

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041956**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.12.19

(21) Номер заявки
202191986

(22) Дата подачи заявки
2021.08.13

(51) Int. Cl. **H04B 7/08** (2006.01)
H04L 1/20 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)

(54) **СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ИЛИ КОНТРОЛЯ И СПОСОБ РАДИОСВЯЗИ МЕЖДУ МНОЖЕСТВОМ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКОВ ТАКОЙ СИСТЕМЫ**

(31) **a202005679**

(32) **2020.09.03**

(33) **UA**

(43) **2022.03.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АДЖАКС СИСТЕМС КИПР
ХОЛДИНГС ЛТД (СУ)**

(72) Изобретатель:
**Конотопский Александр
Владимирович (АЕ), Танцюра
Александр Николаевич, Пьянников
Сергей Дмитриевич (UA)**

(74) Представитель:
Абильманова К.С. (KZ)

(56) CC13xx Antenna Diversity. Texas Instruments Incorporated [on-line]. SWRA523B-September 2016-Revised March 2017, 17 p. Retrieved from <https://

www.ti.com/lit/an/swra523b/swra523b.pdf>, с. 2, 4-5, 11, фиг. 1, 7-8

CC13x0, CC26x0 SimpleLink™ Wireless MCU. Technical Reference Manual. Texas Instruments Incorporated [on-line]. Literature Number: SWCU117I. February 2015-Revised June 2020, 1743 pp. Retrieved from <https://www.ti.com/lit/ug/swcu117i/swcu117i.pdf>, с. 15

US-A-5122795

US-B2-7295517

Снижаем энергопотребление приемника S2-LP с помощью режима периодического прослушивания канала. Компэл, [он-лайн] 05.05.2020. Найдено в <https://www.compel.ru/lib/136336>, разделы "Режим периодического прослушивания канала - Sniff mode", "Описание преамбулы", "Таймер быстрого окончания приема", рис. 1-2

US-B2-9893760

RU-C1-2152687

RU-C2-2475986

(57) Изобретение принадлежит к системам безопасности или контроля множества датчиков. В частности, изобретение касается сетей передачи измеряемых величин, управляющих или подобных сигналов путем моделирования сигналов на несущих частотах с использованием беспроводной электрической связи, преимущественно с использованием радиосвязи. Способ радиосвязи между множеством приемопередатчиков системы безопасности или контроля включает трансляцию радиосигнала, содержащего, по меньшей мере, преамбулу и тело пакета, и поиск преамбулы через множество антенн k1 одного приемопередатчика с поочередным периодическим подключением каждой антенны для поиска преамбулы с последующей оценкой качества радиосигнала по сравнению с заданным уровнем радиосигнала после получения преамбулы и выбором антенны с максимальным уровнем радиосигнала, через которую начинают синхронизацию приемопередатчиков для приема тела пакета. Причем при трансляции радиосигнала периодически переключают радиочастоту между набором заданных радиочастот k2, а при поочередном периодическом подключении каждой антенны для поиска преамбулы периодически переключают радиочастоту между радиочастотами из набора заданных радиочастот k2 для подключенной антенны, причем минимальную длительность преамбулы для трансляции радиосигнала определяют соотношением $T1=(k1 + k2) \cdot T$, где T1 - длительность трансляции преамбулы, мс, T - длительность подключения одной антенны приемопередатчика на одной радиочастоте, мс, при этом после получения преамбулы при выборе антенны с максимальным уровнем радиосигнала частоту, на которой получена преамбула, назначают опорной (несущей) частотой с последующей синхронизацией приемопередатчиков через выбранную антенну и опорную частоту. Также заявлена система безопасности или контроля, в которой реализован описанный способ.

B1**041956****041956 B1**

Область применения

Изобретение принадлежит к системам безопасности или контроля множества датчиков. В частности, изобретение касается сетей передачи измеряемых величин, управляющих или подобных сигналов путем моделирования сигналов на несущих частотах с использованием беспроводной электрической связи, преимущественно с использованием радиосвязи.

Системы безопасности, контроля и охраны объектов включают множество датчиков для измерения величин (датчики движения, датчики удара, датчики объема, датчики утечки газов, датчики затопления, извещатели пожарные, световые и звуковые) и других приборов фиксации состояния окружающей среды, таких как видеокамеры и т.п. Датчики выполнены как приемопередатчики измеряемых величин с помощью радиосигналов с пакетами данных на серверы и другое коммуникационное и управляющее оборудование, которое входит в указанные системы. Датчики передают данные на одном или нескольких радиоканалах. Для этого по меньшей мере один из совокупности приемопередатчиков такой системы содержит радиомодуль, соединенный с антенной, и микроконтроллер, соединенный с радиомодулем. Микроконтроллер обрабатывает радиосигналы, которые получены радиомодулем через антенну, для получения пакетов данных от датчиков.

Существует проблема снижения уровня достоверности передачи сигналов в беспроводных сетях таких систем. Такая проблема связана, как правило, с возникновением условий, затрудняющих прием радиосигнала, таких как интерференционные ямы, которые образуются из-за множественного отражения электромагнитных волн от большого количества препятствий на их пути (стены помещения, мебель или люди в нем и т.п.). Такая проблема решается разнесенными в пространстве антеннами приемопередатчика, который принимает сигналы от датчиков. Такая технология известна под названием "Antenna Diversity" (Siri Johnsrud and Sverre Hellan, Texas Instruments Incorporated: Antenna Diversity, Application Report SWRA469, October 2014, режим доступа <http://www.ti.com/lit/an/swra469/swra469.pdf>) и позволяет повысить надежность радиосвязи и повысить вероятность доставки пакетов данных для конкретного датчика, извещателя или прибора фиксации в условиях нестабильного радиоприема.

