



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009144421/09, 30.11.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.11.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.11.2009

(45) Опубликовано: 27.07.2011 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2133481 C1, 20.07.1999. RU 2122217 C1, 20.11.1998. RU 2316017 C2, 27.01.2008. RU 2263328 C1, 27.10.2005. WO 2006028877 A2, 16.03.2006. EP 1471365 A1, 27.10.2004. US 7002510 B1, 21.02.2006. KR 930001548 B1, 04.03.1993.

Адрес для переписки:

660074, г.Красноярск, ул. Киренского, 26,
СФУ, отдел промышленной собственности

(72) Автор(ы):

Гребенников Андрей Владимирович (RU),
Зандер Феликс Викторович (RU),
Кондратьев Андрей Сергеевич (RU),
Новиков Виктор Борисович (RU),
Сизасов Сергей Владимирович (RU),
Хазагаров Юрий Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

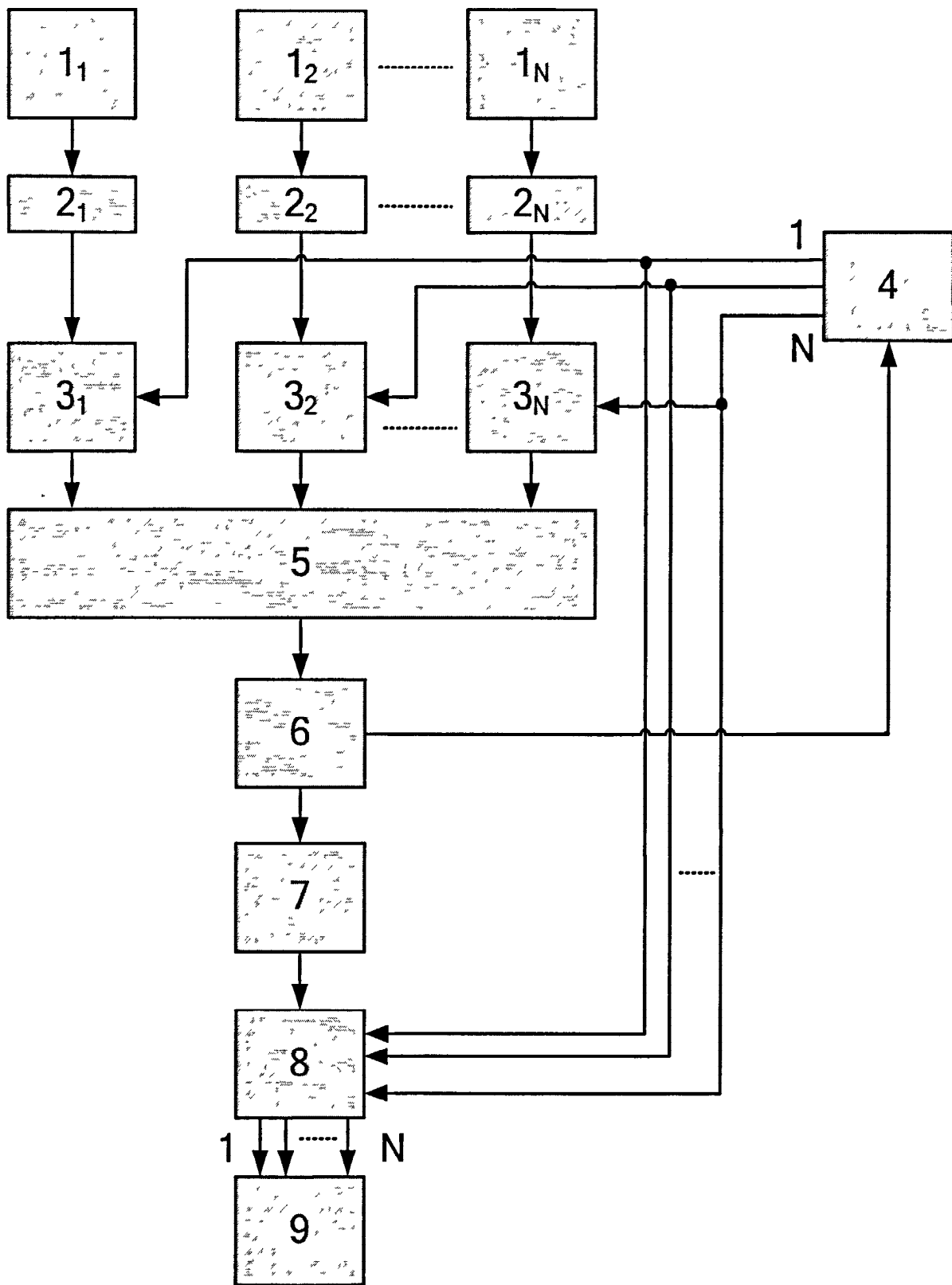
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Сибирский федеральный университет"
(СФУ) (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК РАДИОСИГНАЛА

