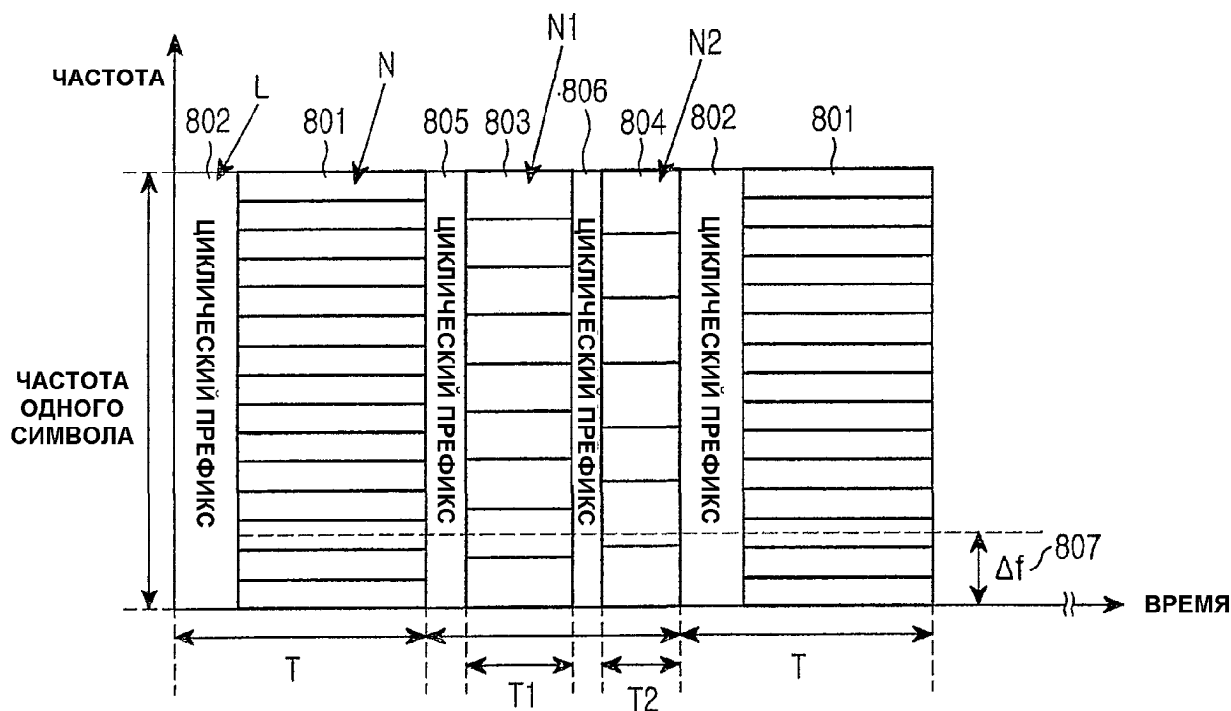
Фиг.4