Например, реализация разнесенного приема и передачи радиосигнала компанией Texas Instruments Incorporated известна из публикации Application Report, SWRA523B-September 2016-Revised March 2017, CC13xx Antenna Diversity, March 2017.

Даже при использовании приемопередатчика с разнесенными в пространстве антеннами остается нерешенной другая проблема, которая заключается в снижении надежности передачи сигналов, связанная с занятостью рабочей частоты, на которой приемопередатчики системы безопасности, контроля и охраны объектов обмениваются радиосигналами. Причиной занятости рабочей частоты может быть другая система, расположенная близко и которая работает на этой же частоте, а также другие факторы.

Указанная проблема занятости рабочей частоты решается созданием дополнительных радиоканалов, что повышает надежность передачи сигналов в системе безопасности или контроля. Одним из таких очевидных решений является использование приемопередатчика с четырьмя независимыми радиоканалами. Для этого приемопередатчик имеет отдельный радиомодуль для каждого радиоканала, соединенный с отдельной антенной. Пример такого приемопередатчика представлен на фиг. 1, где MCU - микроконтроллер, RFM1-RFM4 - отдельные радиомодули, ANT1-ANT4 - отдельные антенны, которые соединены с соответствующими радиомодулями RFM1-RFM4, F1 - радиочастота, на которой работает RFM1 с ANT1 и RFM2 с ANT2; F2 - радиочастота, на которой работает RFM3 с ANT3 и RFM4 с ANT4. То есть каждый радиомодуль RFM1-RFM4 работает с отдельной антенной/частотой. В результате такой приемопередатчик работает на четырех независимых радиоканалах: F1ANT1, F1ANT2, F2ANT3, F2ANT4, чем решается проблема занятости рабочей частоты. Недостатками такого решения является высокая себестоимость приемопередатчика, обусловленная использованием одновременно четырех радиомодулей и соответствующих им антенн, а также увеличенные габариты приемопередатчика и расходы на коммутацию.

В основу изобретения была поставлена задача разработки способа радиосвязи между множеством приемопередатчиков такой системы, который устраняет проблему занятости рабочей частоты, и одновременно реализуется с помощью меньшего количества элементов приема/передачи радиосигнала (упрощение конструкции приемопередатчика по сравнению с прямым и очевидным решением этой проблемы). Реализация такого способа приведет к уменьшению габаритов приемопередатчика и соответственно его себестоимости. Дополнительной задачей является повышение скорости определения преамбулы и последующего приема тела пакета.

Поставленная задача решается таким образом, что в способе радиосвязи между множеством приемопередатчиков системы безопасности или контроля, который включает трансляцию радиосигнала, содержащего, по меньшей мере, преамбулу и тело пакета, и поиск преамбулы через множество антенн k1 одного приемопередатчика с поочередным периодическим подключением каждой антенны для поиска преамбулы с последующей оценкой качества радиосигнала по сравнению с заданным уровнем радиосигнала после получения преамбулы и выбором антенны с максимальным уровнем радиосигнала, через которую начинают синхронизацию приемопередатчиков для приема тела пакета, согласно изобретению, при трансляции радиосигнала периодически переключают радиочастоту между набором заданных ра-

диочастот k_2 , а при поочередном периодическом подключении каждой антенны для поиска преамбулы периодически переключают радиочастоту между радиочастотами из набора заданных радиочастот k_2 для подключенной антенны, причем минимальную длительность преамбулы для трансляции радиосигнала определяют соотношением $T_1 = (k_1 + k_2) \cdot T$, где T_1 - длительность трансляции преамбулы, мс, T - длительность подключения одной антенны приемопередатчика на одной радиочастоте, мс, при этом после получения преамбулы при выборе антенны с максимальным уровнем радиосигнала частоту, на которой получена преамбула, назначают опорной (несущей) частотой с последующей синхронизацией приемопередатчиков через выбранную антенну и опорную частоту.

Описанный выше способ позволяет получить эффект четырех независимых каналов (как и в способе с использованием отдельного радиомодуля с отдельной антенной для каждого радиоканала), но с помощью одного радиомодуля и двух антенн. Таким образом, снижают стоимость приемопередатчика (в случае использования четырех радиомодулей приемопередатчик упрощается на три радиомодуля и две антенны), а также уменьшают габариты устройства. Причем способ радиосвязи между множеством приемопередатчиков с использованием такого приемопередатчика устраняет проблему занятости рабочей частоты и повышает надежность радиосвязи в системе безопасности или контроля.

С определенным интервалом микроконтроллер дает команду коммутатору на переключение антенны (поочередное периодическое подключение каждой антенны для поиска преамбулы). В каждый из этих временных периодов микроконтроллер знает, с какой антенной он работает (на какую антенну в данный момент ведется прием), и анализирует состояние эфира, сравнивая его с текущей приемной антенной, для оценки качества радиосигнала по сравнению с заданным уровнем радиосигнала после получения преамбулы и выбором антенны с максимальным уровнем радиосигнала, через которую начинают синхронизацию приемопередатчиков для приема тела пакета.

