

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009127510/07, 12.12.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.12.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
19.12.2006 US 11/612,674

(43) Дата публикации заявки: 27.01.2011 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 20.11.2012 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 2002196187 A1, 26.12.2002. RU 2193286
C2, 20.11.2002. US 2003054845 A1, 20.03.2003.
US 7072669 B1, 04.07.2006. US 2002183069 A1,
05.12.2002. GB 2338374 A, 15.12.1999.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 20.07.2009(86) Заявка РСТ:
US 2007/087165 (12.12.2007)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/076734 (26.06.2008)

Адрес для переписки:

105064, Москва, а/я 88, "Патентные
поверенные Квашнин, Сапельников и
партнеры", пат.пов. В.П.Квашнину, рег.№ 4

(72) Автор(ы):

БОРНХОЛДТ Джеймс М. (US)

(73) Патентообладатель(и):

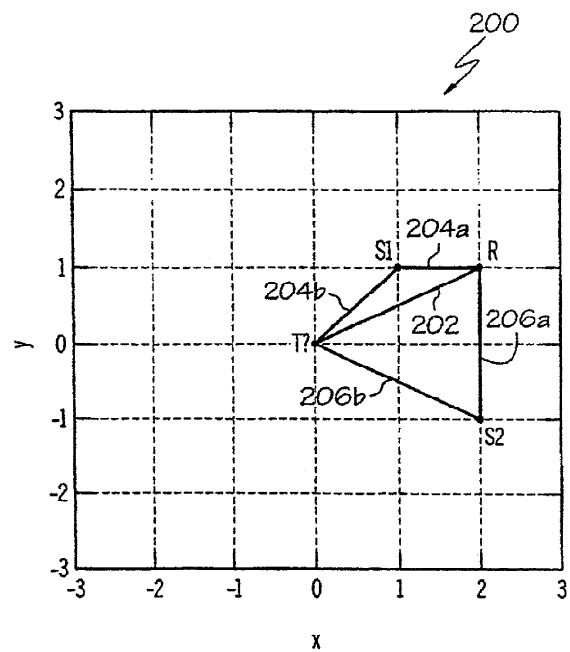
ДЗЕ БОИНГ КОМПАНИ (US)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ УСТРОЙСТВА
СВЯЗИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники, а именно к устройствам связи, и может быть использовано для определения местоположения устройства связи. Технический результат заключается в обеспечении возможности определения местоположения, когда между передатчиком и приемником отсутствует трасса передачи в пределах прямой видимости или имеется трасса передачи не по прямой видимости (NLOS). Для этого способ определения местоположения

устройства связи включает измерение времени прибытия для каждого импульса, принятого в приемнике, генерацию набора возможных гипотетических соответствий между каждым принятым импульсом и трассой передачи между передатчиком и приемником, причем устройство связи, местоположение которого определяется, является одним устройством из группы, содержащей приемник и передатчик. Оценка местоположения устройства связи осуществляется при помощи набора гипотетических совпадений. 4 н. и 12 з.п. ф-лы,



RU 2 4 6 7 3 4 3 C 2

RU 2 4 6 7 3 4 3 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2009127510/07, 12.12.2007**

(24) Effective date for property rights:
12.12.2007

Priority:

(30) Convention priority:
19.12.2006 US 11/612,674

(43) Application published: **27.01.2011 Bull. 3**

(45) Date of publication: **20.11.2012 Bull. 32**

(85) Commencement of national phase: **20.07.2009**

(86) PCT application:
US 2007/087165 (12.12.2007)

(87) PCT publication:
WO 2008/076734 (26.06.2008)

Mail address:

**105064, Moskva, a/ja 88, "Patentnye poverennye
Kvashnin, Sapel'nikov i partnery", pat.pov.
V.P.Kvashninu, reg.№ 4**

(72) Inventor(s):

BORNKhOLDT Dzhejms M. (US)

(73) Proprietor(s):

DZE BOING KOMPANI (US)

(54) METHOD AND DEVICE TO DETECT LOCATION OF COMMUNICATION DEVICE

(57) Abstract:

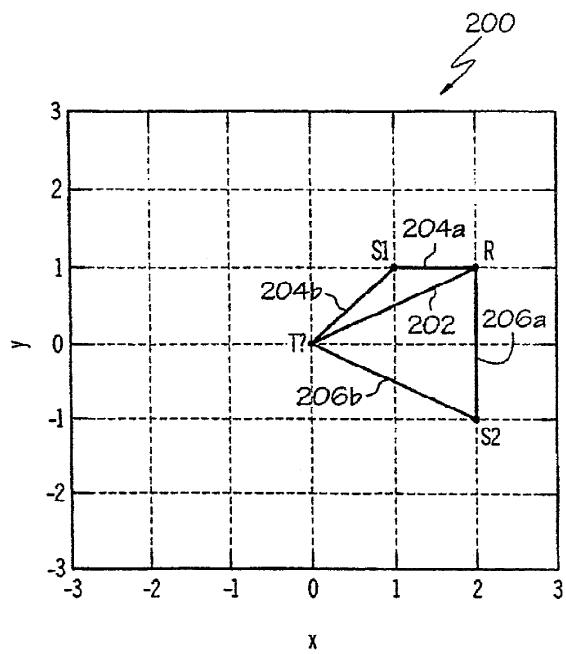
FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention is related to the sphere of radio engineering, namely, to communication devices, and may be used to detect location of a communication device. The method to identify location of a communication device includes measurement of arrival time for each pulse received in a receiver, generation of a set of possible hypothetical conformities between each received pulse and transmission track between a transmitter and a receiver, besides, the communication device,

location of which is determined, is one device of a group comprising a receiver and a transmitter. Assessment of communication device location is carried out with the help of a set of hypothetical coincidences.

EFFECT: provision of possibility to detect location, when between a transmitter and a receiver there isn't a transmission track within direct line of sight or there is a transmission track non in a direct line of sight (NLOS).

16 cl, 27 dwg



ФИГ. 2

Уровень техники

Настоящее изобретение относится к устройствам связи или подобным устройствам и, более конкретно, к способу и устройству для определения местоположения устройства связи или подобного устройства, выполненного с возможностью передачи или приема радиочастотного или электромагнитного сигнала.

Существуют различные обстоятельства, при которых важно определить местоположение устройства связи или устройства связи, работающего в режиме передачи (передатчик) или режиме приема (приемник). Например, при применении в военных, правоохранительных или иных целях возможность определения географического местоположения радиопередатчика может быть очень полезна, в частности возможность определения местоположения, когда между передатчиком и приемником отсутствует трасса передачи в пределах прямой видимости или имеется трасса передачи не по прямой видимости (NLOS). Трассы NLOS могут быть достаточно сильными, чтобы не срабатывали фазово-когерентные методы или на антеннах имелось недостаточно места для направленных антенн. Такие сценарии могут иметь место при проведении операций в условиях непосредственной близости или когда передатчик и приемник могут находиться в одном здании.

Определение местоположения передатчика может быть полезным в радионавигации. Одним методом определения географического местоположения передатчика является трилатерация. Трилатерация требует минимум трех измерений дальности для определения местоположения приемника. Существующие решения, которые для трилатерации требуют трасс по прямой видимости (LOS), неприменимы, когда доступно менее трех передатчиков или когда вследствие затухания на трассе доступно менее трех регистрируемых сигналов LOS. Имеющиеся решения в случаях, когда недоступны три передатчика или сигнала LOS, могут включать в себя увеличение числа передатчиков для повышения вероятности того, что по меньшей мере три из них могут быть доступны, изменение радиопараметров линии связи, таких как частота, разнесение антенн, поляризационное разнесение и другие параметры, применение других средств навигации, таких как инерциальные устройства или подобные устройства, временную замену трилатерационной навигации до тех пор, пока не станет доступно большее число передатчиков или приемлемых трасс передачи.

Увеличение числа доступных передатчиков увеличивает эксплуатационные расходы и может снизить живучесть системы при проведении таких операций, как военные и другие операции. Изменение радиопараметров линии связи повышает сложность передатчиков и приемников и требует обмена сигналами между передатчиками и приемниками для изменения радиопараметров. Для инерциальных устройств свойственно снижение точности с течением времени.

Сущность изобретения

В соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения способ определения местоположения устройства связи может включать в себя измерение времени прибытия для каждого импульса, принятого в приемнике. Способ может также включать в себя генерацию набора возможных гипотетических соответствий между каждым принятым импульсом и трассой передачи между передатчиком и приемником, причем устройство связи, местоположение которого определяется, является одним устройством из группы, состоящей из передатчика и приемника. Способ может далее включать в себя оценку местоположения устройства связи с использованием набора гипотетических соответствий.

В соответствии с другим вариантом выполнения настоящего изобретения способ

определения местоположения устройства связи может включать измерение времени прибытия для каждого импульса, принятого в приемнике. Способ может также включать в себя генерацию набора возможных гипотетических соответствий посредством сопоставления каждого импульса, принятого приемником, с возможной 5 трассой передачи принятого импульса между передатчиком и приемником, причем устройство связи, местоположение которого определяется, является одним устройством из группы, состоящей из передатчика и приемника. Способ может дополнительно включать в себя определение геометрического места возможных 10 местоположений устройства связи при помощи каждого набора гипотетических соответствий для каждого импульса. Способ может далее включать в себя определение предполагаемого местоположения устройства связи как пересечение геометрических мест возможных местоположений устройства связи для каждого набора гипотетических соответствий для каждого импульса.

15 В соответствии с еще одним вариантом выполнения настоящего изобретения устройство для определения местоположения устройства связи может включать в себя процессор. Устройство может также включать в себя модуль определения местоположения, включающий в себя элемент оценки гипотетической трассы 20 передачи, действующий в процессоре, для оценки соответствия между каждым принятым импульсом и возможной трассой передачи импульса для определения местоположения устройства связи.

В соответствии с еще одним вариантом выполнения настоящего изобретения компьютерный программный продукт для определения местоположения устройства 25 связи может включать в себя используемую компьютером среду, содержащую реализованный в ней используемый компьютером программный код. Используемая компьютером среда может включать в себя используемый компьютером программный код, выполненный с возможностью измерения времени прибытия для 30 каждого импульса, принятого в приемнике. Используемая компьютером среда может также включать в себя используемый компьютером программный код, выполненный с возможностью генерации набора возможных гипотетических соответствий между каждым принятым импульсом и возможной трассой передачи импульса между передатчиком и приемником, причем устройство связи, местоположение которого 35 определяется, является одним устройством из группы, состоящей из передатчика и приемника. Используемая компьютером среда может также включать в себя используемый компьютером программный код, выполненный с возможностью оценки местоположения устройства связи с использованием набора гипотетических 40 соответствий.

В соответствии с еще одним вариантом выполнения настоящего изобретения средство передвижения может включать в себя устройство для определения местоположения средства передвижения. Устройство может включать в себя 45 процессор и модуль определения местоположения, включающий в себя элемент оценки гипотетического соответствия, действующий в процессоре, для оценки соответствия между каждым принятым импульсом и возможной трассой передачи импульса для определения местоположения средства передвижения.

Другие аспекты и особенности настоящего изобретения, определяемого 50 исключительно формулой, станут ясны специалисту в данной области техники после ознакомления с нижеследующим неограниченным подробным описанием изобретения в сочетании с прилагаемыми чертежами.