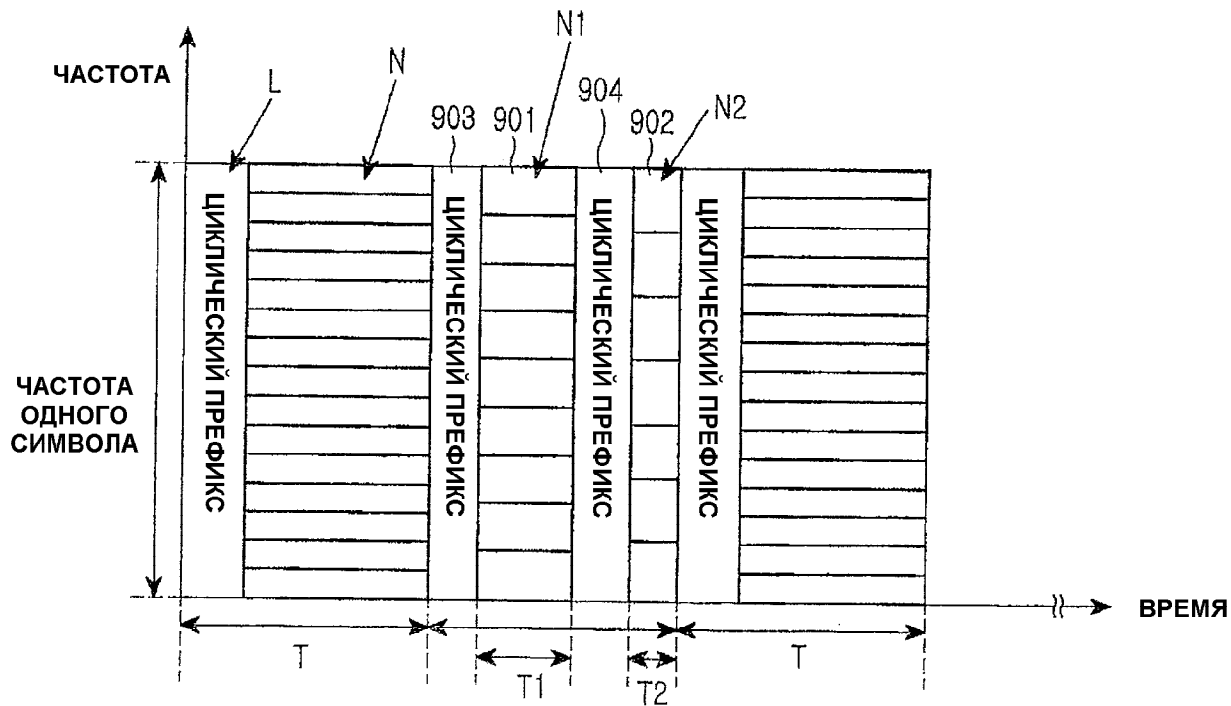
Фиг.5



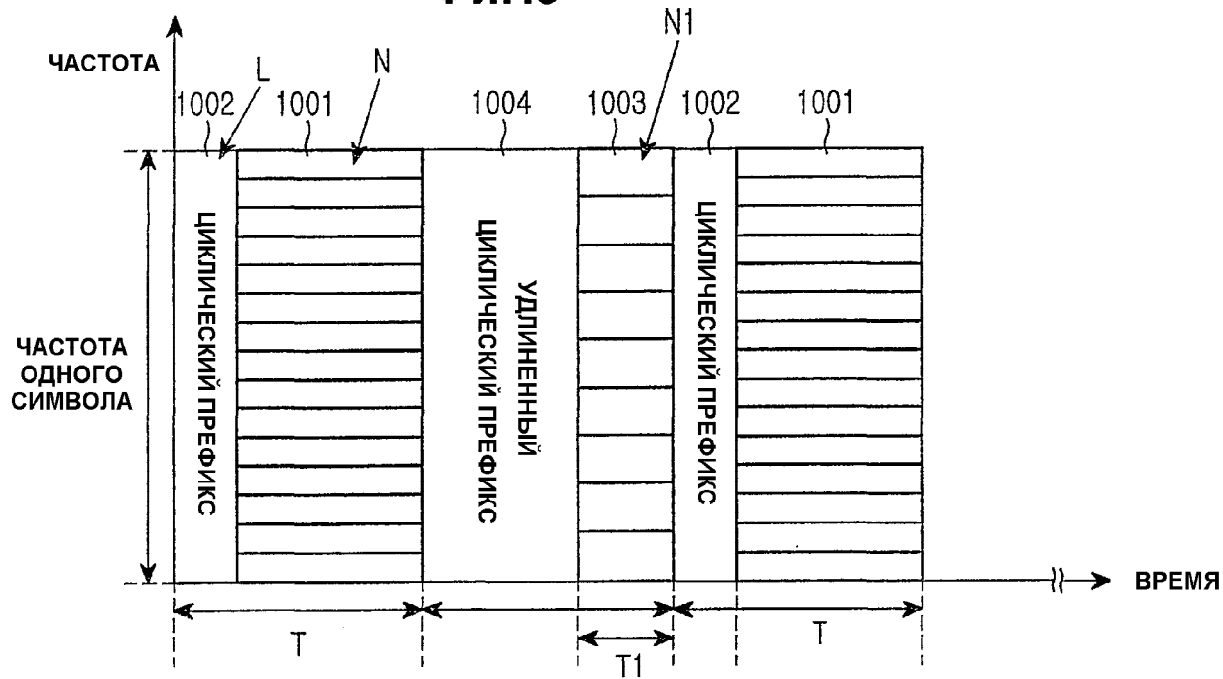