При сравнении предложенного способа со способом разнесенного приема и передачи радиосигнала компании Texas Instruments Incorporated (упомянутая выше публикация Application Report, SWRA523B-September 2016-Revised March 2017, CC13xx Antenna Diversity, March 2017) выяснено следующее. В способе компании Texas Instruments, если первая антенна пропускает ожидаемую преамбулу и уровень сигнала оказывается слишком низким для приема на вторую антенну, то повтор приема преамбулы занимает два временных интервала (слоты). После обнаружения преамбулы необходимо вновь проверить ее прием на второй антенне. Это приводит к потере четырех временных интервалов и существенно снижает скорость определения преамбулы. Согласно предложенному способу, для определения преамбулы используют только два периода: первый период для получения преамбулы и второй период - для проверки на второй антенне. После этого выбирают антенну с максимальным уровнем радиосигнала, на которой получена преамбула, что позволяет сразу осуществить прием синхрослова. При этом не нужно проверять еще раз присутствие преамбулы, а уже перейти к приему тела пакета. Таким образом повышают скорость определения преамбулы и приема тела пакета по сравнению с известным способом компании Texas Instruments Incorporated.

Согласно одному из предпочтительных вариантов выполнения способа, используют приемопередатчик с множеством антенн k_1 , которое равняется 2. В этом случае набор заданных радиочастот k_2 приемопередатчика равняется 2.

Согласно другому предпочтительному варианту выполнения способа, оценка качества радиосигнала включает циклическое определение уровня сигнала в текущий момент с последующим формированием массива уровней сигнала и определением уровня шума по всем частотам из набора заданных радиочастот k_2 .

Согласно одному из предпочтительных вариантов выполнения способа, оценка качества радиосигнала включает переключение с антенны, которой принята преамбула, на другую антенну для сравнения уровня сигнала с последующим выбором антенны с максимальным уровнем радиосигнала.

Согласно одному из предпочтительных вариантов выполнения способа, синхронизация приемопередатчиков включает ожидание синхрослова приемопередатчиком, которым принята преамбула, в течение периода T_2 с последующим приемом тела пакета в течение периода T_3 .

Согласно предыдущему варианту выполнения способа, циклический поиск преамбулы начинают после окончания периода T_2 и отсутствия синхрослова, или после окончания периода T_3 .

В основу изобретения также была поставлена задача разработки системы радиосвязи между множеством приемопередатчиков для реализации описанного выше способа. Система должна устранять проблему занятости рабочей частоты, и одновременно должна базироваться на приемопередатчике с меньшим количеством элементов, необходимых для приема/передачи радиосигнала (упрощение конструкции приемопередатчика и уменьшение его габаритов и себестоимости).

Такая задача решается тем, что система безопасности или контроля, в которой осуществляют обмен данными согласно описанному выше способу, содержит множество приемопередатчиков, каждый из которых пригоден для приема и передачи радиосигнала, а по меньшей мере один из которых содержит радиомодуль, соединенный с высокочастотным коммутатором, совокупность выходов которого соединена с множеством антенн k_1 , и микроконтроллер, соединенный с радиомодулем и с высокочастотным коммутатором, причем радиомодуль выполнен для работы на радиочастотах k_2 , а микроконтроллер выпол-

нен для периодического выполнения цикла поиска преамбулы путем: загрузки радиочастоты из набора заданных радиочастот k_2 в радиомодуль, подключения антенны из множества антенн k_1 через высокочастотный коммутатор с последующим поиском преамбулы на установленной радиочастоте через подключенную антенну, подключения другой антенны из множества антенн k_1 с последующим поиском преамбулы на установленной предварительно радиочастоте через подключенную антенну, загрузки другой радиочастоты из набора заданных радиочастот k_2 в радиомодуль с последующим поиском преамбулы на установленной радиочастоте через подключенную предварительно антенну, подключения другой антенны из множества антенн k_1 с последующим поиском преамбулы на установленной предварительно радиочастоте через подключенную антенну, выбора антенны с максимальным уровнем радиосигнала, на которой получена преамбула, и назначения частоты, на которой получена преамбула, опорной (несущей) частотой с последующей синхронизацией приемопередатчиков через выбранную антенну и опорную частоту. Причем другие приемопередатчики из множества приемопередатчиков пригодны для трансляции радиосигнала, содержащего, по меньшей мере, преамбулу и тело пакета, в котором минимальная длительность преамбулы для трансляции радиосигнала определена соотношением $T_1 = (k_1 + k_2) \cdot T$, где T_1 - длительность трансляции преамбулы, мс, T - длительность подключения одной антенны приемопередатчика на одной радиочастоте, мс.

Согласно одному из предпочтительных вариантов выполнения системы, приемопередатчик содержит микроконтроллер с множеством антенн k_1 , которое равняется 2, и набором заданных радиочастот k_2 , который равняется 2.

Согласно другому из предпочтительных вариантов выполнения системы, микроконтроллер пригоден для оценки качества радиосигнала путем циклического определения уровня сигнала в текущий момент с последующим формированием массива уровней сигнала и определением уровня шума по всем частотам из набора заданных радиочастот k_2 .

Согласно другому из предпочтительных вариантов выполнения системы, микроконтроллер пригоден для переключения антенны, которой принята преамбула, на другую антенну для сравнения уровня сигнала с последующим выбором антенны с максимальным уровнем радиосигнала.