Краткое описание нескольких видов на чертежах

Фиг.1А и 1В (совместно фиг.1) - блок-схема последовательности операций для примерного способа определения местоположения устройства связи в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.2 - иллюстрация примерных трасс передачи для определения местоположения устройства связи в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.3 - иллюстрация принятых импульсов сигналов, соответствующих каждой из примерных трасс передачи, приведенных на фиг.2.

Фиг.4А-4С - иллюстрации примеров геометрических мест возможных местоположений устройства связи, использующих гипотетические трассы передачи, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.4D - иллюстрация примера оценки местоположения устройства связи на основе пересечения геометрических мест возможных местоположений в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.5 - иллюстрация примера определения остаточной погрешности для предполагаемого местоположения устройства связи в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.6А-6К иллюстрируют пример определения предполагаемого местоположения устройства связи, когда время передачи импульса неизвестно, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.7 - блок-схема последовательности операций для примера способа генерации возможных гипотетических трасс передачи для каждого принятого импульса и времени передачи импульса в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.8А-8С - примеры гипотетических трасс передачи от передатчика к приемнику в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.9 - блок-схема последовательности операций для примера способа выбора наилучшей или оптимальной оценки местоположения для устройства связи посредством вычисления остаточной погрешности для каждой оценки местоположения в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.10 - таблица, иллюстрирующая пример наборов гипотетических соответствий между каждым принятым импульсом и возможной трассой передачи, по которой, возможно, была осуществлена передача импульса, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Фиг.11 - блок-схема примера устройства для определения местоположения устройства связи в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Подробное описание изобретения

Нижеследующее подробное описание вариантов выполнения содержит ссылки на прилагаемые чертежи, которые иллюстрируют частные варианты выполнения изобретения. Другие варианты выполнения, содержащие иные конструктивные особенности и действия, не выходят за пределы объема настоящего изобретения.

Как должно быть понятно специалисту в данной области техники, раскрытое техническое решение может быть реализовано в виде способа, системы или компьютерного программного продукта. Соответственно, раскрытое техническое решение может принимать вид полностью аппаратного варианта выполнения, полностью программного варианта выполнения (включая встроенное программное обеспечение, резидентное программное обеспечение, микрокод и т.д.) или варианта выполнения, сочетающего в себя программные и аппаратные аспекты, которые все могут в целом называться в настоящей заявке "схема", "модуль" или "система". Кроме

того, настоящее изобретение может принимать вид компьютерного программного продукта на используемом компьютером носителе данных, имеющем используемый компьютером программный код, реализованный на носителе.

5 Можно использовать любой подходящий используемый компьютером или машиночитаемый носитель. В частности, используемый компьютером или машиночитаемый носитель может быть электронной, магнитной, оптической, электромагнитной, инфракрасной или полупроводниковой системой, устройством или средой распространения. Частные примеры (неисчерпывающий список)

10 машиночитаемых носителей включают в себя следующее: электрическое соединение, имеющее один или более проводов, переносную компьютерную дискету, жесткий диск, оперативную память (RAM), постоянную память (ROM), стираемую программируемую постоянную память (EPROM или флэш-память), оптическое волокно, постоянную память на переносном компакт-диске (CD-ROM), оптическое

15 запоминающее устройство, среду передачи, например среды, поддерживающие Интернет и интрасеть, или магнитное запоминающее устройство. Заметим, что используемым компьютером или машиночитаемым носителем может быть даже бумага или иной подходящий носитель, на котором напечатана программа, поскольку

20 эта программа может быть считана электронным образом, например, при помощи оптического сканирования бумаги или иного носителя, затем, в случае необходимости, скомпилирована, интерпретирована или иным образом обработана подходящим образом, после чего сохранена в памяти компьютера. В контексте настоящего документа используемый компьютером или машиночитаемый носитель может быть

25 любым носителем, который может содержать, хранить, передавать, распространять или транспортировать программу для использования системой или устройством для выполнения команд или в связи с такой системой или устройством.

Компьютерный программный код для выполнения операций раскрытого

30 технического решения может быть написан на объектно-ориентированном языке программирования, таком как Java, Smalltalk, C++ или подобном. Однако компьютерный программный код для выполнения этих операций может быть также написан на обычных процедурных языках программирования, таком как язык программирования "C" или подобные языки программирования. Программный код

35 может выполняться целиком на компьютере пользователя, частично на компьютере пользователя, в качестве автономного программного пакета, частично на компьютере пользователя и частично на удаленном компьютере или полностью на удаленном компьютере или сервере. В последнем сценарии удаленный компьютер

40 может быть соединен с компьютером пользователя посредством локальной сети (LAN) или глобальной сети (WAN) или может быть выполнено соединение с внешним компьютером (например, через Интернет при помощи поставщика услуг в сети Интернет).

Наше техническое решение описано ниже со ссылкой на блок-схемы

45 последовательности операций и (или) блок-схемы способов, устройств (систем) и компьютерных программных продуктов согласно вариантам выполнения изобретения. Должно быть понятно, что каждый блок на блок-схемах последовательности операций и (или) на блок-схемах и сочетания блоков на блок-

50 схемах последовательности операций и (или) блок-схемах могут быть реализованы посредством команд компьютерной программы. Эти команды компьютерной программы могут поступать на процессор компьютера общего назначения, компьютера специального назначения или другое программируемое устройство

обработки данных для создания машины, так что команды, которые выполняются посредством процессора компьютера или другого программируемого устройства обработки данных, создают средство для реализации функций/действий, указанных в блоке или блоках блок-схемы последовательности операций и (или) блок-схемы.

Эти команды компьютерной программы могут также храниться в машиночитаемой памяти, которая может управлять компьютером или другим программируемым устройством обработки данных, чтобы они функционировали определенным образом, так чтобы команды, хранящиеся в машиночитаемой памяти, создавали изделие, включающее в себя командное средство, которое реализует функцию/действия, указанные в блоке или блоках блок-схемы последовательности операций и (или) блок-схемы.

Команды компьютерной программы могут также быть загружены в компьютер или другое программируемое устройство обработки данных, чтобы вызвать выполнение последовательности функциональных этапов на компьютере или другом программируемом устройстве для создания реализуемого на компьютере процесса, так чтобы команды, которые выполняются на компьютере или другом программируемом устройстве, обеспечивали этапы для реализации функций/действий, указанных в блоке или блоках блок-схемы последовательности операций и (или) блок-схемы.

На фиг.1А и 1В (совместно фиг.1) приведена блок-схема примерного способа 100 для определения местоположения устройства связи в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. В рамках настоящей заявки устройство связи может быть приемником или передатчиком, и эти термины могут применяться в настоящей заявке взаимозаменяемым образом. Приемник может быть устройством связи, работающим в качестве приемника или в режиме приема. Передатчик может быть устройством связи, работающим в качестве передатчика или в режиме передачи.

В блоке 102 можно оценить местоположение приемника. Местоположение может быть географическим местоположением, местоположением на некоторой сетке или в некоторой системе координат или любым иным способом идентификации местоположения устройства связи относительно другого устройства связи или других ориентиров или объектов. Местоположение приемника можно оценить при помощи глобальной системы позиционирования (GPS), топографической съемки, триангуляции LOS, триангуляции NLOS, триангуляции с использованием радиочастотного или оптического передатчика или других методов определения местоположения.

Кроме того, в блоке 102 может передаваться импульс или множество импульсов от передатчика. В зависимости от того, является ли устройство связи, местоположение которого определяется, передатчиком или приемником, местоположение другого устройства, местоположение которого не определяется или не оценивается, может быть известно или может использоваться опорный приемник с известным местоположением и длиной трассы от устройства, местоположение которого не определяется, для определения местоположения неизвестного устройства.

В блоке 104 можно измерить или записать в приемнике время прибытия импульса или импульсов. Время прибытия импульсов можно определить посредством взаимной корреляции или иных методов.

В блоке 106 может быть сгенерирован набор гипотетических соответствий посредством сопоставления каждого принятого импульса с возможной трассой передачи между передатчиком и приемником. Каждое гипотетическое соответствие

может представлять собой гипотезу о том, что принятый импульс был передан через сопоставленную трассу передачи. Если время передачи импульса неизвестно, может быть сгенерирован другой набор гипотез для каждого гипотетического времени и трассы передачи. Пример способа для генерации гипотетических соответствий более
 5 подробно описан ниже со ссылкой на фиг.7. Если говорить кратко, можно определить все возможные трассы передачи от передатчика к приемнику, включая отклонения, отражения или рассеяние импульса сигнала от любых рассеивающих центров, которые могут оказаться на трассе передачи. Все сочетания трасс передачи могут быть
 10 сгруппированы в наборы элементов (трасс) на основе числа принятых импульсов. Затем может быть установлено однозначное соответствие между каждым набором элементов или трасс передачи с принятым импульсом. Принятый импульс может быть гипотетически сопоставлен с множеством возможных трасс передачи. Затем может
 15 быть определено наилучшее или оптимальное соответствие между каждым принятым импульсом и возможной трассой передачи.

Трасса передачи может быть определена как упорядоченный набор, состоящий из передатчика, нулевого или большего числа рассеивающих центров и приемника. Трассы передачи по прямой видимости (LOS) не имеют рассеивающих центров на трассе. Трассы передачи не по прямой видимости (NLOS) имеют один или несколько
 20 рассеивающих центров на трассе. Передатчики, приемники и рассеивающие центры могут быть определены как узлы на трассе передачи. Способ 100 или алгоритм предполагает, что географическое местоположение каждого узла известно до начала работы, за исключением одного устройства связи (передатчик или приемник в
 25 зависимости от ситуации), местоположение которого нужно определить. Способ 100 или алгоритм также предполагает, что любая задержка на распространение, присущая каждому узлу, и любая задержка на звеньях между каждым узлом известны, за исключением последнего звена, которое заканчивается на устройстве связи,
 30 местоположение которого нужно определить. Рассеивающий центр может быть любой структурой, которая может находиться на трассе передачи между передатчиком и приемником.

Если обратиться также к фиг.2 и 3, то фиг.2 служит иллюстрацией примеров трасс 200 передачи для определения местоположения устройства связи в соответствии
 35 с вариантом выполнения настоящего изобретения. В примере на фиг.2 может быть неизвестно местоположение передатчика (T). Примерные трассы 200 передачи могут включать в себя прямую трассу передачи или трассу 202 передачи LOS от приемника (R) к передатчику (T). Трасса передачи T-S1-R 204 идет от передатчика,
 40 отражается или рассеивается на рассеивающем центре S1 и затем приходит в приемник. Трасса передачи T-S2-R 206 идет от передатчика, отражается или рассеивается от рассеивающего центра S2 и затем приходит в приемник. Возможны также трассы передачи с двукратными отражениями, которые на фиг.2 не показаны, такие как T-S1-S2-R или T-S2-S1-R. Как описано выше, эти трассы передачи с одним
 45 или несколькими рассеивающими центрами (S1 и S2) можно называть трассами передачи NLOS.

