

R U 2 6 9 1 7 4 1 C 2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19)

RU (11)

2 691 741 (13) **C2**

(51) МПК
H04B 7/185 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H04B 7/18506 (2013.01); *H04W 16/28* (2013.01); *H04W 64/003* (2013.01)

(21)(22) Заявка: 2016148222, 21.05.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.05.2015

Дата регистрации:
18.06.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
28.05.2014 DE 102014210204.9

(43) Дата публикации заявки: 28.06.2018 Бюл. № 19

(45) Опубликовано: 18.06.2019 Бюл. № 17

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 28.12.2016

(86) Заявка РСТ:
EP 2015/061273 (21.05.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2015/181045 (03.12.2015)

Адрес для переписки:
105082, Москва, Спартаковский пер., 2, стр. 1,
секция 1, этаж 3, ЕВРОМАРКПАТ

(72) Автор(ы):

ХОММЕЛЬ Петер (DE),
ЛИБЕ Йёрг (DE)

(73) Патентообладатель(и):

ЛЮФТГАНЗА ЗЮСТЕМС ГМБХ УНД
КО. КГ (DE)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2009186611 A1, 23.07.2009.
RU2427078 C1, 20.08.2011. US 2011032149 A1,
10.02.2011. US 2006264242 A1, 23.11.2006.

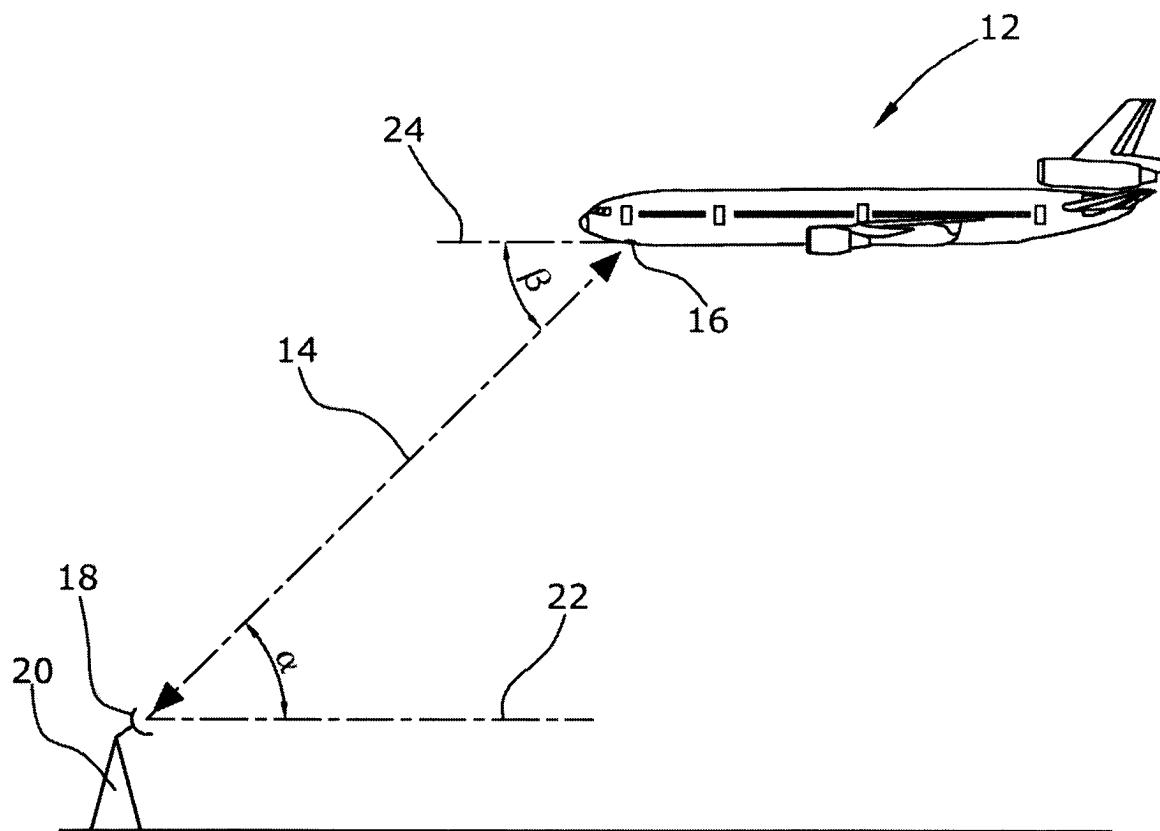
(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ СВЯЗИ "ВОЗДУХ-ЗЕМЛЯ" С ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике беспроводной связи, в частности к передаче данных между воздушными судами и по меньшей мере одной наземной станцией. Технический результат заключается в предотвращении создания помех в работе наземных сетей, с одной стороны, и предотвращении вмешательства с земли в работу линии связи "воздух-земля", с другой стороны. Устройство для связи воздух-земля между воздушным судном (12) и наземной станцией (20), причем как воздушное судно (12),