(57) Реферат:

Устройство для определения направления на источник радиосигнала может быть использовано для определения направления подвижного объекта на источник сигнала, а также для определения пространственной ориентации подвижного объекта. Достижимый технический результат - повышение точности определения направления на источник радиоизлучения и пространственной ориентации объекта путем использования всей энергии сигнала от каждой из антенн на всем измерительном интервале за счет формирования единого группового сигнала,

обрабатываемого в одном приемном канале. Указанный результат достигается за счет дополнительной модуляции сигнала от каждой антенны своей кодовой модуляционной последовательностью и формирования в сумматоре единого группового сигнала, обрабатываемого в едином приемном тракте, что исключает погрешности из-за неидентичности при использовании нескольких приемных каналов. Разделение группового сигнала на сигнал от каждой антенны происходит на низкой частоте в ходе цифровой обработки в вычислителе направления. 1 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2009144421/09, 30.11.2009**

(24) Effective date for property rights:
30.11.2009

Priority:

(22) Date of filing: **30.11.2009**

(45) Date of publication: **27.07.2011 Bull. 21**

Mail address:

**660074, g.Krasnojarsk, ul. Kirenskogo, 26, SFU,
otdel promyshlennoj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Grebennikov Andrej Vladimirovich (RU),
Zander Feliks Viktorovich (RU),
Kondrat'ev Andrej Sergeevich (RU),
Novikov Viktor Borisovich (RU),
Sizasov Sergej Vladimirovich (RU),
Khazagarov Jurij Gennad'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Sibirskij
federal'nyj universitet" (SFU) (RU)**

(54) DEVICE FOR DETERMINING DIRECTION OF RADIO SIGNAL SOURCE

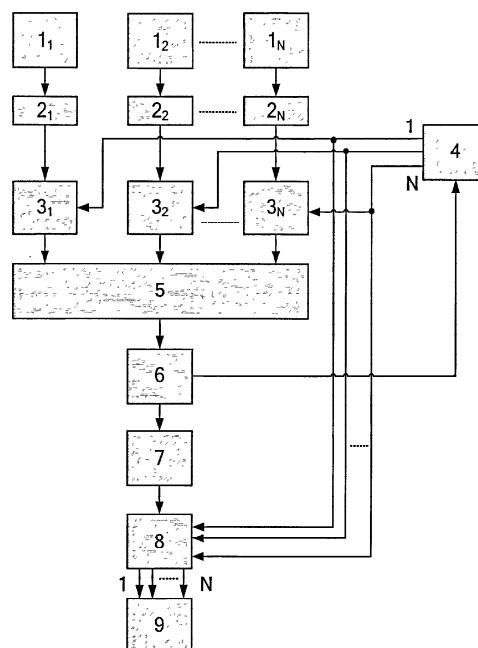
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method is realised through additional modulation of the signal from each antenna with its code modulation sequence and generation in an adder of a single, group signal which is processed in a single reception channel, which eliminates errors due to non-identity when using several reception channels. Division of the group signal into a signal from each antenna takes place at low frequency during digital processing in a direction evaluator.

EFFECT: high accuracy of determining direction of a radio signal source and spatial orientation of an object by using all the energy of the signal from each antenna on the entire measurement interval owing to generation of a single group signal processed in one reception channel.

1 dwg



Изобретение относится к области радиотехники, в частности к радионавигации, и может быть использовано для определения пространственной ориентации и местоположения подвижного объекта.

Известно устройство для определения направления, содержащее первую приемную антенну, соединенную с первым приемным каналом, выход которого соединен через блок сдвига фаз с первым входом фазового детектора, вторую приемную антенну, соединенную со вторым приемным каналом, выход которого соединен со вторым входом фазового детектора, чей выход является выходом устройства для определения направления (пеленгатора) [1].