На фиг.3 показаны импульсы сигнала, принятые приемником (R), которые могут гипотетически соответствовать каждой из примерных трасс 200 передачи на фиг.2. Фиг.3 также иллюстрирует измерение или определение времени прибытия для каждого
 50 импульса, как в блоке 104. В блоке 108 для каждого принятого импульса может быть определено геометрическое место возможных местоположений устройства связи (передатчика или приемника, в зависимости от того, местоположение какого

устройства определяется) с использованием гипотетического соответствия или соответствий, включающих в себя возможные трассы передачи, по которым может следовать каждый импульс. Если устройство связи, местоположение которого нужно определить, является передатчиком, геометрические места возможных местоположений устройства связи могут включать в себя окружность с центром в приемнике для гипотетического соответствия, связанного с определенным принятым импульсом, которое включает в себя путь передачи LOS, и окружность с центром в каждом первом рассеивающем центре, считая от передатчика, для каждого гипотетического совпадения, связанного с определенным принятым импульсом, которое включает в себя трассу передачи NLOS. Если устройство связи, местоположение которого нужно определить, является приемником, геометрические места возможных местоположений устройства связи могут включать в себя окружность с центром в передатчике для каждого гипотетического соответствия, связанного с определенным принятым импульсом, которое включает в себя трассу передачи LOS, и окружность с центром в каждом последнем рассеивающем центре перед приемником для каждого гипотетического соответствия, связанного со определенным принятым импульсом, которое включает в себя трассу передачи NLOS.

Если обратиться также к фиг.4А-4С, то фиг.4А-4С иллюстрируют примеры геометрических мест 400-404 возможных местоположений устройства связи, полученных с использованием гипотетического соответствия между каждым принятым импульсом и трассой передачи, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Частный пример, приведенный на фиг.4А-4С, относится к определению местоположения передатчика (Т) на фиг.2. Соответственно, возможные местоположения устройства связи или передатчика (Т) для гипотетического соответствия, включающего в себя трассу передачи Т-Р, дают геометрическое место 400, определенное окружностью 406 с центром в приемнике (R). Возможные местоположения передатчика (Т) для гипотетического соответствия или гипотезы, включающей в себя трассу передачи Т-S1-R, дают геометрическое место 402, определяемое окружностью 408 с центром в рассеивающем центре S1. Возможные местоположения передатчика (Т) для гипотетической трассы передачи Т-S2-R дают геометрическое место 404, определяемое кругом 410 с центром в рассеивающем центре S2.

Радиус каждой окружности 406, 408 и 410 может быть определен посредством следующих вычислений для каждой трассы передачи:

а) вычисление времени распространения от первого рассеивающего центра на трассе приемнику:

$t1 = (\text{длина трассы} / \text{скорость распространения}) + \text{временная задержка}$
рассеивающих центров;

б) вычисление полного времени распространения:

$t2 = \text{время приема соответствующего импульса};$

с) вычисление времени распространения на первом звене (от передатчика к первому рассеивающему центру):

$t3 = t2 - t1$ - временные задержки в приемнике;

д) вычисление отрезка трассы первого звена:

$R = t3 * \text{скорость распространения};$

е) поиск местоположения возможных местоположений передатчика:

геометрическое место возможных местоположений - окружность радиуса R с центром в первом рассеивающем центре на трассе передачи.

Аналогичная совокупность вычислений может быть выполнена при определении или оценке местоположения приемника. Может быть вычислено время распространения от известного местоположения передатчика до последнего рассеивающего центра перед приемником. Затем можно определить время распространения от последнего рассеивающего центра до приемника по разнице между полным временем распространения и временем распространения от передатчика до последнего рассеивающего центра минус любые задержки распространения в приемнике. Геометрическое место возможных местоположений приемника может в этом случае представлять собой окружность с центром в последнем рассеивающем центре с радиусом, соответствующим отрезку трассы от последнего рассеивающего центра до приемника. Длину отрезка трассы можно вычислить, умножив время распространения от последнего рассеивающего центра до приемника на скорость распространения.

В блоке 110 предполагаемое местоположение или местоположения передатчика или приемника, в зависимости от того, местоположение какого устройства нужно определить, может быть определено как пересечение геометрических мест для каждого принятого импульса. Иными словами, если определяется местоположение передатчика, предполагаемое местоположение устройства связи может быть пересечением окружностей для каждого соответствующего принятого импульса с центром в первых рассеивающих импульсах, считая от передатчика, и окружности с центром в приемнике для принятого импульса или гипотетического соответствия, включающего в себя трассу передачи LOS. Если определяется местоположение приемника, предполагаемое местоположение или местоположения могут быть пересечением окружностей для каждого соответствующего принятого импульса с центром в последних рассеивающих центрах перед приемником и окружности с центром в передатчике для гипотетического соответствия, включающего трассу передачи LOS.

Обратимся также к фиг.4D, на которой приведен пример оценки местоположения устройства связи на основе пересечения геометрических мест 412 возможных местоположений в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Фиг.4D является продолжением того же примера, что приведен на фиг.2 и фиг.4A-4C. Предполагаемое местоположение устройства связи или передатчика (Т) в данном примере представляет собой пересечение 414.

В блоке 112 может быть погрешность пересечения посредством задания набора контрольных точек на одном из круговых геометрических мест. Для каждой контрольной точки эта точка может быть подставлена в каждое из остальных геометрических мест, и для каждой подстановки вычисляется остаточная погрешность. Погрешность пересечения в каждой контрольной точке может быть определена как сумма остаточных погрешностей от каждого геометрического места в блоке 110. Возможным местоположением устройства связи может быть выбрана контрольная точка с минимальной суммой остаточных погрешностей. Погрешность пересечения для этого набора геометрических мест - это погрешность пересечения, соответствующая предполагаемому местоположению устройства связи. Фиг.5 иллюстрирует пример определения остаточной погрешности для предполагаемого местоположения устройства связи в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. На фиг.5 приведен график зависимости остаточной погрешности от индекса точки на геометрическом месте. По вертикальной оси отложена сумма остаточных погрешностей на всех других геометрических местах, а

по горизонтальной оси отложен индекс точки на геометрическом месте 0. Пример способа определения погрешности пересечения для каждой оценки местоположения устройства связи более подробно описан ниже со ссылкой на фиг.9.

В блоке 114 может быть определено, требуется ли оценивать местоположение для другого гипотетического времени передачи. Как говорилось выше, если времена передачи импульсов неизвестны, могут быть выдвинуты дополнительные гипотезы для возможных времен передачи и трасс передачи. Если имеется дополнительное гипотетическое время передачи, которое подлежит применению, выполнение способа 100 может вернуться к блоку 106, и способ 100 может далее выполняться так, как описано выше. Если дополнительные гипотетические времена передачи отсутствуют, выполнение способа 100 может перейти к блоку 116.

В блоке 116 может быть определено, требуются ли новые гипотетические соответствия между принятыми импульсами и трассами передачи. Если новые гипотетические соответствия между принятыми импульсами и трассами передачи требуются, выполнение способа 100 может вернуться к блоку 106, и выполнение способа 100 может осуществляться так, как описано выше. Если новое гипотетическое соответствие между принятым импульсом и трассой передачи не требуется в блоке 116, выполнение способа 100 может перейти к блоку 118.

В блоке 118 может быть выбрана наилучшая или оптимальная оценка местоположения для устройства связи (передатчика или приемника) в качестве оценки возможного местоположения устройства связи с наименьшей погрешностью 120 пересечения.

На фиг.6А-6К приведен пример определения предполагаемого местоположения устройства связи, когда время передачи импульса неизвестно, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Может быть определено пересечение геометрических мест 600 для каждой гипотетической трассы передачи для каждого импульса и каждого гипотетического времени 602 передачи импульса ($t_0 = -1,0$; $t_0 = -0,5$; $t_0 = 0,0$ и т.д.) (как в блоке 110 на фиг.1), что на графиках 604-612 приведено как предполагаемое местоположение для устройства связи. Погрешность пересечения для каждой оценки местоположения устройства связи на графиках 604-612 может быть определена способом, аналогичным описанному в отношении блока 112 на фиг.1. График погрешностей пересечения для каждой из соответствующих оценок местоположения устройства связи, приведенных на графиках 604-612, изображен на графиках 614-622. Каждый из графиков 614-622 соответствует соответственно предполагаемым местоположениям, приведенным на графиках 604-612. Графики 614-622 представляют собой зависимости остаточной погрешности от индекса точки. По вертикальной оси отложена сумма остаточных погрешностей на всех других геометрических местах, а по горизонтальной оси отложен индекс точки на геометрическом месте 0. В качестве лучшей или оптимальной оценки местоположения устройства связи может быть выбрана оценка местоположения с самой низкой погрешностью пересечения (определенной в блоке 118 на фиг.1), которая приведена на графике 624 на фиг.6К. График 624 является графиком зависимости минимальных остаточных погрешностей (вертикальная ось) от времени передачи импульса (t_0) 602 (горизонтальная ось) для каждой суммы остаточных погрешностей, приведенных на графиках 614-622. Как следует из графика 624, оптимальная или наилучшая оценка местоположения устройства связи дается пересечением окружностей или геометрических мест на графике 608 в примере, изображенном на фиг.6А-6К.

На фиг.7 приведена блок-схема последовательности операций для примера

способа 700 генерации возможных гипотетических трасс передачи для каждого принятого импульса и времени передачи импульса в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Способ 700 можно применять в блоке 106 способа 100 на фиг.1. В блоке 702 возможные трассы передачи от передатчика (Т) к приемнику (R) включают в себя все сочетания для отражений и рассеяния от любых рассеивающих центров (S_M). Пример определения возможных трасс 800 приведен на фиг.8А-8С. Возможные трассы 800 передачи могут включать в себя прямую трассу Т-Р 802, одно отражение от каждого рассеивающего центра S_M , Т- S_j -Р 804, Т- S_M -Р 806, двойное отражение Т- S_j - S_M -Р 808 или Т- S_M - S_j -Р 810. Общее число возможных трасс для М рассеивающих центров может быть представлено уравнением 1:

$$N_{\text{трасс}} = 1 + M * \left(\sum_{i=1}^{K-1} (M-1)^i \right) \quad (1)$$

где $N_{\text{трасс}}$ - число трасс, а К - максимальное число отражений на трассе.

Гипотеза может включать в себя время передачи t_0 и $N_{\text{импульсов}}$ пар из импульсов и трасс передачи. Трасса передачи может определяться или задаваться значением Трасса $_j$, где j - целое число между 1 и $N_{\text{трасс}}$. Импульс может определяться значением Импульс $_i$, где i - целое число между 1 и $N_{\text{импульс}}$. Соединение импульса Импульс $_i$ и трассы Трасса $_j$ в пару может обозначаться как (Импульс $_i$, Трасса $_j$). Это соединение может представить гипотезу, что Импульс $_i$ является результатом сигнала, проходящего по трассе Трасса $_j$.

Только одна гипотеза может включать в себя время передачи t_0 и $N_{\text{импульсов}}$ пар (импульс, трасса). Каждая пара (импульс, трасса) может иметь неповторяющийся импульс, так чтобы гипотеза включала в себя одну трассу для каждого импульса. Например, если имеется 3 принятых импульса и 10 возможных трасс, то набор пар для гипотезы мог бы быть таким: (Импульс $_1$, Трасса $_{10}$), (Импульс $_2$, Трасса $_1$), (Импульс $_3$, Трасса $_4$).