Согласно другому из предпочтительных вариантов выполнения системы, микроконтроллер пригоден для установления периода T_2 для ожидания синхрослова приемопередатчиком, которым принята преамбула, и периода T_3 для приема тела пакета.

Согласно предыдущему варианту выполнения системы, микроконтроллер пригоден для восстановления цикла поиска преамбулы после окончания периода T_2 и отсутствия синхрослова, или после окончания периода T_3 .

Изобретение проиллюстрировано следующим примером реализации системы безопасности или контроля и способа радиосвязи между множеством приемопередатчиков такой системы. Перечень чертёй:

фиг. 1 - схема приемопередатчика с четырьмя независимыми радиоканалами, выбранного в качестве аналога предложенному решению;

фиг. 2 - схема приемопередатчика 2 согласно изобретению;

фиг. 3 - временная диаграмма процесса радиосвязи между множеством приемопередатчиков;

фиг. 4 - схема структуры пакета данных, который передается во время радиосвязи между множеством приемопередатчиков 1 и 2;

фиг. 5 - временная диаграмма, иллюстрирующая пример переключения радиочастоты между набором заданных радиочастот на приемопередатчике 1;

фиг. 6 - блок-схема работы приемопередатчика 2 во время многочастотного приема радиосигнала;

фиг. 7 - временная диаграмма прослушивания радиоэфира и поиска пакета приемопередатчиком;

фиг. 8 - временная диаграмма детектирования преамбулы и заголовка принятого пакета;

фиг. 9 - временная диаграмма глушения опорной частоты преамбулой принятого пакета.

Приведенные примеры не ограничивают другие возможные варианты изобретения, а только объясняют его сущность.

На фиг. 1-9 использованы следующие обозначения:

1 - приемопередатчик (датчик),

2 - приемопередатчик (приемник радиосигнала датчика),

3 - радиомодуль,

4 - высокочастотный коммутатор,

5 - множество антенн K_1 приемопередатчика 2,

6 - микроконтроллер.

Система безопасности или контроля (фиг. 2) содержит множество приемопередатчиков 1 и 2, каждый из которых пригоден для приема и передачи радиосигнала. Множество приемопередатчиков 1 и 2 включает датчики 1 и приемник радиосигнала 2 от датчиков 1. Датчиками 1 могут быть датчики движения, датчики открытия двери, датчики дыма и другие подобные. Каждый из датчиков 1 содержит радиочастотный модуль и антенну. Приемник радиосигнала 2 является устройством, которое получает радиосигнал с пакетом данных от датчиков 1 отдельной системы безопасности или контроля, обрабатывает

полученный пакет данных и формирует радиосигнал в ответ к датчику 1, от которого получен пакет.

Приемник радиосигнала 2 содержит радиомодуль 3, соединенный с высокочастотным коммутатором 4, совокупность выходов которого соединена с множеством антенн k_1 5. На фиг. 2 приведен пример приемника радиосигнала 2 с множеством антенн $k_1=2$ (антенны ANT1 и ANT2). Радиомодуль 3 также соединен с микроконтроллером 6. Микроконтроллер 6 предназначен для обработки радиосигналов, которые поступают с антенн 5 через радиомодуль 3. Микроконтроллер 6 содержит набор заданных радиочастот k_2 . Для примера, проиллюстрированного фиг. 2, применен микроконтроллер 6, который содержит набор заданных радиочастот $k_2=2$ (радиочастоты F1 и F2, по количеству антенн $k_1=2$). Микроконтроллер 6 выполнен для периодического выполнения цикла поиска преамбулы. Для выполнения цикла поиска преамбулы микроконтроллер 6 запрограммирован на следующее: (i) загрузка радиочастоты F1 или F2 из набора заданных радиочастот F1 и F2 в радиомодуль 3, например частоты F1; (ii) подключение антенны ANT1 или ANT2 из множества антенн 4 через высокочастотный коммутатор 4 с последующим поиском преамбулы на установленной радиочастоте F1 через подключенную антенну 5, например антенны ANT1; (iii) подключение другой антенны 5 из множества антенн 5, соответственно антенны ANT2, с последующим поиском преамбулы на установленной предварительно радиочастоте F1 через подключенную антенну 5; (iv) загрузку другой радиочастоты из набора заданных радиочастот, соответственно радиочастоты F2, в радиомодуль 3 с последующим поиском преамбулы на установленной радиочастоте F2 через подключенную предварительно антенну ANT2 5; (v) подключение другой антенны ANT1 5 из множества антенн 5 с последующим поиском преамбулы на установленной предварительно радиочастоте F2 через подключенную антенну 5, (vi) выбор антенны 5 с максимальным уровнем радиосигнала, на которой получена преамбула (или ANT1 или ANT2), и назначение частоты F1 или F2, на которой получена преамбула, опорной (несущей) частотой с последующей синхронизацией приемника радиосигнала 2 и датчика 1, от которого получен радиосигнал, через выбранную антенну 5 и опорную частоту. Микроконтроллер 6 запрограммирован для оценки качества радиосигнала путем циклического определения уровня сигнала в текущий момент с последующим формированием массива уровней сигнала и определением уровня шума по всем частотам из набора заданных радиочастот k_2 . Микроконтроллер 6 запрограммирован на переключение антенны 5, которой принята преамбула, на другую антенну 5, например, с ANT1 на ANT2 или наоборот, для сравнения уровня сигнала с последующим выбором антенны 5 с максимальным уровнем радиосигнала. Микроконтроллер 6 запрограммирован на установление периода T2 для ожидания синхрослова приемопередатчиком 2, которым принята преамбула, и периода T3 для приема тела пакета. Микроконтроллер 6 запрограммирован на восстановление цикла поиска преамбулы после окончания периода T2 и отсутствия синхрослова, или после окончания периода T3.