Недостатком устройства является низкая точность измерения фазовых сдвигов принимаемых сигналов за счет того, что сигналы от разных антенн пеленгатора проходят одновременно через разные приемные каналы. При этом узлы приемных каналов вносят собственные, различные по значению, фазовые сдвиги, величина которых зависит от времени, нестабильности питающих напряжений и т.д.

Известен пеленгатор по заявке DE №3540212, содержащий не менее двух антенн, расположенных на одной прямой и соединенных с первым переключателем, последовательно соединенные усилитель высокой частоты, преобразователь частоты, ограничитель, перемножающее устройство, считывающее устройство, счетчик и второй переключатель, последовательно соединенные управляемый генератор, делитель частоты на два и накопитель, выход которого соединен с вторым входом перемножающего устройства, выход управляемого генератора соединен с вторым входом считывающего устройства, фазоизмеритель, выход которого соединен с решающим блоком, тактовый генератор, выходы которого соединены с входами управления первого и второго переключателей, выходы второго переключателя соединены с входами каналов фазовой регулировки, причем число каналов равно количеству антенн пеленгатора, а каждый канал фазовой регулировки содержит первый и второй перемножители, входы которых соединены между собой и являются входами каждого канала, выходы перемножителей соединены с входами первого и второго сумматоров, выходы которых соединены с входами третьего перемножителя, выход которого подключен к последовательно соединенным фильтру, генератору преобразованной частоты и устройству фазового сдвига, выход которого соединен со вторым входом второго перемножителя, второй вход первого перемножителя соединен с выходом генератора преобразованной частоты, выходы первого и второго сумматоров одного из каналов фазовой регулировки соединены через квадраторы с входами третьего сумматора, выход которого соединен с третьим переключателем, выходы которого через первый и второй фильтры нижних частот соединены с блоком управления генератором, выход которого соединен с входом управляемого генератора, выходы генераторов преобразованной частоты первого и второго каналов фазовой регулировки соединены с входами фазоизмерителя.

Данное устройство обеспечивает ориентирование объекта в пространстве за счет измерения фазовых сдвигов сигналов, принимаемых от спутников радионавигационной системы на разнесенные антенны. При этом сигналы от всех антенн последовательно преобразуются в одном приемном тракте, поступая на него через переключатель, управляемый тактовым генератором.

Таким образом, в данном устройстве узлы приемного канала вносят одинаковые погрешности в сигнал от каждой антенны, которые могут быть учтены или скомпенсированы при дальнейшей обработке.

Недостатком данного устройства является уменьшение времени доступа к сигналам

антенн на интервале измерения, что означает потерю энергии сигнала, уменьшение отношения сигнал/шум, а следовательно, возрастание случайной составляющей погрешности измерения.

Ближайшим к заявляемому техническому решению является устройство для определения направления на источник радиосигнала (патент РФ №2133481), содержащее первую и вторую антенны, соединенные с переключателем, выходы которого соединены с входами первого и второго приемных каналов, чьи выходы соединены соответственно с первым и вторым входами фазоизмерителя, а его выход соединен с входом вычислителя направления, выход которого соединен с входом управления переключателя. Причем фазоизмеритель, при дальнейшем рассмотрении предлагаемого технического решения, можно полагать входящим в состав вычислителя направления, особенно при использовании цифровой обработки сигналов.

В данном устройстве фазовые погрешности, вносимые в сигнал от каждой антенны за счет неидентичности приемных каналов, вносятся одинаковым образом поочередно в каждый сигнал за счет неоднократного переключения антенн и приемных каналов за время измерения, что приводит к их значительному уменьшению.

Недостатком такого устройства является наличие нескольких приемных каналов, что усложняет устройство, повышает его габариты и стоимость, а также наличие сложного переключателя, также вносящего дополнительную фазовую и амплитудную погрешности в сигнал от антенн. При использовании в устройствах пеленгации трех и более антенн для определения не только направления, но и пространственной ориентации объекта построение устройства для определения направления на источник радиосигнала по этому принципу (патент РФ №2133481) становится практически невозможным.