Фиг.6



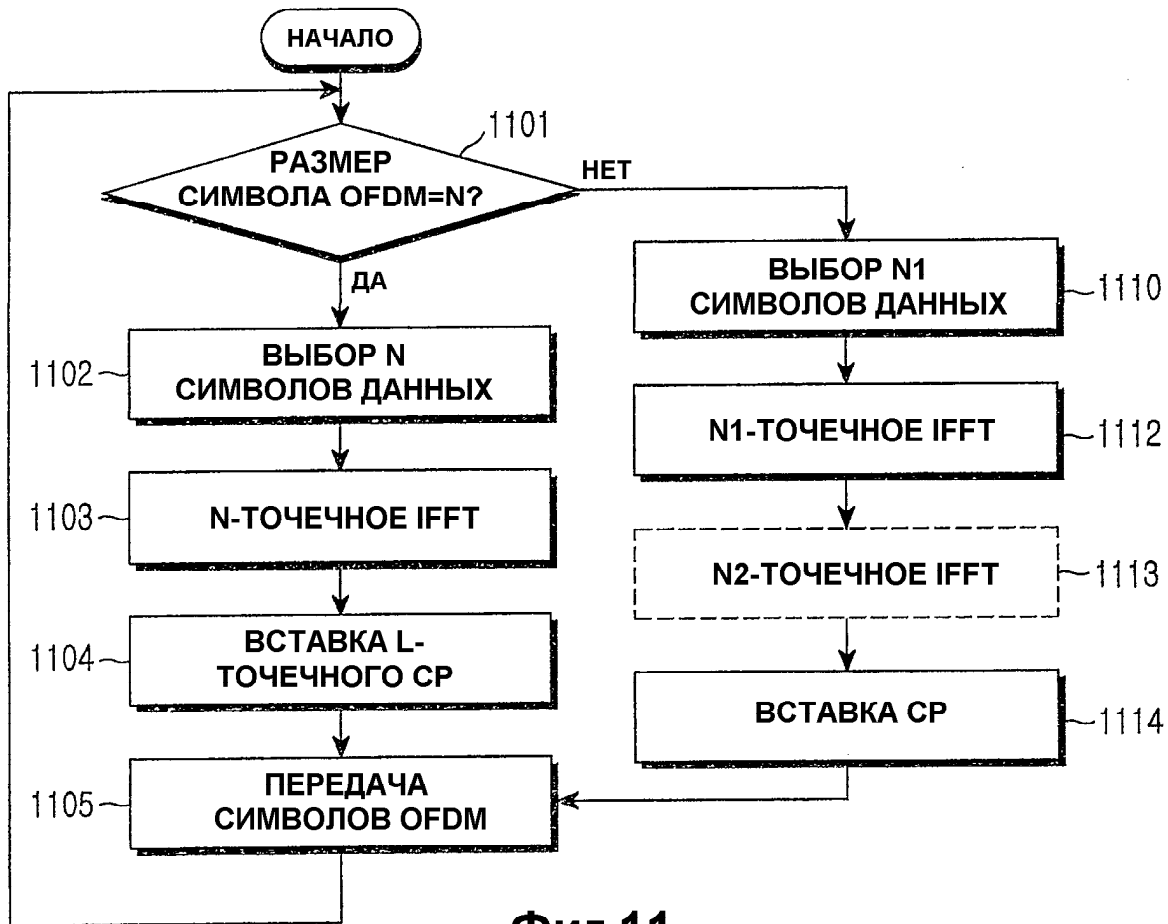
Фиг.8