Способ радиосвязи между множеством приемопередатчиков 1 и 2 в описанной выше системе безопасности или контроля осуществляют следующим образом (фиг. 3). Такой способ предполагает трансляцию радиосигнала, содержащего, по меньшей мере, преамбулу и тело пакета, приемопередатчиком 1. При трансляции радиосигнала приемопередатчиком 1 периодически переключают радиочастоту между набором заданных радиочастот k_2 , для проиллюстрированного примера это радиочастоты F1 и F2. На фиг. 5 показан цикл трансляции преамбулы и тела пакета: (i) отправка 1 на частоте F2, (ii) переключение на частоту F1 и отправка 2 на частоте F1, (iii) переключение снова на частоту F2 и отправка 3 на частоте F2, (iii) переключение на частоту F1 и отправка 4 на частоте F1.

При этом минимальную длительность преамбулы для трансляции радиосигнала определяют соотношением $T_1=(k_1 + k_2) \cdot T$, где T_1 - длительность трансляции преамбулы, мс, T - длительность подключения одной антенны 5 приемопередатчика 2 на одной радиочастоте, мс. Одновременно с этим способ предусматривает поиск преамбулы приемопередатчиком 2 через его множество антенн k_1 5. Согласно примеру, проиллюстрированному на фиг. 2, поиск осуществляется через антенны ANT1 и ANT2 приемопередатчика 2. Для поиска преамбулы поочередно периодически подключают каждую из антенн ANT1 и ANT2 5. При поочередном периодическом подключении каждой антенны 5 периодически переключают радиочастоту между радиочастотами из набора заданных радиочастот k_2 (F1 и F2) для подключенной антенны 5. После получения преамбулы приемопередатчиком 2 выполняют оценку качества радиосигнала по сравнению с заданным уровнем радиосигнала. Оценка качества радиосигнала включает циклическое определение уровня сигнала в текущий момент с последующим формированием массива уровней сигнала и определением уровня шума по всем частотам из набора заданных радиочастот k_2 . Для сравнения уровня сигнала выполняют переключение с антенны 5, которой принята преамбула, на другую антенну 5, после чего выбирают антенну 5 с максимальным уровнем радиосигнала (ANT1 или ANT2). При выборе антенны 5 с максимальным уровнем радиосигнала назначают частоту, на которой получена преамбула (F1 или F2), опорной (несущей) частотой с последующей синхронизацией приемопередатчиков 1 и 2 для приема тела пакета через выбранную антенну 5 и опорную частоту. Синхронизация приемопередатчиков 1 и 2 включает ожидание синхрослова приемопередатчиком 2, которым принята преамбула, в течение периода T2 с последующим приемом тела пакета в течение периода T3. После окончания периода T2 и отсутствия синхрослова, или после окончания периода T3, начинают циклический поиск преамбулы.

Пример поиска преамбулы пакета приемопередатчиком 2 согласно заявленному способу следую-

щий (фиг. 3): (i) микроконтроллер 6 загружает частоту F1 в радиомодуль 3 и через высокочастотный коммутатор 4 выбирает антенну ANT1 5, через которую начинает прием радиосигнала; (ii) через период T, который равен 1 мс, микроконтроллер 6 на той же частоте F1 переключается на антенну ANT2 5 и начинает прием радиосигнала через антенну ANT2 5; (iii) через 1 мс микроконтроллер 6 перезагружает частоту F2 в радиомодуль 3 и через высокочастотный коммутатор 4 выбирает антенну ANT1 5 и начинает прием радиосигнала; (iv) через 1 мс микроконтроллер 6 на той же частоте F2 переключается на другую антенну ANT2 5 и начинает прием радиосигнала. То есть период T, длительность подключения одной антенны 5 приемопередатчика 2 на одной радиочастоте, мс, - это период переключения микроконтроллером 6 частоты или антенны. Соответственно прием радиосигнала через каждую антенну (ANT1) осуществляют непрерывно в течение периода, который равен 2T (фиг. 3). Таким образом, согласно приведенному примеру достигают одновременного присутствия приемопередатчика 2 на двух радиочастотах только за счет применения одного радиомодуля.

Пример использования такого способа радиосвязи для целей системы безопасности или контроля следующий: (i) приемопередатчик 1, например датчик открытия двери, посылает сигнал тревоги (радиосигнал) на одной из прописанных в нем частот (F1 или F2) (ii) сигнал тревоги (пакет) содержит преамбулу; (iii) приемопередатчик 2, как приемник радиосигнала, слушает сигнал на прописанных в нем частотах (F1 и F2) через антенны ANT1 и ANT2; (iv) если приемопередатчик 2 обнаруживает сигнал датчика (приемопередатчика 1), он фиксирует наиболее мощный сигнал и замораживает частоту и антенну и дальше работает на этой частоте и антенне вплоть до конца транзакции (приема тела пакета); (v) если пакет полезный, то приемопередатчик 2 формирует ответ, включает передачу и передает ответ в эфир на той же частоте через ту же антенну, которой принят радиосигнал.