В основу изобретения положена задача повышения точности определения направления на источник радиосигнала и пространственной ориентации объекта путем использования всей энергии сигнала от каждой антенны на всем измерительном интервале за счет формирования единого группового сигнала, обрабатываемого в одном приемном канале, когда количество антенн 3 и более.

Поставленная задача решается тем, что в устройство для определения направления на источник радиосигнала, содержащее первую и вторую антенны, приемный канал и вычислитель направления, согласно предлагаемому изобретению введены $N-2$ антенн, N малошумящих усилителей, N модуляторов, сумматор, блок обработки группового сигнала, формирователь модуляционных последовательностей и демодулятор группового сигнала, причем каждые соответствующие из N антенна, малошумящий усилитель и модулятор соединены последовательно, выход каждого из N модуляторов соединен с соответствующим входом сумматора, который последовательно соединен с приемным каналом, блоком обработки группового сигнала, демодулятором и вычислителем направления, вход формирователя модуляционных последовательностей является вторым выходом приемного канала, а каждый из N его выходов соединен с управляющим входом соответствующего модулятора и с соответствующим управляющим входом демодулятора, где $N \geq 3$.

Преимущества предлагаемого технического решения заключаются в повышении точности измерения информационных параметров за счет использования одновременно всей энергии сигналов от нескольких, в общем случае N , антенн при использовании одного приемного канала.

На чертеже приведена структурная схема предлагаемого устройства.

Устройство для определения направления на источник радиосигнала содержит антенны $1_1, 1_2, \dots, 1_N$, каждая из которых последовательно соединена с соответствующими малошумящим усилителем $2_1, 2_2, \dots, 2_N$ и модулятором $3_1, 3_2, \dots, 3_N$. Управляющие входы модуляторов $3_1, 3_2, \dots, 3_N$ соединены с соответствующими N выходами формирователя модуляционных последовательностей 4, а выходы модуляторов подключены к соответствующим входам сумматора 5. Выход сумматора 5 является входом приемного канала 6, который первым выходом последовательно соединен с блоком обработки группового сигнала 7 и демодулятором группового сигнала 8, а вторым выходом - с управляющим входом формирователя модуляционных последовательностей 4. Управляющие входы демодулятора группового сигнала 8 соединены с соответствующими управляющими входами модуляторов $3_1, 3_2, \dots, 3_N$ и также подключены к соответствующим N выходам формирователя модуляционных последовательностей 4. N выходов демодулятора группового сигнала 8 являются входами вычислителя направления 9.

Работает устройство следующим образом. Для определения направления на источник радиосигнала в трехмерном пространстве, а также для определения пространственной ориентации объекта необходимо использовать не менее 3-х антенн. Сигнал, излучаемый радионавигационным спутником, например спутником ГЛОНАСС, принимается антеннами $1_1, 1_2$ и 1_3 и через малошумящие усилители $2_1, 2_2$ и 2_3 подается на модуляторы $3_1, 3_2$ и 3_3 . На управляющие входы модуляторов с формирователя 4 модуляционных последовательностей подаются кодовые последовательности, например меандры кратных частот 2, 4, 8 кГц. Кодированные сигналы $1_1, 1_2, 1_3$ антенн суммируются в сумматоре 5 в единый (групповой) сигнал и далее обрабатываются в общем приемном канале 6, где групповой сигнал усиливается, фильтруется с целью подавления помех по соседним и зеркальным каналам и преобразуется на промежуточную частоту, пригодную для перехода на цифровую обработку, с учетом максимально ожидаемого доплеровского сдвига (не более 5 кГц). Имеющийся в приемном канале 6 синтезатор частот формирует сигналы гетеродинов для преобразования группового сигнала антенн на промежуточную частоту, а также тактовую частоту, поступающую на формирователь 4 модуляционных последовательностей. Преобразованный групповой сигнал с выхода приемного канала 6 подается в блок обработки группового сигнала 7, где, как правило, обработка переводится в цифровую форму путем аналого-цифрового преобразования. В блоке обработки группового сигнала 7 производится ряд операций над сигналом, не требующих разделения на отдельные сигналы антенн: комплексное преобразование частоты, демодуляция псевдослучайного дальномерного кода, предварительное накопление сигнала и ряд других. Для обеспечения разделения сигналов от антенн в демодуляторе 8 группового сигнала производится демодуляция группового сигнала набором последовательностей, идентичных модулирующим кодам, использованным перед суммированием сигналов. Демодулированные сигналы подаются на вычислитель направления 9, где по измеренному значению разности фаз в двух пространственно удаленных друг от друга точках (согласно известному интерферометрическому принципу [2]) определяется как направление на источник радиосигнала, так и пространственная ориентация объекта, на котором расположены антенны $1_1, 1_2$ и 1_3 (например, по способу, описанному в патенте РФ №2122217).