так и наземная станция (20) содержат антенны (16, 18) для направленной передачи (14) радиоданных, отличается тем, что передача (14) данных выполняется в полосе частот от 60 до 90 ГГц, а антенна (18) наземной станции (20) передает и принимает данные исключительно в диапазоне углов α по меньшей мере в 5 градусов в восходящем направлении относительно горизонтальной плоскости (22). 2 н. и 21 з.п. ф-лы, 1 ил.

R U 2 6 9 1 7 4 1 C 2



Фиг. 1

R U 2 6 9 1 7 4 1 C 2

R U 2 6 9 1 7 4 1 C 2

RUSSIAN FEDERATION



(19)

RU (11)

2 691 741 (13) C2

(51) Int. Cl.
H04B 7/185 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

H04B 7/18506 (2013.01); H04W 16/28 (2013.01); H04W 64/003 (2013.01)

(21)(22) Application: 2016148222, 21.05.2015

(24) Effective date for property rights:
21.05.2015

Registration date:
18.06.2019

Priority:

(30) Convention priority:
28.05.2014 DE 102014210204.9

(43) Application published: 28.06.2018 Bull. № 19

(45) Date of publication: 18.06.2019 Bull. № 17

(85) Commencement of national phase: 28.12.2016

(86) PCT application:
EP 2015/061273 (21.05.2015)

(87) PCT publication:
WO 2015/181045 (03.12.2015)

Mail address:
105082, Moskva, Spartakovskij per., 2, str. 1,
sektsiya 1, etazh 3, EVROMARKPAT

(72) Inventor(s):

KHOMMEL Peter (DE),
LIBE Jerg (DE)

(73) Proprietor(s):

Lufthansa Systems GmbH & Co. KG (DE)

(54) DEVICE AND METHOD FOR AIR-TO-GROUND COMMUNICATION OF AIRCRAFT

(57) Abstract:

FIELD: electrical communication engineering.