Датчики 1 пригодны для трансляции радиосигнала, содержащего, по меньшей мере, преамбулу и тело пакета. Минимальная длительность преамбулы для трансляции радиосигнала определена соотношением $T_1 = (k_1 + k_2) \cdot T$, где T_1 - длительность трансляции преамбулы, мс, T - длительность подключения одной антенны приемопередатчика на одной радиочастоте, мс. Такой выбор длительности преамбулы для примера, где k_1 равняется 2 и k_2 равняется 2, проиллюстрирован фиг. 4. Чтобы пакет от приемопередатчика 1 был гарантированно услышан в эфире приемопередатчиком 2, его преамбула должна присутствовать в эфире как минимум все вышеописанные циклы переключения между антеннами и частотами. Например, для двух частот F1 и F2 и двух антенн ANT1 и ANT2 преамбула должна присутствовать в эфире как минимум все четыре цикла переключения: $T_1 = (2+2)T \rightarrow T_1 = 4T$. Если T, длительность подключения одной антенны 5 приемопередатчика 2 на одной радиочастоте (период переключения) составляет 950 мкс (примерно 1 мс), то минимальная длительность преамбулы составляет $T_1 = 4 \times 950 \text{ мкс} = 3,8 \text{ мс}$. В случае испытания системы безопасности и контроля согласно приведенному примеру была выбрана преамбула величиной в 10 байт, что соответствует ее длительности в 4,2 мс (скорость 19200 бит/с).

Основными этапами этого процесса на фиг. 6 являются: (i) поочередное периодическое переключение антенн и частот микроконтроллером 6, пока не будет зафиксирована опорная (несущая) частота в эфире, поскольку трансляцию радиосигнала с преамбулой и телом пакета всегда осуществляют путем модуляции опорной частоты; (ii) проверка опорной (несущей) частоты на каждой из антенн и выбор наилучшей антенны (по уровню сигнала); (iii) после выбора "замораживают" антенну и частоту, после чего приемопередатчик 2 ожидает синхрослова (синхрослово представляет собой кодовую комбинацию с данными для автоматического распознавания радиосигнала). Длина синхрослова составляет 0,82 мс, а длина преамбулы 4,2 мс, поэтому на ожидание синхрослова включают таймаут на 6 мс (период T2); (iv) если в течение этого времени синхрослово не получают приемопередатчиком 2, то "размораживают" переключение (повторяют циклический поиск преамбулы) и снова начинают поиск опорной частоты; (v) при получении синхрослова включают таймаут на 35 мс (максимальное время для приема пакета, период T3); (vi) после получения пакета или окончания времени ожидания (период T2) снова переходят в режим поиска преамбулы (пакета).

Также может возникнуть ситуация так называемого "залипания" приемопередатчика 2 на одной частоте в случае глушения преамбулой, которая уже принята (постоянного прослушивания эфира только на одном радиоканале). Для того, чтобы приемопередатчик 2 не "залипал" на одном радиоканале в случае глушения принятой преамбулой, уровень полученной преамбулы должен быть выше текущего уровня шума на этом канале на 6 дБ. Для избежания этого применяют алгоритм защиты от глушения преамбулой. Для сравнения шума и полезного сигнала берут окно усреднения размером в 20 семплов (мс). Например, если уровень шума в начале составлял -90 дБ, после чего появилась опорная частота в -40 дБ, то возникает разница в 50 дБ. Затем благодаря окну усреднения средний уровень шума стремится к уровню сигнала, присутствующего в эфире, усредняется и становится равным -40 дБ. Разница между усредненным шумом -40 дБ и сигналом опорной частоты -40 дБ составляет 0 дБ. Поэтому отбрасывают этот сигнал, переключают на другую радиочастоту и начинают наблюдать за ней. Пока есть ощутимая разница между сигналом и усредненным уровнем шума (> 6 дБ), приемопередатчик 2 слушает радиоканал в ожидании пакета. Когда сигнал не отличается от шума, его игнорируют. Без применения этого алгоритма в случае приема преамбулы в -40 дБ на опорной частоте приемопередатчик 2 "залипает" на этом канале.

Это приводит к тому, что приемопередатчик 2 не переключается на другой канал и таким образом становится полностью заглушенным. Поэтому введение ограничения ($> 6\text{db}$) позволяет значительно выделить сигнал на фоне среднего шума. Только при таких условиях сигнал можно обрабатывать. Для этого уровень шума обновляют каждый период прослушивания и, если преамбула глушит сигнал, она сама становится шумом и приемопередатчик 2 на нее уже не реагирует.