Таким образом, предлагаемое устройство обеспечивает определение направления на источник радиосигнала, а также пространственную ориентацию объекта с повышенной точностью относительно известного технического решения за счет

исключения систематической погрешности измерения разности фаз сигнала одного источника радиосигнала на разнесенные антенны, обусловленной неидентичностью приемных каналов обработки сигналов антенн. При этом случайная погрешность как минимум не ухудшается по сравнению с известным способом, так как отсутствуют

перерывы в наблюдении сигнала от одного источника, т.е. сохраняется максимально возможное отношение сигнал/шум за счет использования всей поступающей энергии сигнала.

Используемые в устройстве узлы и блоки могут быть реализованы по следующим схемам. Формирователь модуляционных последовательностей 4 может быть выполнен в виде синхронизируемого мультивибратора, генерирующего сигналы прямоугольной формы, и счетчика-делителя на 2 с выходами после каждого деления частоты. Приемный канал 6, маломощные усилители $2_1, 2_2, \dots, 2_N$, модуляторы $3_1, 3_2, \dots, 3_N$, сумматор 5 могут быть выполнены в соответствии с описанными, например, в [3, 4]. Блок обработки группового сигнала 7, демодулятор группового сигнала 8 и вычислитель направления 9 реализованы на базе стандартной микроЭВМ с аналого-цифровым преобразованием на входе и программно реализованной цифровой обработкой сигнала в соответствии с навигационным алгоритмом (например, по способу из патента РФ №2122217).

Для измерения направления на источник радиоизлучения и определения пространственной ориентации с погрешностью в единицы угловых минут необходимо иметь в известном устройстве и аналогичных ему устройствах с переключением сигнала идентичность приемных каналов по внесению дополнительной фазовой погрешности на уровне единиц пикосекунд, в то время как только фильтры на ПАВ, применяемые в приемном канале, имеют разброс параметра, характеризующего задержку сигнала, на уровне десятков наносекунд. Предлагаемое устройство позволяет с минимальными аппаратными затратами повысить на порядок и более точность измерения разности фаз и соответственно снизить погрешность определения направления, а также пространственной ориентации объекта. В этом заключается технико-экономический эффект предлагаемого устройства.

Литература

1. Радиотехнические системы/ Под ред. Ю.М.Казаринова. М.: Высш. школа, 1990, с.313-315.
2. Радиотехнические системы/ Под ред. Ю.М.Казаринова. М.: Высш. школа, 1990.
3. Цифровые радиоприемные системы: Справочник/ Под ред. М.И.Жодзишского. М.: Радио и связь, 1990.
4. Амплитудно-фазовая конверсия/ Под ред. Г.М.Крылова. М.: Связь, 1979.

Формула изобретения

Устройство для определения направления на источник радиосигнала, содержащее первую и вторую антенны, приемный канал и вычислитель направления, отличающееся тем, что в него введены $N-2$ антенны, N маломощных усилителей, N модуляторов, сумматор, блок обработки группового сигнала, формирователь модуляционных последовательностей и демодулятор группового сигнала, причем каждые соответствующие из N антенн, маломощный усилитель и модулятор соединены последовательно, выход каждого из N модуляторов подключен к соответствующему входу сумматора, который последовательно соединен с приемным каналом, имеющим синтезатор частот, формирующий сигналы гетеродинов для преобразования группового сигнала антенн на промежуточную частоту и подачи его

в блок обработки группового сигнала, а также для преобразования в сигнал тактовой частоты, поступающий на формирователь модуляционных последовательностей, при этом блок обработки группового сигнала последовательно соединен с демодулятором группового сигнала и вычислителем направления, каждый из N выходов
5 формирователя модуляционных последовательностей соединен с управляющим входом соответствующего модулятора и с соответствующим управляющим входом демодулятора группового сигнала, где $N \geq 3$.

10

15

20

25

30

35

40

45

50