В блоке 704 могут быть определены все перестановки $N_{\text{трасс}}$ трасс передачи и сгруппированы в наборы элементов (трасс) на основе числа принятых импульсов ($N_{\text{импульсов}}$). Числом перестановок $N_{\text{трасс}}$ трасс за один раз дается выражением: $M = N_{\text{трасс}}! / (N_{\text{трасс}} - N_{\text{импульсов}})!$

Число гипотез N_h может быть получено умножением числа времен передачи N_{tt} на число перестановок трасс М. В блоке 706 каждый набор элементов (трасс) может быть связан или сопоставлен с уникальным импульсом для каждой перестановки. В блоке 708 может быть получено гипотетическое соответствие для каждой перестановки для каждого времени передачи или гипотетического времени передачи, если время передачи неизвестно. Этот способ может быть обобщен на случай применения более одного приемника. В этом случае способ создания трасс передачи может быть применен циклически для получения еще одного набора трасс передачи для каждого приемника.

На фиг.9 приведена блок-схема последовательности операций для примера способа 900 выбора наилучшей или оптимальной оценки местоположения для устройства связи посредством вычисления остаточной погрешности для каждой оценки местоположения в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Способ 900 может применяться для выполнения операций в модуле или блоке 112 на фиг.1. В блоке 902 может быть выбрано одно из геометрических мест возможных местоположений устройства связи (передатчика или приемника). В блоке 904 геометрические места могут быть аппроксимированы набором отдельных точек (x_i, y_i).

В блоке 906 каждая отдельная точка может быть циклически подставлена в другие геометрические места для каждого возможного местоположения устройства связи. Каждая отдельная точка может быть подставлена в математическое представление для других геометрических мест (k) для каждого возможного местоположения

устройства связи. В блоке 908 может быть определена остаточная погрешность для каждой отдельной точки в геометрических местах (k) для каждого другого возможного местоположения устройства связи. (Погрешность_{i,k}=(x_i-x_k)²+(y_i-y_k)²-(r_k)²). Где r_k - радиус геометрических мест (k). В блоке 910 может быть определена сумма квадратов остаточных погрешностей для каждой отдельной точки (Погрешность_i=Σ_k|Погрешность_{i,k}|²).

В блоке 911 может быть определено, были ли выбраны все геометрические места возможных положений устройства связи. Если не все, может быть выбрано геометрическое место для другого из возможных местоположений устройства связи, и выполнение способа 900 может вернуться к блоку 904. Затем способ может выполняться так, как описано выше. Если выбраны все геометрические места возможных местоположений устройства связи, выполнение способа 900 может перейти к блоку 914.

В блоке 914 может быть выбрано возможное местоположение устройства связи в отдельной точке с минимальной суммой остаточных погрешностей. Минимальная сумма остаточных погрешностей может использоваться для выбора точки в качестве показателя погрешности при оценке местоположения.

На фиг.10 приведена таблица 1000, иллюстрирующая пример наборов гипотетических соответствий 1002 между каждым принятым импульсом и возможной трассой передачи, по которой импульс мог быть передан, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Гипотетические соответствия 1002 основаны на примере, приведенном на фиг.2. Гипотетические соответствия могут быть получены способом, аналогичным описанному в отношении блока 106 на фиг.1 и способа 700 на фиг.7. Как показано на фиг.10, первый прибывший импульс или импульс с наименьшим временем прибытия в столбце 1004 может считаться трассой передачи LOS или прямой трассой от передатчика (T1) к приемнику (R1), или трассой 202 передачи на фиг.2. Другие возможные трассы передачи, сопоставляемые с импульсами с более поздним временем прибытия, могут быть трассами передачи NLOS, которые включают в себя рассеивающие центры (S1 или S2 либо оба центра), как показано на фиг.10.

Каждая ячейка в таблице 1000 может представлять геометрическое место или окружность возможных положений передатчика или приемника в зависимости от того, местоположение какого устройства определяется, аналогично тому, как было описано выше в отношении блока 108 на фиг.1 и приведено на фиг.4A-4C.

Предполагаемое местоположение передатчика или приемника может быть пересечением окружностей или геометрических мест для каждого набора гипотетических соответствий для каждого импульса в строке 1006 аналогично тому, как было описано в отношении блока 110 на фиг.1 и приведено на фиг.4D.

Для каждой оценки местоположения для строк 1006 на фиг.10 может быть определена погрешность пересечения аналогично тому, как было описано в блоке 112 и способе 900 на фиг.1. Примеры показателей погрешности для пересечения геометрических мест или окружностей для каждой строки 1006 приведены в столбце 1008 из таблицы 1000. В примере фиг.10 набор гипотетических соответствий с

минимальной ошибкой находится в строке 12 строк 1006. Соответственно, может быть выбрано пересечение геометрических мест или окружностей, образованных гипотетическими соответствиями в строке 12, в качестве наилучшей оценки местоположения, подобно тому, как было описано в блоке 118.

На фиг.11 приведена блок-схема для примера устройства 1100 для определения местоположения устройства связи в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Устройство 1100 само может быть устройством связи, для которого требуется определить местоположение, или устройство 1100 может быть связано с другим устройством, для которого требуется определить местоположение. Устройство 1100 может быть частью средства передвижения или другое устройство может быть средством передвижения, таким как аэрокосмическое средство передвижения, наземное средство передвижения, водное средство передвижения или средство передвижения иного типа.

Устройство 1100 может включать в себя процессор и управляющий логический блок 1102 для управления работой других компонентов устройства 1100. В процессоре и управляющем логическом блоке 1102 может действовать модуль 1104 определения местоположения. Модуль 1104 определения местоположения может включать в себя гипотетический элемент оценки или проверки гипотетической трассы передачи. Способ 100 может быть реализован в модуле 1104 определения местоположения, включающем в себя элемент оценки или проверки гипотетической трассы передачи. В процессоре и управляющем логическом блоке 1102 могут действовать другие модули, программы или тому подобное 1106 для выполнения других функций и операций, связанных с устройством 1100.

Устройство 1100 может также включать в себя радиопередатчик 1108 для передачи сигналов через антенную систему 1110 другому устройству связи (передатчику или приемнику) 1111. Переданные сигналы могут отражаться или рассеиваться рассеивающими центрами подобно тому, как описано выше.

Устройство 1100 может также включать в себя радиоприемник 1112 для приема сигналов через антенную систему 1110 от других устройств связи 1111.

Устройство 1100 может также включать в себя пользовательский интерфейс 1114, позволяющий оператору использовать устройство 1100 и управлять его работой. Пользовательский интерфейс может включать в себя динамик 1116 для передачи пользователю звуковых сигналов и микрофон 1118 для приема от пользователя голосовых сообщений для преобразования их в радиочастотные сигналы для передачи радиопередатчиком 1108. Пользовательский интерфейс 1114 может также включать в себя дисплей 1120, кнопочную панель 1122 или подобное устройство и функциональные кнопки, джойстик или подобное управляющее устройство 1124, чтобы пользователь мог вводить команды для работы устройства 1100.

Устройство 1100 может также включать в себя источник 1126 питания. Источник 1126 питания может быть батареей или другим устройством накопления энергии, обеспечивающим мобильную работу устройства 1100.

Блок-схемы последовательности операций и блок-схемы на чертежах иллюстрируют архитектуру, функциональные возможности и работу возможных вариантов реализации систем, способов и компьютерных программных продуктов согласно различным вариантам выполнения изобретения. В этом отношении каждый блок в блок-схеме последовательности операций или блок-схемах может представлять модуль, сегмент или участок кода, который содержит одну или несколько исполняемых команд для реализации определенной(ых) логической(их) функции(ий).

Следует также заметить, что в некоторых альтернативных вариантах реализации функции, указанные в блоке, могут выполняться в порядке, отличном от указанного на чертежах. Например, два блока, изображенные последовательно, могут в действительности выполняться по существу одновременно или блоки могут иногда выполняться в обратном порядке в зависимости от используемых функциональных возможностей. Следует также заметить, что каждый блок на блок-схемах последовательности операций и (или) блок-схемах и сочетаниях блоков на блок-схемах последовательности операций и (или) блок-схемах могут быть реализованы при помощи аппаратной системы специального назначения, которая выполняет определенные функции или действия, или при помощи сочетаний аппаратной системы специального назначения и компьютерных команд.

Используемая в настоящей заявке терминология предназначена только для описания частных вариантов выполнения и не накладывает никаких ограничений на изобретение. В настоящей заявке подразумевается, что формы единственного числа включают в себя также формы множественного числа, если иное не следует с очевидностью из контекста. Следует также понимать, что термины "содержит" и (или) "содержащий", используемые в настоящем описании, указывают на наличие перечисленных признаков, целых чисел, этапов, операций, элементов и (или) компонентов, но не исключают наличия или добавления одного или нескольких иных признаков, целых чисел, этапов, операций, элементов, компонентов и (или) их групп.

Хотя в настоящей заявке были проиллюстрированы и описаны частные варианты выполнения, специалистам в данной области техники должно быть понятно, что любая схема, которая, согласно расчетам, обеспечивает достижение той же цели, может заменить приведенные частные варианты выполнения, и что изобретение имеет другие применения при других условиях. Подразумевается, что настоящая заявка охватывает любые адаптации и видоизменения настоящего изобретения.

Нижеприведенная формула ни в коей мере не подразумевает ограничение объема изобретения частными вариантами выполнения, описанными в настоящей заявке.

Формула изобретения

1. Способ (100) определения местоположения устройства связи, предусматривающий:

измерение (104) времени прибытия для каждого импульса, принятого в приемнике; генерирование (106) набора гипотетических соответствий между каждым принятым импульсом и трассой передачи между передатчиком и приемником, причем устройство связи, местоположение которого определяется, является одним из передатчика и приемника; при этом генерирование набора гипотетических соответствий включает: определение возможных трасс передачи от передатчика к приемнику, включая все сочетания для любых отражений или рассеиваний от любых рассеивающих центров; и определение, по существу, всех перестановок трасс передачи, сгруппированных в наборы различных трасс передачи на основе числа импульсов, принятых приемником, связывание каждой трассы передачи в каждом наборе трасс передачи с уникальным импульсом из импульсов, принятых для каждой перестановки, и создание гипотетического соответствия между уникальным импульсом и связанной трассы передачи для каждой перестановки, причем уникальный импульс может следовать по соответствующей трассе передачи;

определение ошибки пересечения для каждого гипотетического соответствия, при этом каждое гипотетическое соответствие образует геометрическое место

предполагаемых расположений устройства связи и пересечение мест расположений набора различных гипотетических соответствий обеспечивает оценку местоположения устройства связи, причем ошибка пересечения обеспечивает индикацию того, что пересечение мест расположений для каждого набора гипотетических соответствий, по существу, находится в одной точке для оценки места расположения устройства связи, и при этом ошибку пересечений рассчитывают как сумму остаточных погрешностей каждого гипотетического местоположения; и оценку (110) местоположения устройства связи при помощи набора гипотетических соответствий с самой низкой погрешностью пересечений (120).

2. Способ по п.1, в котором оценка местоположения устройства связи предусматривает определение геометрического места возможных местоположений устройства связи для каждого импульса с использованием гипотетических соответствий.

3. Способ по п.2, дополнительно предусматривающий определение предполагаемого местоположения устройства связи как пересечение геометрических мест возможных местоположений устройства связи для каждого набора гипотетических соответствий для каждого импульса.