На фиг. 7 проиллюстрированы этапы переключения частоты F , верхняя диаграмма, и антенны микроконтроллером 6 приемопередатчиком 2, нижняя диаграмма. На фиг. 8 проиллюстрирован процесс поиска преамбулы приемопередатчиком 2, верхняя диаграмма, и ее детектирование с последующей фиксацией частоты и антенны с максимальным уровнем сигнала, вторая диаграмма. На фиг. 9 проиллюстрирован алгоритм защиты от глушения преамбулой.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ радиосвязи между множеством приемопередатчиков (1) и (2) системы безопасности или контроля, который включает трансляцию радиосигнала, содержащего, по меньшей мере, преамбулу и тело пакета, и поиск преамбулы через множество антенн $k1$ (5) одного приемопередатчика (2) с поочередным периодическим подключением каждой антенны (5) для поиска преамбулы с последующей оценкой качества радиосигнала по сравнению с заданным уровнем радиосигнала после получения преамбулы и выбором антенны (5) с максимальным уровнем радиосигнала, через которую начинают синхронизацию приемопередатчиков (1) и (2) для приема тела пакета, отличающийся тем, что при трансляции радиосигнала периодически переключают радиочастоту между набором заданных радиочастот $k2$, а при поочередном периодическом подключении каждой антенны (5) для поиска преамбулы периодически переключают радиочастоту между радиочастотами из набора заданных радиочастот $k2$ для подключенной антенны (5), причем минимальную длительность преамбулы для трансляции радиосигнала определяют соотношением $T1=(k1 + k2) \cdot T$, где $T1$ - длительность трансляции преамбулы, мс, T - длительность подключения одной антенны (5) приемопередатчика (2) на одной радиочастоте, мс, при этом после получения преамбулы при выборе антенны (5) с максимальным уровнем радиосигнала частоту, на которой получена преамбула, назначают опорной (несущей) частотой с последующей синхронизацией приемопередатчиков (1) и (2) через выбранную антенну (5) и опорную частоту.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют приемопередатчик (2) с множеством антенн $k1$ (5), где $k1$ равняется 2.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что используют приемопередатчик (2) с набором заданных радиочастот $k2$ (5), где $k2$ равняется 2.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что оценка качества радиосигнала включает циклическое определение уровня сигнала в текущий момент с последующим формированием массива уровней сигнала и определением уровня шума по всем частотам из набора заданных радиочастот $k2$.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что оценка качества радиосигнала включает переключение с антенны (5), которой принята преамбула, на другую антенну (5) для сравнения уровня сигнала с последующим выбором антенны (5) с максимальным уровнем радиосигнала.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что синхронизация приемопередатчиков (1) и (2) включает ожидание синхрослова приемопередатчиком (2), которым принята преамбула, в течение периода $T2$ с последующим приемом тела пакета в течение периода $T3$.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что начинают циклический поиск преамбулы после окончания периода $T2$ и отсутствия синхрослова или после окончания периода $T3$.

8. Система безопасности или контроля со способом радиосвязи по п.1, которая содержит множество приемопередатчиков (1) и (2), каждый из которых пригоден для приема и передачи радиосигнала, а по меньшей мере один приемопередатчик (2) из которых содержит радиомодуль 3, соединенный с высокочастотным коммутатором (4), совокупность выходов которого соединена с множеством антенн $k1$ (5), и микроконтроллер (6), соединенный с радиомодулем (3) и с высокочастотным коммутатором (4), причем радиомодуль 3 выполнен для работы на радиочастотах $k2$, а микроконтроллер (6) выполнен для периодического выполнения цикла поиска преамбулы путем

загрузки радиочастоты из набора заданных радиочастот $k2$ в радиомодуль 3, подключения антенны (5) из множества антенн $k1$ (5) через высокочастотный коммутатор (4) с последующим поиском преамбулы на установленной радиочастоте через подключенную антенну (5),

подключения другой антенны (5) из множества антенн $k1$ (5) с последующим поиском преамбулы на установленной предварительно радиочастоте через подключенную антенну (5),

загрузки другой радиочастоты из набора заданных радиочастот $k2$ в радиомодуль 3 с последующим поиском преамбулы на установленной радиочастоте через подключенную предварительно антенну (5),

подключения другой антенны (5) из множества антенн $k1$ (5) с последующим поиском преамбулы на установленной предварительно радиочастоте через подключенную антенну (5),

выбора антенны (5) с максимальным уровнем радиосигнала, на которой получена преамбула, и назначением частоты, на которой получена преамбула, опорной (несущей) частотой с последующей син-

хронизацией приемопередатчиков через выбранную антенну (5) и опорную частоту,

причем другие приемопередатчики (1) из множества приемопередатчиков пригодны для трансляции радиосигнала, содержащего, по меньшей мере, преамбулу и тело пакета, в котором минимальная длительность преамбулы для трансляции радиосигнала определена соотношением $T1=(k1 + k2) \cdot T$, где $T1$ - длительность трансляции преамбулы, мс, T - длительность подключения одной антенны приемопередатчика на одной радиочастоте, мс.

9. Система по п.8, отличающаяся тем, что приемопередатчик (2) содержит множество антенн $k1$ (5), где $k1$ равняется 2.

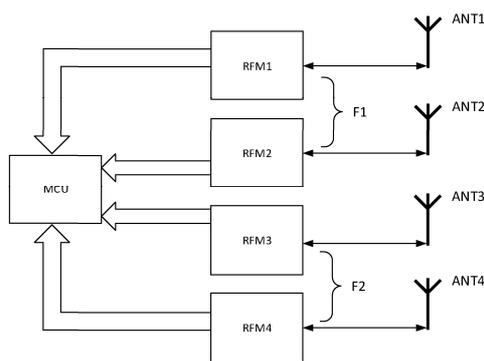
10. Система по п.9, отличающаяся тем, что приемопередатчик (2) содержит микроконтроллер (6) с набором заданных радиочастот $k2$, где $k2$ равняется 2.

11. Система по п.8, отличающаяся тем, что микроконтроллер (6) пригоден для оценки качества радиосигнала путем циклического определения уровня сигнала в текущий момент с последующим формированием массива уровней сигнала и определением уровня шума по всем частотам из набора заданных радиочастот $k2$.