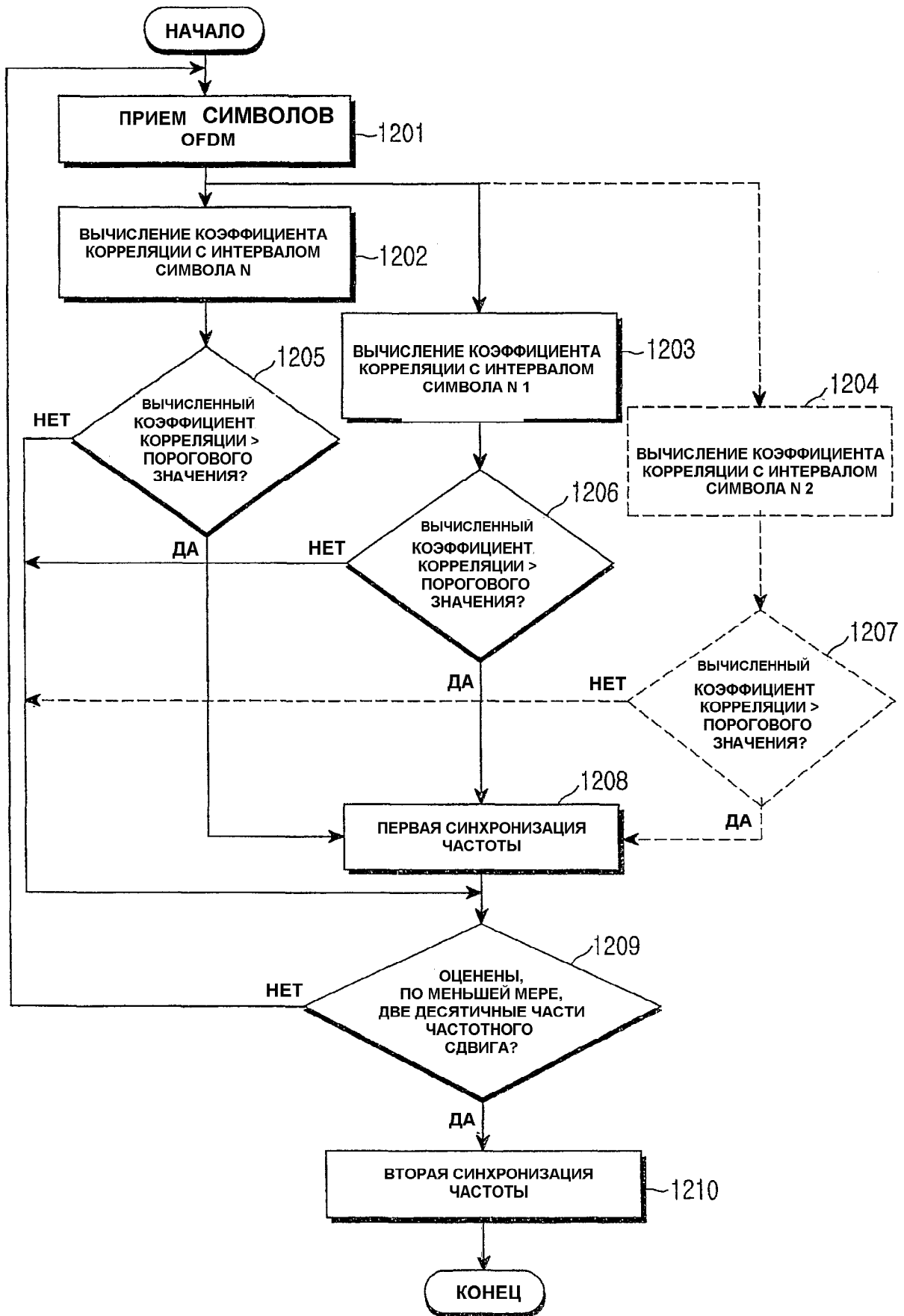
Фиг.9



Фиг.10



Фиг.11



Фиг.12