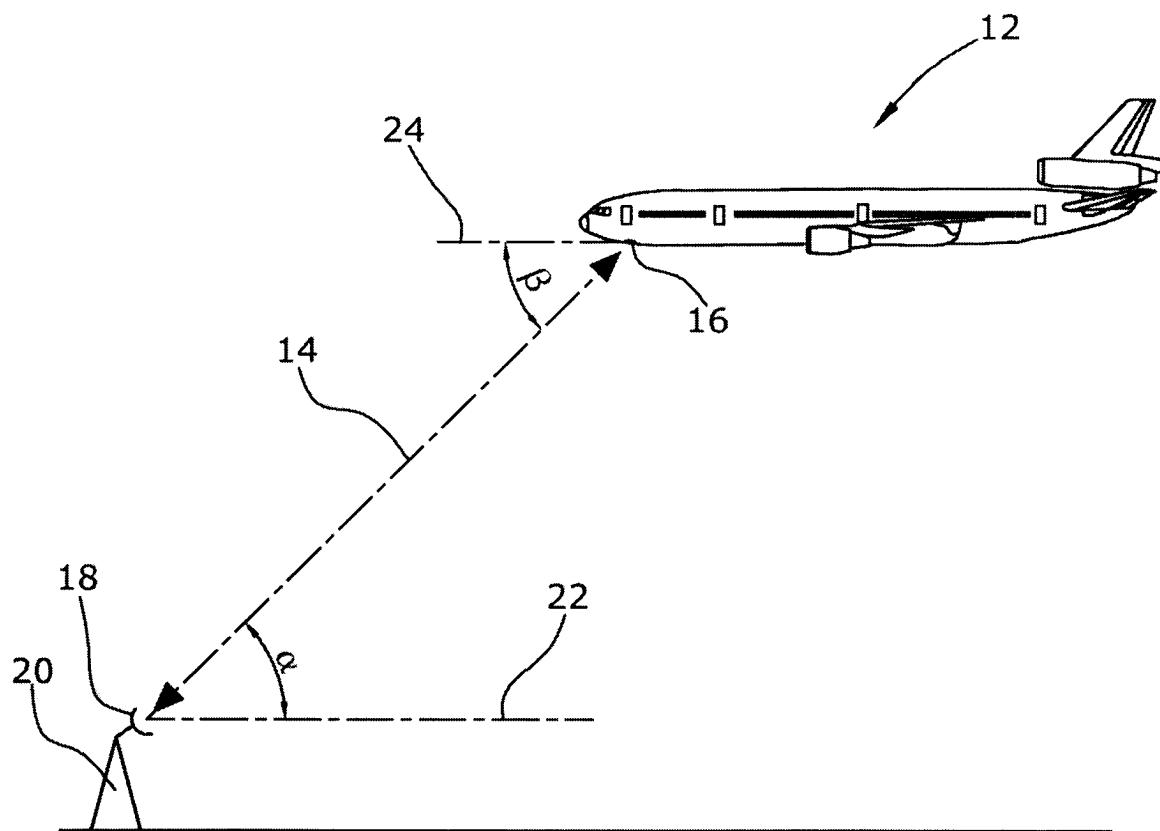
SUBSTANCE: invention relates to wireless communication engineering, particularly to data transmission between aircraft and at least one ground station. Device for air-to-ground communication between aircraft (12) and ground station (20), wherein both aircraft (12) and ground station (20) comprise antennae (16, 18) for radio data directional transmission (14), characterized in that data transmission (14) is performed in frequency band from 60 to 90 GHz, and

antenna (18) of ground station (20) transmits and receives data exclusively in a range of angles α at least 5 degrees in upward direction relative to horizontal plane (22).

EFFECT: technical result consists in prevention of interference in operation of ground networks, on the one hand, and prevention of interference from ground to operation of air-to-ground communication line, on the other side.

23 cl, 1 dwg

R U 2 6 9 1 7 4 1 C 2



Фиг. 1

R U 2 6 9 1 7 4 1 C 2

Изобретение относится к способу передачи данных между воздушным судном и по меньшей мере одной наземной станцией.

Передача данных между воздушным судном и наземными станциями имеет значение, прежде всего, в области пассажирской авиации. В этой области имеется возрастающая потребность в методах передачи данных, позволяющих пассажирам воздушного судна делать телефонные вызовы или пользоваться интернетом. В настоящем тексте понятие "воздушные суда" охватывает, прежде всего, самолеты, вертолеты и космические корабли.

При передаче данных между наземными станциями и воздушным судном трудность заключается в предоставлении большому количеству пассажиров возможности выполнения передачи данных с достаточной шириной полосы.

Целью изобретения является создание улучшенного устройства для передачи данных по меньшей мере между одной наземной станцией и воздушным судном, а также разработка соответствующего способа.