4. Способ по п.1, в котором определение ошибки пересечения предусматривает: аппроксимацию каждого геометрического места возможных местоположений устройства связи набором отдельных точек;

циклическое подставление каждой отдельной точки в другие геометрические места для каждого возможного положения устройства связи;

определение остаточной погрешности для каждой отдельной точки в геометрических местах для каждого возможного местоположения устройства связи;

определение суммы квадратов остаточных погрешностей для каждой отдельной точки; и выбор предполагаемого местоположения устройства связи в виде отдельной точки с минимальной суммой остаточных погрешностей.

5. Способ по п.2, дополнительно предусматривающий:

определение гипотетического времени передачи для каждого импульса в ответ на неизвестность времени передачи для каждого импульса;

генерирование дополнительного набора гипотетических соответствий для каждого гипотетического времени передачи и трассы передачи;

определение местоположения возможных местоположений устройства связи при помощи каждого набора гипотетических трасс передачи для каждого импульса и каждого гипотетического времени передачи; и

определение предполагаемого местоположения устройства связи как пересечение возможных геометрических мест местоположений устройства связи для каждого набора гипотетических соответствий для каждого импульса и для каждого гипотетического времени передачи.

6. Способ по п.2, в котором определение геометрического места возможных местоположений устройства связи предусматривает образование окружности с центром в первом рассеивающем центре, считая от устройства связи, в каждом гипотетическом соответствии, включающем трассу передачи NLOS, если устройство связи, местоположение которого определяется, является передатчиком.

7. Способ по п.2, в котором определение геометрического места возможных местоположений устройства связи предусматривает образование окружности с центром в последнем рассеивающем центре, перед устройством связи, в каждом гипотетическом соответствии, включающем трассу передачи NLOS, если устройство

связи, местоположение которого определяется, является приемником.

8. Способ по п.1, дополнительно предусматривающий формирование набора возможных трасс передачи от передатчика к приемнику.

9. Способ по п.8, в котором формирование набора возможных трасс передачи предусматривает:

формирование прямой трассы передачи от передатчика к приемнику;

формирование всех сочетаний для отражений от любых рассеивающих центров; и
определение всех перестановок возможных трасс передачи, сгруппированных в

наборы элементов на основе числа импульсов, принятых приемником.

10. Способ по п.9, дополнительно предусматривающий связывание каждого набора элементов с уникальным принятым импульсом для каждой перестановки.

11. Способ по п.10, дополнительно предусматривающий образование каждого гипотетического соответствия, связанного с уникальным импульсом для каждого времени передачи или гипотетического времени передачи.

12. Способ по п.11, дополнительно предусматривающий определение местоположения любых рассеивающих центров.

13. Способ по п.12, дополнительно предусматривающий оценку местоположения приемника, если устройство связи, местоположение которого определяется, является передатчиком; и

оценку местоположения передатчика, если устройство связи, местоположение которого определяется, является приемником.

14. Устройство хранения, содержащее компьютерную программу, установленную для осуществления стадий, описанных в пп.1-13.

15. Устройство для определения местоположения устройства связи, содержащее: процессор; и

модуль определения местоположения, включающий элемент оценки

гипотетического соответствия, действующий на процессоре, для оценки соответствия между каждым принятым импульсом и возможной трассой передачи импульса для определения местоположения устройства связи, при этом модуль определения местоположения включает:

средство для измерения времени прибытия для каждого импульса, принятого в приемнике;

средство для генерации набора гипотетических соответствий, при этом средство генерации набора гипотетических соответствий включает средство определения возможных трасс передачи от передатчика к приемнику, включая все сочетания для любых отражений или рассеиваний от любых рассеивающих центров;

средство определения, по существу, всех перестановок трасс передачи, сгруппированных в наборы различных трасс передачи на основе числа импульсов, принятых приемником,

связывание каждой трассы передачи в каждом наборе различных трасс передачи с уникальным импульсом из импульсов, принятых для каждой перестановки, и создание гипотетического соответствия между уникальным импульсом и связанной трассы передачи для каждой перестановки, причем уникальный импульс может следовать по соответствующей трассе передачи;

средство определения ошибки пересечения для каждого гипотетического соответствия, при этом каждое гипотетическое соответствие образует геометрическое место предполагаемых расположений устройства связи и пересечение мест расположений набора различных гипотетических соответствий обеспечивает оценку

местоположения устройства связи, причем ошибка пересечения обеспечивает индикацию того, что пересечение мест расположений для каждого набора гипотетических соответствий, по существу, находится в одной точке для оценки места расположения устройства связи, и при этом ошибку пересечений рассчитывают как
5 сумму остаточных погрешностей каждого гипотетического местоположения; и средство оценки местоположения устройства связи при помощи набора гипотетических соответствий с самой низкой погрешностью пересечений (120).

16. Средство передвижения, содержащее устройство по п.15.