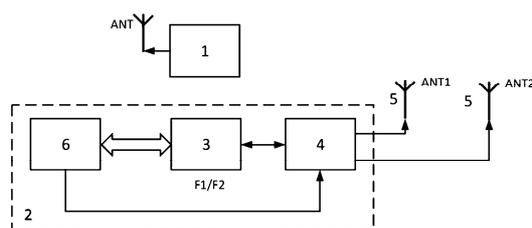
12. Система по п.11, отличающаяся тем, что микроконтроллер (6) пригоден для переключения антенны (5), которой принята преамбула, на другую антенну (5) для сравнения уровня сигнала с последующим выбором антенны (5) с максимальным уровнем радиосигнала.

13. Система по п.8, отличающаяся тем, что микроконтроллер (6) пригоден для установления периода $T2$ для ожидания синхрослова приемопередатчиком (2), которым принята преамбула, и периода $T3$ для приема тела пакета.

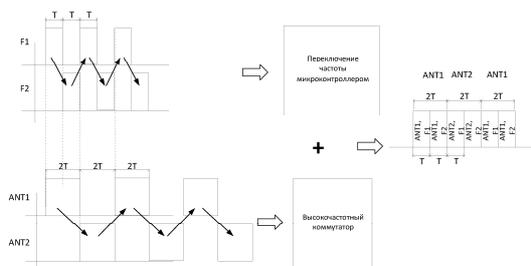
14. Система по п.13, отличающаяся тем, что микроконтроллер (6) пригоден для восстановления цикла поиска преамбулы после окончания периода $T2$ и отсутствия синхрослова или после окончания периода $T3$.



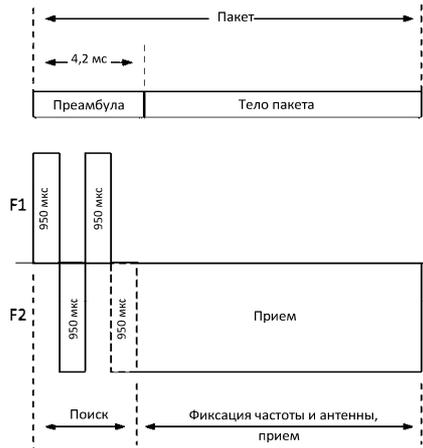
Фиг. 1



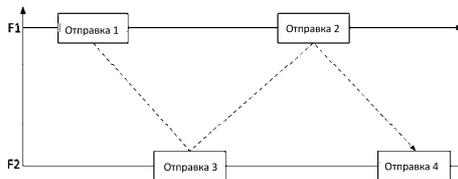
Фиг. 2



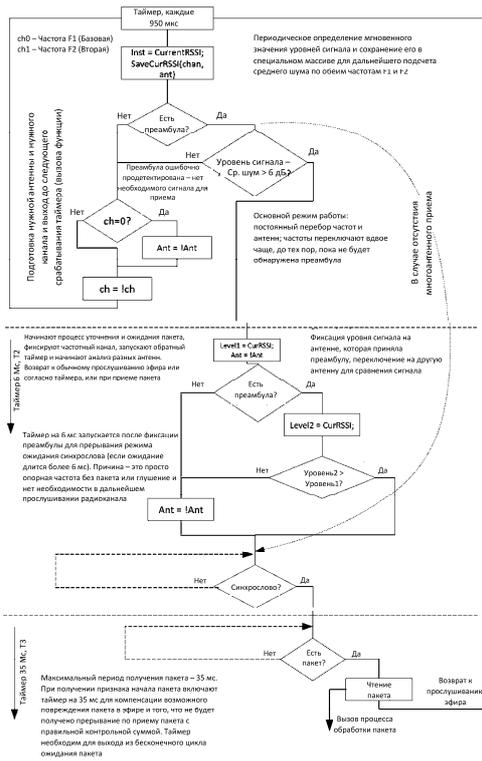
Фиг. 3



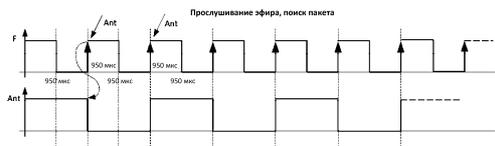
Фиг. 4



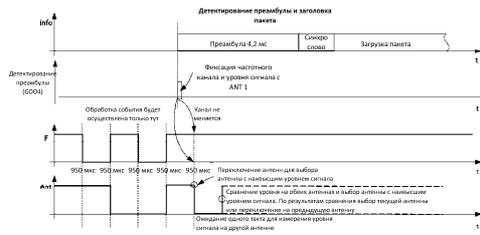
Фиг. 5



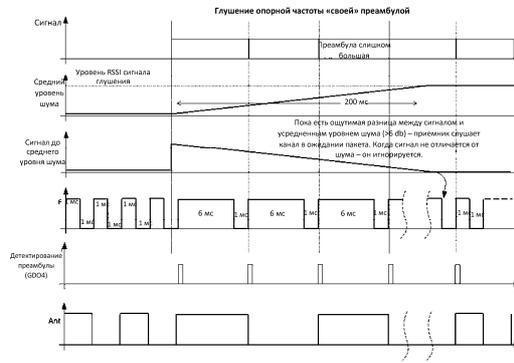
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9