В предлагаемом в изобретении устройстве для связи воздух-земля между воздушным судном и наземной станцией как воздушное судно, так и наземная станция содержат антенны для направленной передачи радиоданных. При этом передача данных выполняется в полосе частот от 60 до 90 ГГц, а антенна наземной станции передает и принимает данные исключительно в диапазоне углов α места, составляющих по меньшей мере 5 градусов относительно горизонтальной плоскости, с обеспечением невозможности передачи и приема данных наземной станцией под углом α места, меньшим 5 градусов.

Как указано выше, передача данных между воздушным судном и наземной станцией выполняется по радио в полосе частот от 60 до 90 ГГц. В этом отношении является особо значимым то обстоятельство, что наземная станция излучает и принимает радиоволны при минимальном наклоне 5 градусов по углу места, т.е. в восходящем направлении, тогда как меньший угол не обеспечивает передачу и прием радиоволн. Таким образом, в процессе пролета воздушных судов в пределах диапазона приема наземной станции, те возможные пользователи, которые находятся близко к уровню земли и используют тот же частотный диапазон, не могут получать данные от наземной станции и не могут устанавливать информационное соединение с наземной станцией. Вследствие этого, в диапазоне углов места ниже 5 градусов относительно горизонтальной плоскости никакие данные не могут быть приняты от наземной станции, и никакие данные не могут быть переданы к наземной станции.

Изобретение основывается на фундаментальной идее обеспечения направленной широкополосной передачи радиоданных между воздушным судном и наземной станцией. Устройство для связи воздух-земля между воздушным судном и наземной станцией согласно изобретению содержит станцию воздушного судна, присоединенную к воздушному судну, и наземную станцию, причем станция воздушного судна и наземная станция сообщаются друг с другом. Широкополосная передача данных является возможной в полосе частот от 60 до 90 ГГц, поскольку предотвращается взаимное вмешательство с близкими к земле пользователями того же частотного диапазона. В этой полосе частот, также называемой диапазоном частот Е, передача данных является возможной для большого количества пассажиров самолета с достаточной шириной полосы для использования интернета. Таким образом, для связи воздух-земля является доступным, впервые в воздушном судне, диапазон с шириной полосы 30 ГГц, то есть диапазон с шириной полосы, в точности столь же большой, как и частотный диапазон 0-30 ГГц, который в настоящее время, в общем, используется для беспроводного обмена данными.

С помощью канала для связи воздух-земля (ВЗ) с шириной только в один ГГц и со спектральной эффективностью 1, является доступной, для одного воздушного судна, скорость передачи данных в один гигабит в секунду (Гбит/с). Принимая число пользователей среди пассажиров воздушного судна равным 200, получаем скорость передачи данных в 50 мегабит в секунду (Мбит/с) на пользователя/пассажира.

5 Задержки вследствие спутникового обмена данными не происходит, поскольку выполняется прямая передача данных между наземной станцией и воздушным судном. Передача данных выполняется способом остронаправленного луча (с характеристиками остронаправленного луча). Под диаграммой направленности остронаправленного 10 луча понимают связанную диаграмму направленности в угловом диапазоне от +0,5 градуса до -0,5 градуса вокруг главного направления излучения. Этот означает, что главный лепесток диаграммы направленности находится в этом угловом диапазоне. Вследствие этого, главный лепесток диаграммы направленности антенны наземной 15 станции не может быть повернут ниже угла в 5 градусов над горизонтальной плоскостью.

Поворот главного направления передачи/приема антенн наземной станции и/или воздушного судна, предпочтительным образом, делают возможным посредством 20 электронного формирования луча. Является выгодным, когда главное направление передачи/приема может быть повернуто вокруг вертикальной оси любым требуемым способом. Также является выгодным поворот вокруг горизонтальной оси, причем для 25 антennы наземной станции не является возможным поворот к углу, меньшему 5 градусов относительно горизонтальной линии. Соответствующим образом, является выгодным, когда главное направление передачи/приема антennы воздушного судна является возможным только в угловом диапазоне от -5 градусов до -90 градусов вокруг горизонтальной оси в исходящем направлении.