10

15

20

25

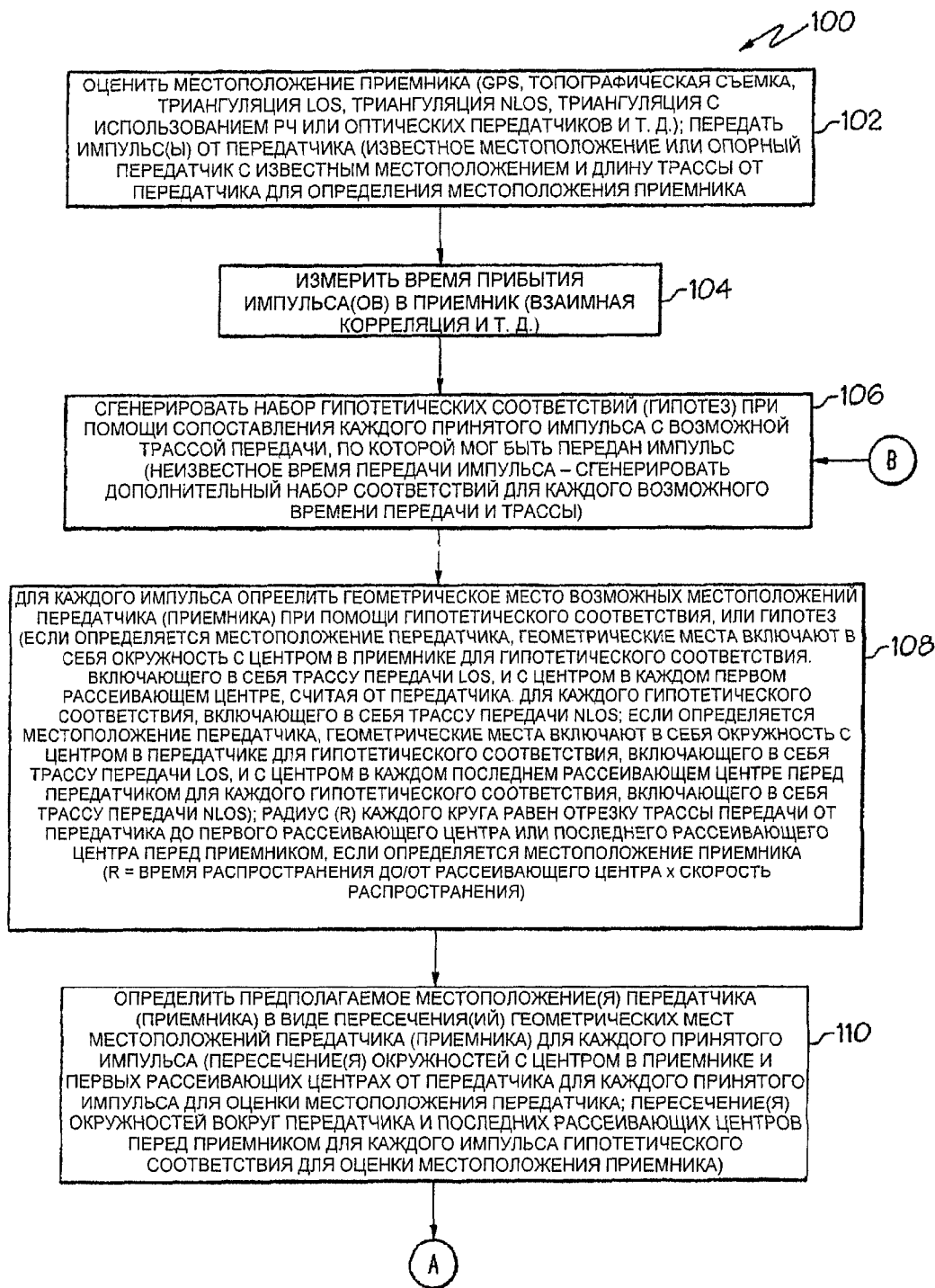
30

35

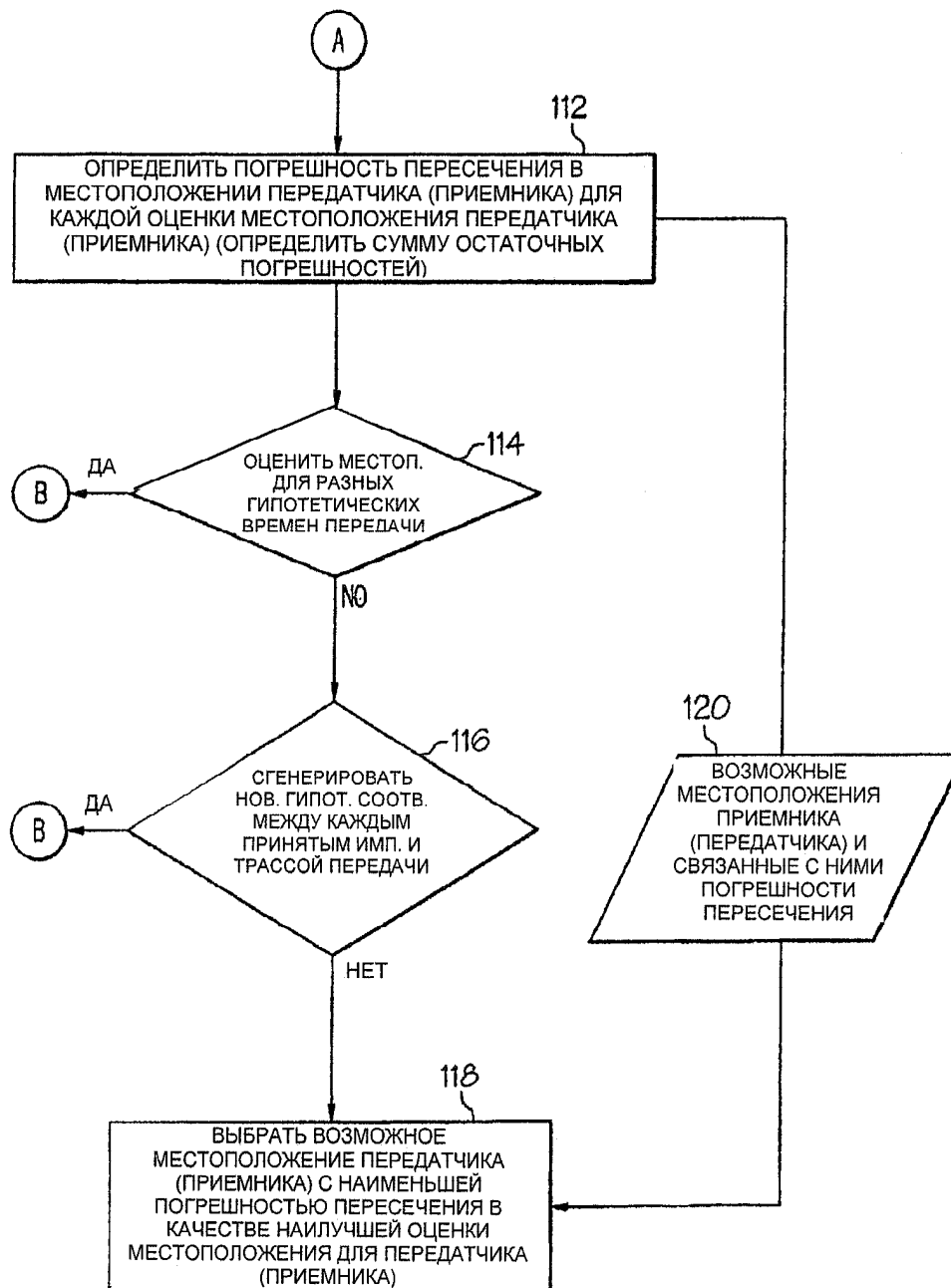
40

45

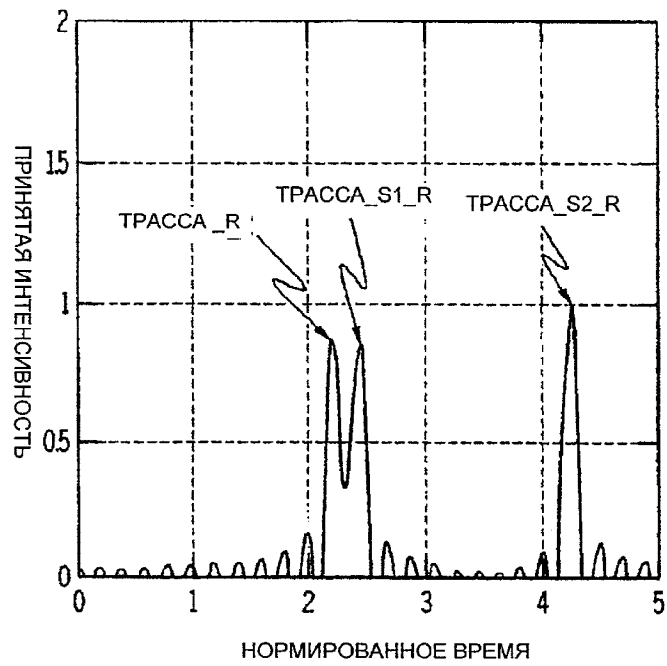
50



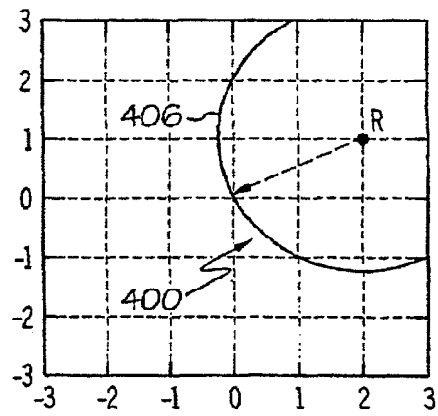
ФИГ. 1А



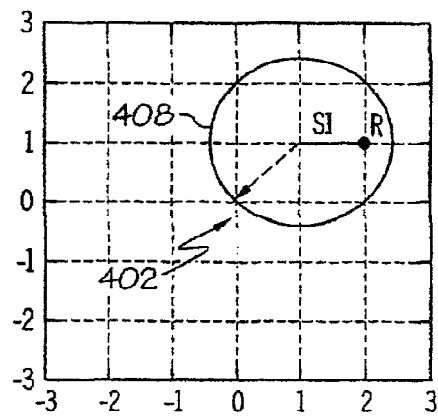
ФИГ. 1В



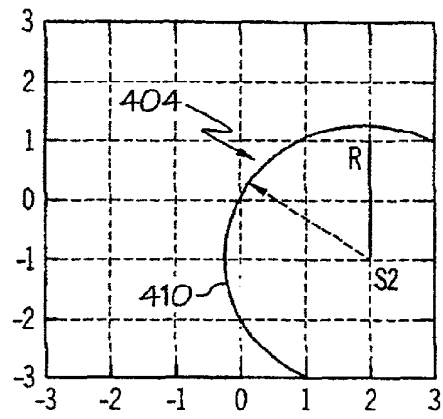
ФИГ. 3



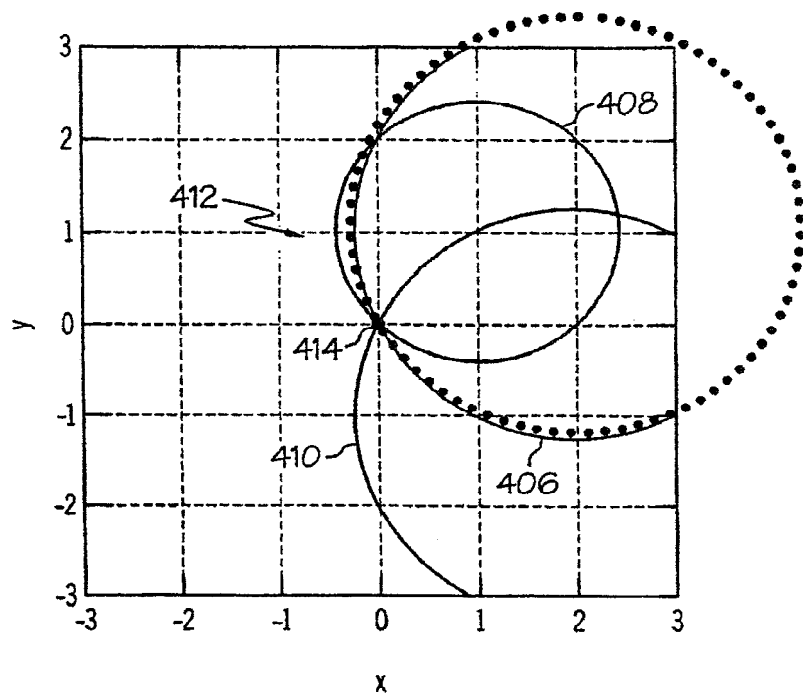
ФИГ. 4А



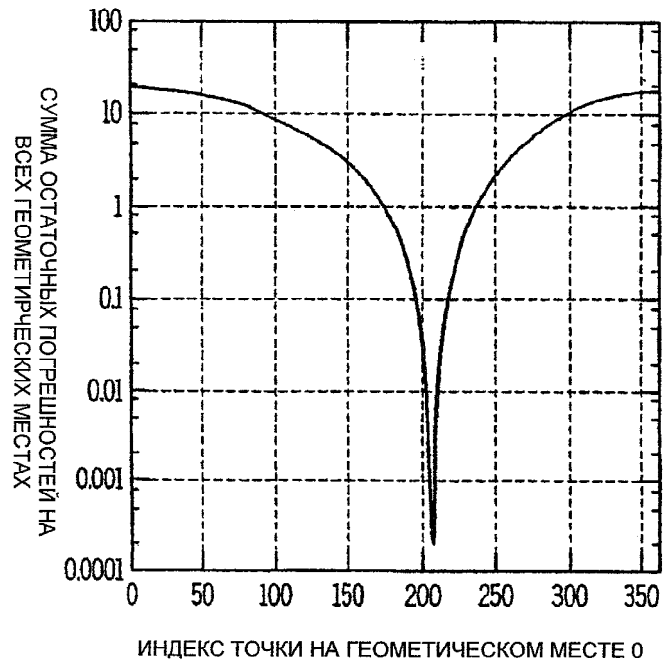
ФИГ. 4В



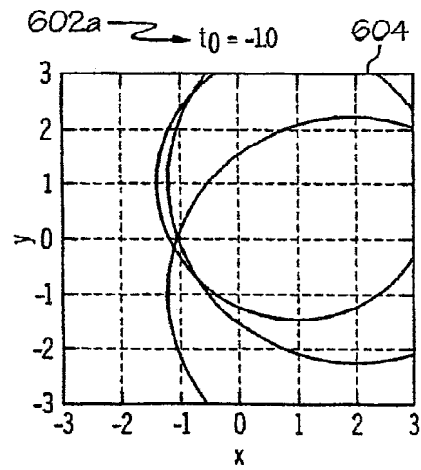
ФИГ. 4С



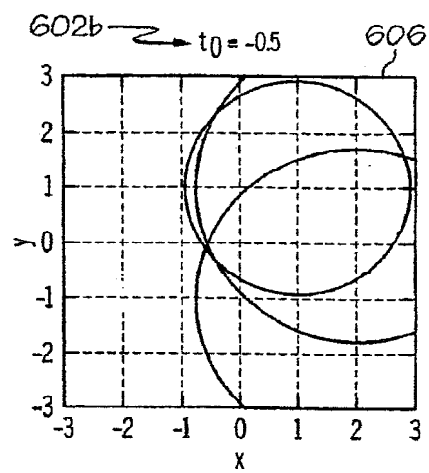
ФИГ. 4D



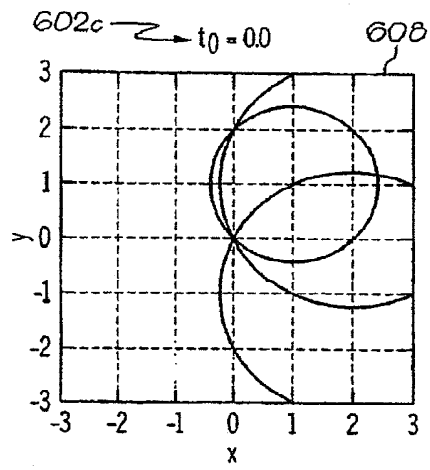
ФИГ. 5



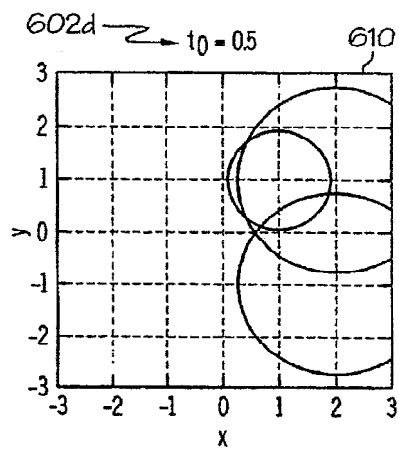
ФИГ. 6А



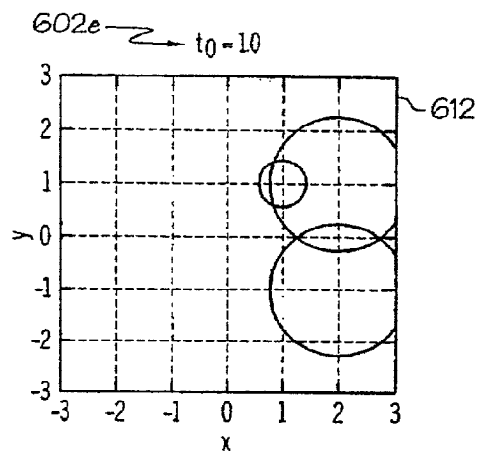
ФИГ. 6В



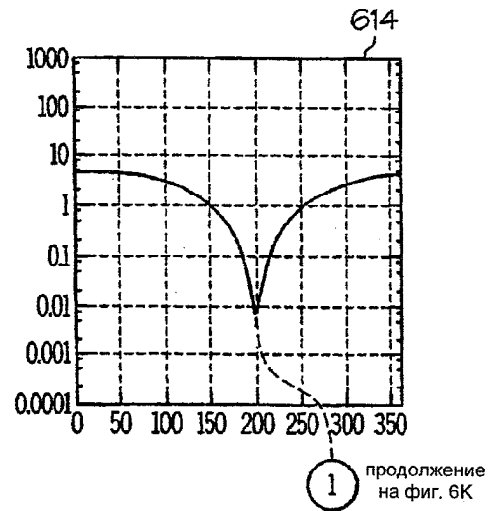
ФИГ. 6С



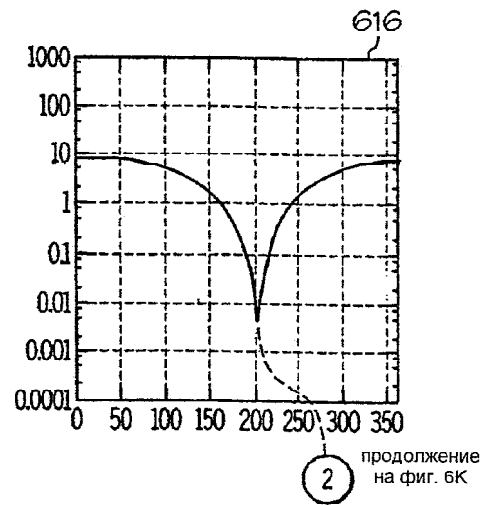
ФИГ. 6D



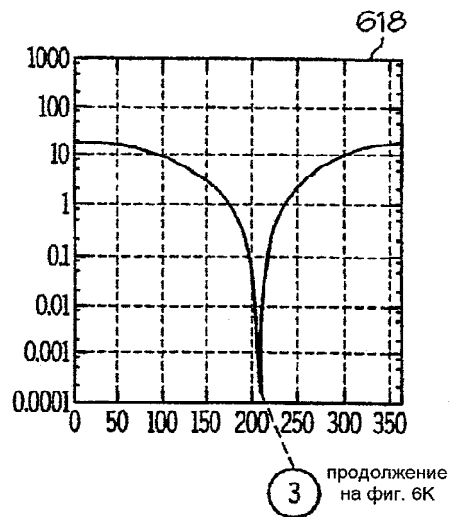
ФИГ. 6Е



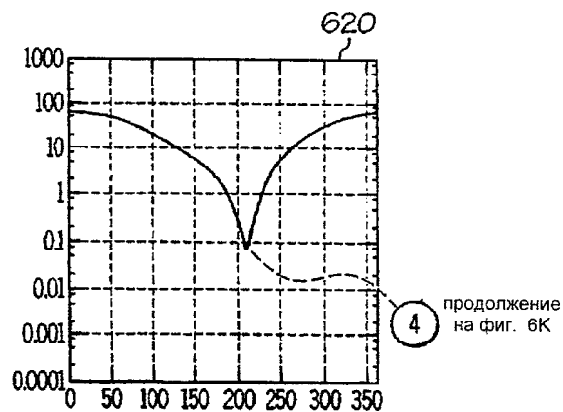
ФИГ. 6F



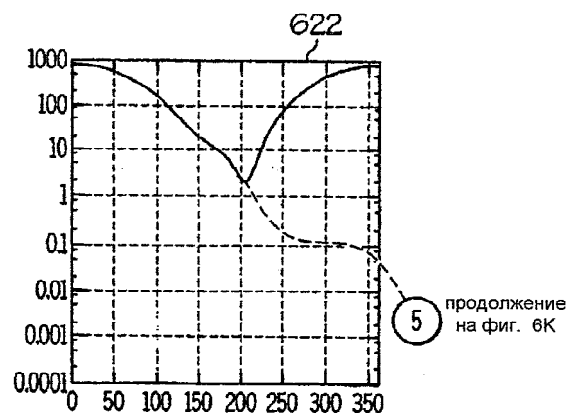
ФИГ. 6G



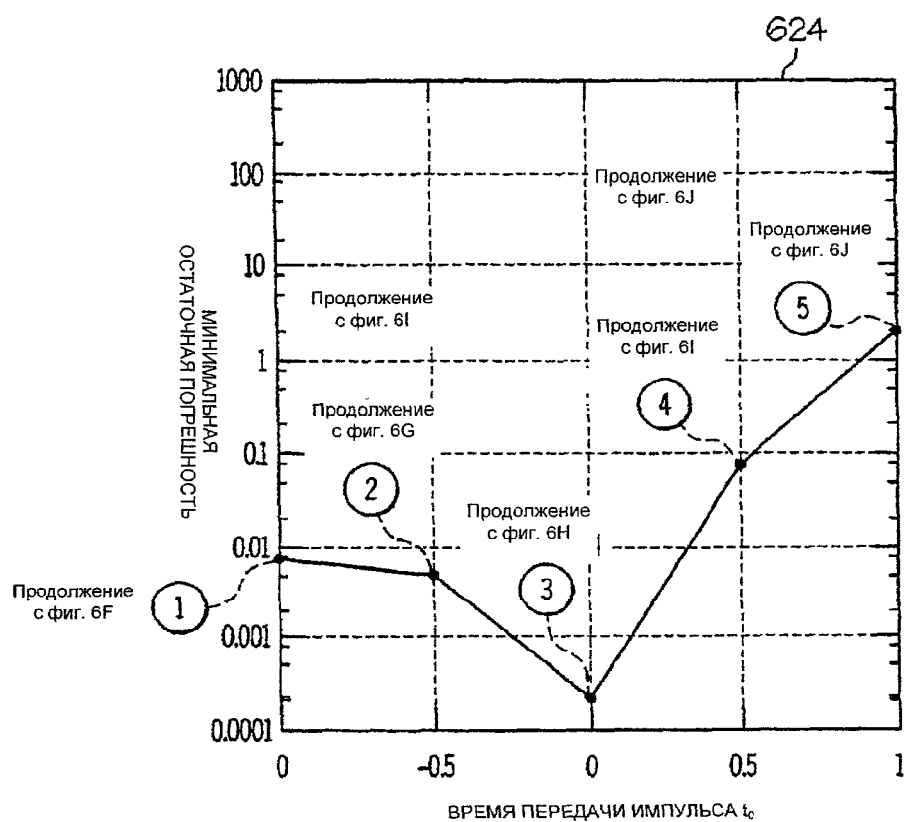