Существенное преимущество использования полосы частот от 60 до 90 ГГц, как предложено изобретением, состоит в том, что удобство использования и доступность лицензий в этом частотном диапазоне существенно выше, чем в обычно используемых частотных диапазонах ниже 20 ГГц или 30 ГГц. Антennы для использования диапазона 30 частот Е являются более простыми, менее дорогими и более легко монтируемыми по сравнению с обычными антennами, прежде всего относящимися к технологии Satcom. Передача данных длительностью примерно 20 мс является намного более быстрой, чем таковая по технологии Satcom с длительностью примерно 600 мс. Ширина полосы диапазона частот Е является большей, а посредством электронного формирования 35 луча могут быть предотвращены взаимное вмешательство или перекрестные помехи с другими наземными станциями или с близкими к земле пользователями диапазона частот Е.

Предпочтительно, связь в диапазоне частот Е происходит в пределах полосы частот 70-80 ГГц (диапазон частот Е). Эта полоса частот характеризуется внутренней 40 помехозащищенностью, естественной защищенностью от подслушивания и неограниченной возможностью многократного использования частотного ресурса, поскольку остронаправленные лучи являются предпосылкой для действия в миллиметровом частотном ресурсе.

Главным преимуществом является намного большая ширина полосы, доступная на 45 данных верхних частотах, а также обеспечиваемое этим увеличение скоростей передачи данных. Кроме того, передача на частотах диапазона частот Е имеет очень низкую опасность взаимного вмешательства, поскольку такая передача основывается на передачах посредством сильно сфокусированного, направленного и узкого

остронаправленного луча. Выделение частотного ресурса 70-80 ГГц диапазона частот Е предоставляет многочисленные выгоды, включая сюда остронаправленное излучение, которое повышает показатели сканирования частоты и защиты от взаимного вмешательства. Обладающие большим усилением тонкие лучи в сочетании с

- 5 направленными антеннами являются ключевыми факторами в достижении защиты от взаимного вмешательства и способности к использованию огромной доступной ширины полосы частотного ресурса. Свойства остронаправленного луча облегчают достижение высокой степени сканирования частоты при развертывании линий связи воздух-земля и уменьшают воздействие на граждан электромагнитных полей. Это является
- 10 несомненным преимуществом с регулятивной точки зрения, поскольку совместное с другими системами использование частоты является данностью, и поэтому регулирующие структуры, как ожидается, должны быстро предоставлять разрешение на связь воздух-земля. Частотный ресурс диапазона частот Е характеризуется низкой стоимостью и быстрой доступностью лицензий. Линии обмена данными лицензируются
- 15 в соответствии с процессом "легкого лицензирования", в рамках которого лицензии могут быть получены быстро и дешево. Такие лицензии предоставляют полные преимущества традиционных лицензий частотного ресурса, но имеют кратно меньшие времена рассмотрения и стоимости.

Наземная станция (базовая станция) может содержать n (натуральное число)

- 20 отдельных радиосегментов, каждый из которых покрывает $1/n$ от 360 градусов по азимуту и/или возвышению. Например, 4 или 8 отдельных радиосегментов могут покрывать либо по 90 градусов (4 сегмента), либо по 45 градусов (8 сегментов) по азимуту, и 90 градусов по возвышению. Базовая станция может обрабатывать сегментную конфигурацию на 90 или на 45 градусов. Базовая станция управляется
- 25 программным обеспечением, и конфигурация загружается во время начальной загрузки. Базовая станция вмещает радиомодуль и антенный модуль с фазированной решеткой в одном комплексе. Он администрирует один или несколько каналов диапазона частот Е, что соответствует примерно 1 Гбит в сек на канал. Тот же самый частотный ресурс также используется и другими базовыми станциями. Каждая отдельная радиоантенна
- 30 с фазированной решеткой имеет несколько антенных элементов для формирования электронно-управляемого остронаправленного луча. Решение по развертыванию 4 или 8-секторной конфигурации базовой станции зависит от ожидаемой плотности воздушных судов в пределах воздушного пространства. Каждая базовая станция может поддерживать до 8 станций воздушного судна посредством переключения луча с
- 35 временным дуплексированием. Совместно это составляет 64 станции воздушного судна на одну базовую станцию с 8 отдельными радиосегментами.