ФИГ. 6H



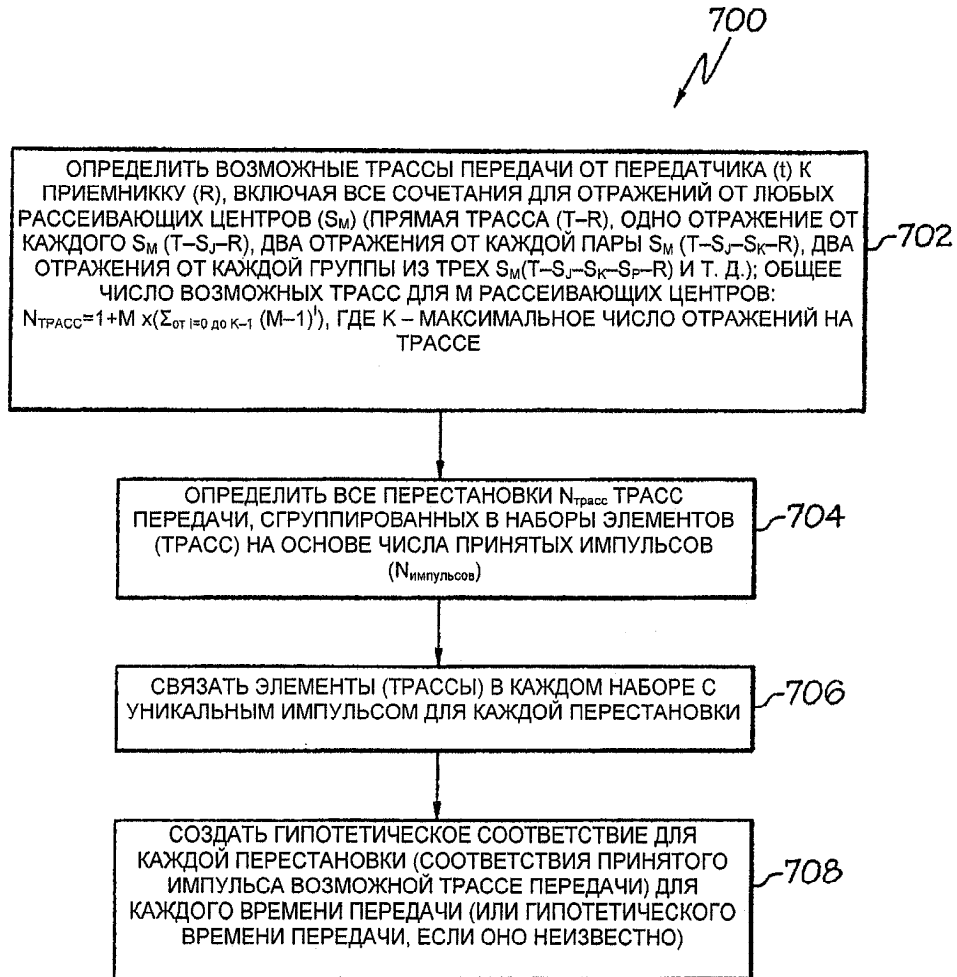
ФИГ. 6I



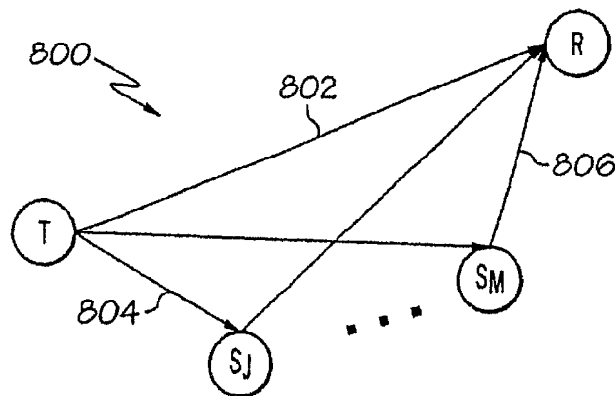
ФИГ. 6J



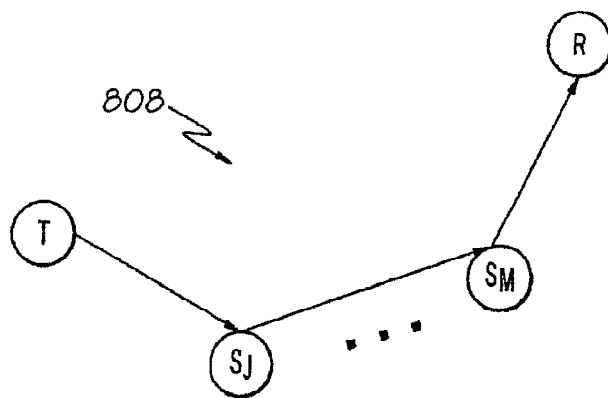
ФИГ. 6K



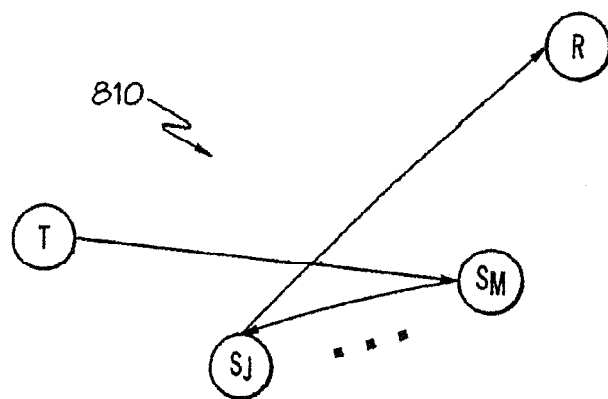
ФИГ. 7



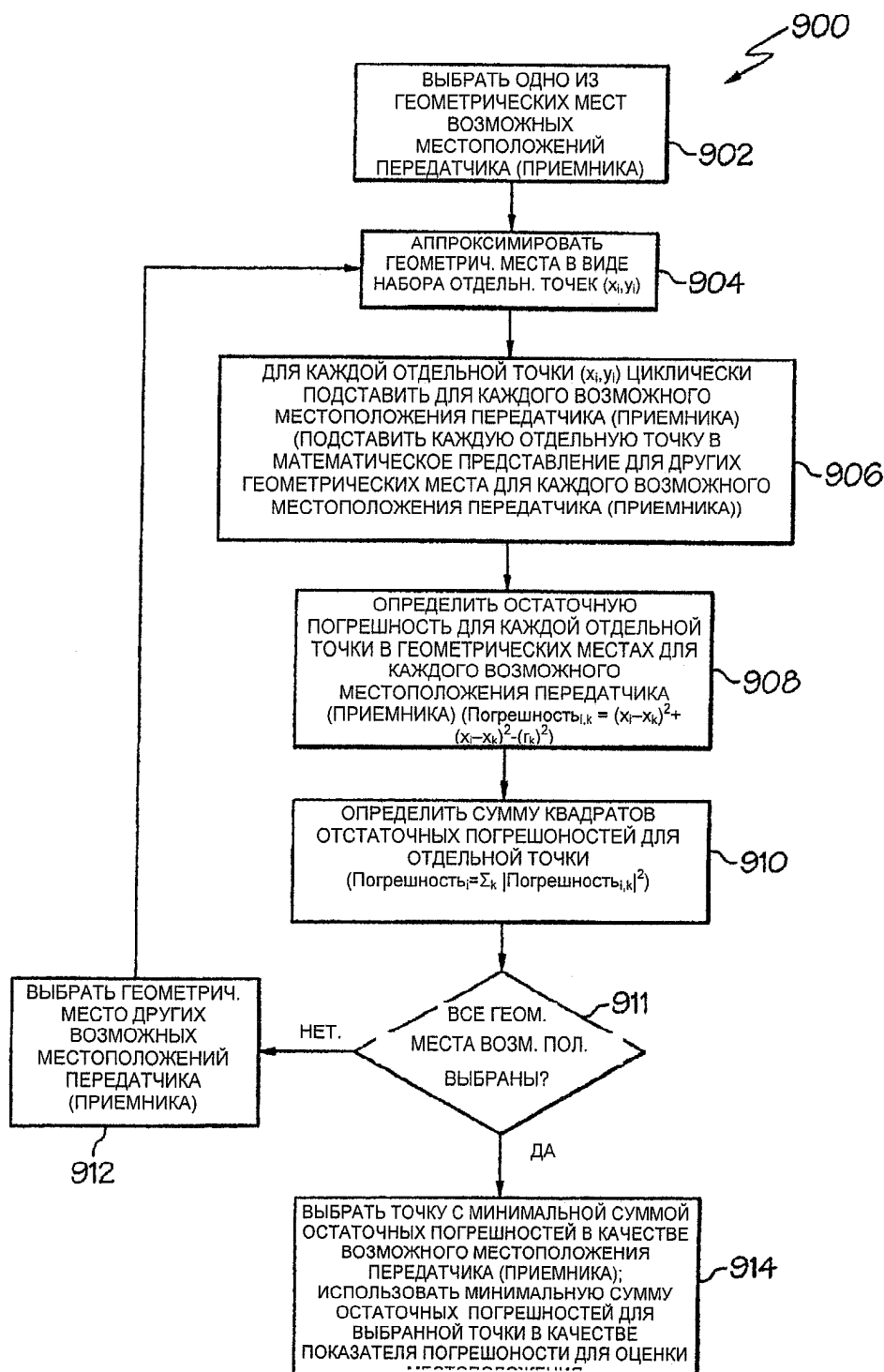
ФИГ. 8А



ФИГ. 8В



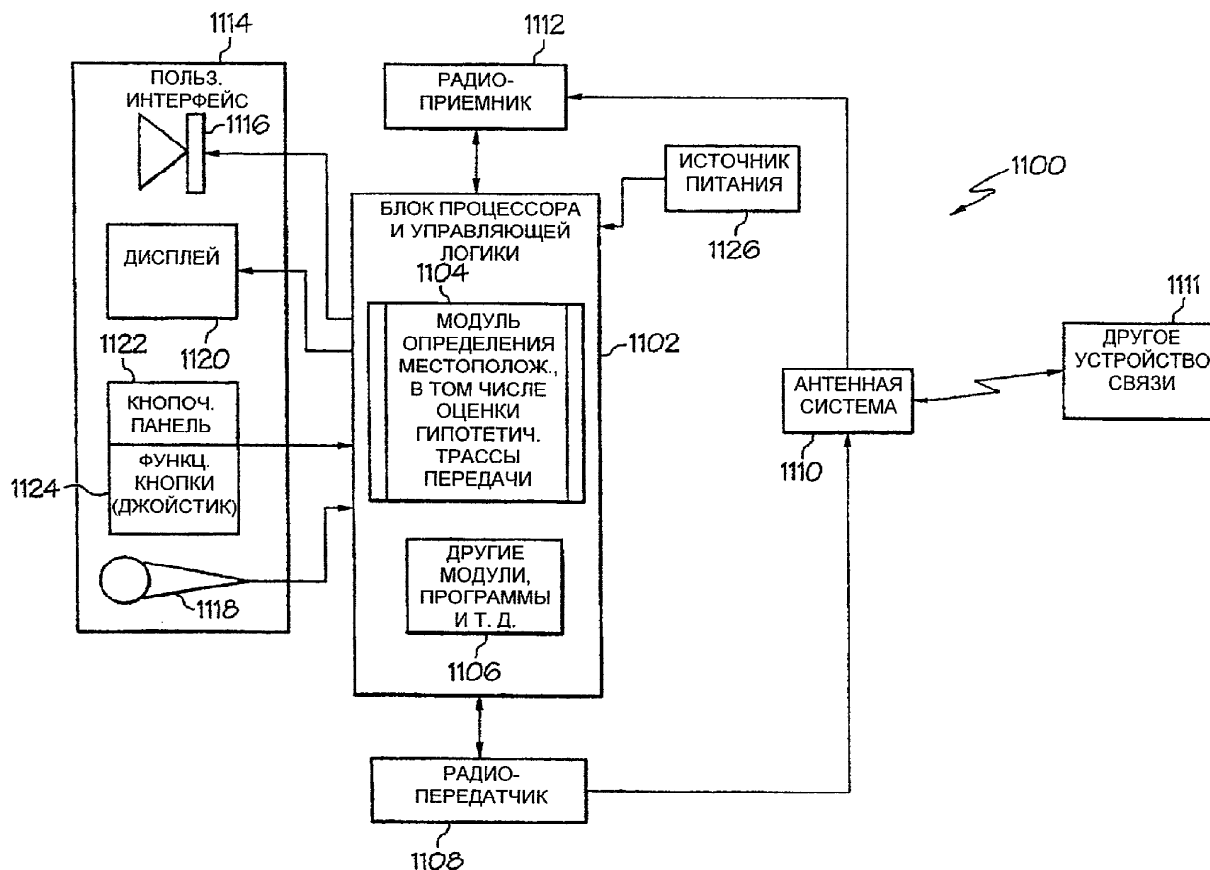
ФИГ. 8С



ФИГ. 9

Гипотеза соответствия трасса, время	Трасса со временем прибытия 1 (перв. импульс)	Трасса со временем прибытия 2 (втор. импульс)	Трасса со временем прибытия 3 (трет. импульс)	Трасса со временем прибытия 4 (четв. импульс)	Трасса со временем прибытия 5 (пятый импульс)	Показатель погрешности пересечения	
1	T1R1	T1S1R1	T1S2R1	T1S1S2R1	T1S2S1R1	0.361906636	
2	T1R1	T1S1R1	T1S2R1	T1S2S1R1	T1S1S2R1	0.496401306	
3	T1R1	T1S1R1	T1S1S2R1	T1S2R1	T1S2S1R1	0.368550342	
4	T1R1	T1S1R1	T1S1S2R1	T1S2S1R1	T1S2R1	0.7442371	
5	T1R1	T1S1R1	T1S2S1R1	T1S2R1	T1S1S2R1	0.363881818	
6	T1R1	T1S1R1	T1S2S1R1	T1S1S2R1	T1S2R1	0.894663592	
7	T1R1	T1S1R1	T1S1R1	T1S1S2R1	T1S2S1R1	0.702465504	