- Станция воздушного судна может иметь 4 переключаемых антенных сектора для обеспечения основного направленного действия. Антенные сектора вмещают малошумящий усилитель и антенну с фазированной решеткой. Электронно-управляемая антenna с фазированной решеткой покрывает 90 градусов по азимуту и тангажу. Каждый антенный сектор может иметь 64 элемента фазированной решетки. Эти 4 антенных блока монтируются на нижней стороне фюзеляжа воздушного судна.

- Станция воздушного судна имеет память, в которой сохраняется карта с географическими координатами (возвышение над уровнем моря, долгота и широта) 45 всех базовых станций. Эта карта загружается во время начальной загрузки. Станция воздушного судна знает свои собственные (воздушного судна) координаты (высоту над уровнем моря, долготу и широту). Станция воздушного судна присоединяется кшине ARINC воздушного судна и считывает постоянно обновляемые позиционные

данные шины.

Для начального захвата цели инерциальная навигационная система (ИНС) воздушного судна выявляет фактическое положение, ускорение и замедление воздушного судна в пределах воздушного пространства. ИНС присоединяется к шине ARINC и записывает постоянно обновляемые позиционные данные в шину. На основе данных по положению и ускорению/замедлению станция воздушного судна вычисляет траекторию воздушного судна. Захват цели инициируется посредством станции воздушного судна.

Если никакая базовая станция не является активной, каждые 30 мс станция

10 воздушного судна отправляет проверочный радиоимпульс к самой близкой базовой станции, а затем переключается в приемный режим для приема только от направления конкретной базовой станции. Проверочные импульсы повторяются в течение 10 с. Если в течение 10-ти секундного проверочного цикла не получают никакого ответа, проверочные импульсы получает следующая самая близкая базовая станция из числа 15 станций в пределах радиоприема от воздушного судна, и такие действия продолжаются до тех пор, пока базовая станция не устанавливает соединение с временным дуплексированием со станцией воздушного судна. Проверочный импульс состоит из фактического положения и траектории станции воздушного судна. Базовая станция переключается на цикл обслуживания на время 50 мс каждую секунду. Базовая станция 20 переключается на режим всенаправленного приема во время цикла обслуживания. Когда базовая станция получает и регистрирует проверочный радиоимпульс станции воздушного судна, она считывает данные по положению и данные по траектории. Базовая станция устанавливает радиосвязь с временным дуплексированием со станцией 25 воздушного судна путем создания остронаправленного луча к ожидаемому положению станции воздушного судна. После установления соединения цикл обслуживания синхронизируется для базовой станции и станции воздушного судна.

Для переключения базовой станции все базовые станции присоединяются к центральной системе контроля и управления (ЦСКУ), которая оптимизирует и перестраивает присоединения по мере необходимости. ЦСКУ создает трехмерную 30 карту всех базовых станций и присоединенного воздушного судна. ЦСКУ оптимизирует присоединения и распределение нагрузки по всем базовым станциям для каждой отдельной базовой станции. Процедура переключения совпадает с таковой для начального захвата цели, за исключением того, что она инициируется посредством ЦСКУ.