8	T1R1	T1S1R1	T1S1R1	T1S2S1R1	T1S1S2R1	0.125040905	
9	T1R1	T1S1R1	T1S1S2R1	T1S1R1	T1S2S1R1	0.238052047	
10	T1R1	T1S1R1	T1S1S2R1	T1S2S1R1	T1S1R1	0.12048409	
11	T1R1	T1S1R1	T1S2S1R1	T1S1R1	T1S1S2R1	0.485571384	
12	T1R1	T1S1R1	T1S2S1R1	T1S1S2R1	T1S1R1	0.007894174	Лучшая гип.
13	T1R1	T1S1S2R1	T1S1R1	T1S2R1	T1S2S1R1	0.740014404	
14	T1R1	T1S1S2R1	T1S1R1	T1S2S1R1	T1S2R1	0.892787746	
15	T1R1	T1S1S2R1	T1S2R1	T1S1R1	T1S2S1R1	0.279782831	
16	T1R1	T1S1S2R1	T1S2R1	T1S2S1R1	T1S1R1	0.958507357	
17	T1R1	T1S1S2R1	T1S2S1R1	T1S1R1	T1S2R1	0.712076548	
18	T1R1	T1S1S2R1	T1S2S1R1	T1S2R1	T1S1R1	0.515109042	
19	T1R1	T1S2S1R1	T1S1R1	T1S2R1	T1S1S2R1	0.097231853	
20	T1R1	T1S2S1R1	T1S1R1	T1S1S2R1	T1S2R1	0.125353106	
21	T1R1	T1S2S1R1	T1S2R1	T1S1R1	T1S1S2R1	0.304184484	
22	T1R1	T1S2S1R1	T1S2R1	T1S1S2R1	T1S1R1	0.607146616	
23	T1R1	T1S2S1R1	T1S1S2R1	T1S1R1	T1S2R1	0.998244032	
24	T1R1	T1S2S1R1	T1S1S2R1	T1S2R1	T1S1R1	0.965963426	
						Мин. погр.	0.007894174

ФИГ. 10



ФИГ. 11