35 Для сопровождения цели, после установления соединения с временным дуплексированием, станция воздушного судна постоянно отправляет к базовой станции свои обновленные данные по положению и траектории. Для точного нацеливания базовая станция регулирует положение луча согласно обновленным данным по положению и траектории станции воздушного судна. Базовая станция передает 40 обновленные данные по положению, как они получены станцией воздушного судна, к ЦСКУ. Компенсация и предотвращение доплеровского смещения выполняются с учетом данных по траектории станции воздушного судна. Центральная система контроля и управления (ЦСКУ) вычисляет трехмерную карту воздушного пространства воздушного движения по полученным данным по положению и траектории станции воздушного 45 судна, полученным через базовую станцию. ЦСКУ оптимизирует присоединения и распределение нагрузки по всем базовым станциям для каждой отдельной базовой станции.

Если все воздушные суда в данном воздушном пространстве участвуют в системе

связи воздух-земля согласно изобретению диапазона частот Е, трехмерная карта воздушного пространства может использоваться авиадиспетчерской службой для управления движением воздушных судов, поскольку все воздушные суда и их траектории присутствуют на карте и могут быть показаны.

5 Кроме того, канал связи воздух-земля согласно изобретению может использоваться квалифицированным персоналом для управления воздушным судном с земли, например в случаях чрезвычайной ситуации, когда летный экипаж выведен из строя или воздушное судно угнано. Радио воздушного судна для связи воздух-земля может быть присоединено к системе управления полетами (СУП) или к автопилоту (АП) через шину ARINC. Кроме 10 того, для установления исключающего несанкционированный доступ прямого подключения прямое кабельное присоединение может быть присоединено проводным образом.

Приводимый в качестве примера вариант осуществления изобретения объясняется более подробно ниже со ссылками на чертеж.

15 Фиг. 1 является схематическим представлением приводимого в качестве примера варианта осуществления.

Воздушное судно 12 в приводимом в качестве варианте осуществления является пассажирским самолетом с несколькими сотнями пассажиров, каждый из которых использует, например, на смартфоне или планшетном ПК радиоинформационное 20 соединение 14 между антенной 16 воздушного судна 12 и антенной 18 наземной станции 20. Антенны 16, 18 являются антennами диапазона частот Е, главное направление излучения/приема которых является изменяемой посредством электронного формирования луча. На борту воздушного судна 12 пассажиры могут получать на их терминалах и, например, на WLAN принятые посредством антенны 16 данные. Передача 25 14 данных выполняется в диапазоне частот Е, то есть в частотном диапазоне от 60 ГГц до 90 ГГц.

Антенна 18 наземной станции 20 передает и получает данные передачи 14 данных под углом α места величиной примерно 30 градусов над горизонтальной плоскостью 22. Согласно изобретению угол α не может быть меньше 5 градусов. Антенна 18 30 наземной станции 20 не передает и не принимает данные под углом α менее 5 градусов (главное направление излучения). Посредством электронного формирования луча главные направления излучения/приема наземной антенны 18 и самолетной антенны 16 автоматически регулируются по отношению друг к другу таким образом, что между антеннами 16, 18 сохраняется и поддерживается прямое подключение во время 35 перемещения воздушного судна 12. На фиг. 1 антенна 16 воздушного судна 12 передает данные передачи 14 данных под углом β величиной -20 градусов (главное направление излучения) под горизонтальной плоскостью 24. Указанные углы α и β соотносятся друг с другом как лежащие накрест углы. В то время как воздушное судно 12 перемещается над наземной станцией 20, электронное управление лучом выполняет автоматическое 40 слежение за диаграммами направленности и главными лепестками антенн 16, 18, тем самым поддерживая прямое информационное соединение 14.

(57) Формула изобретения

1. Устройство для связи воздух-земля между воздушным судном (12) и наземной 45 станцией (20), причем как воздушное судно (12), так и наземная станция (20) содержат антенны (16, 18) для направленной передачи (14) радиоданных, отличающееся тем, что передача (14) данных выполняется в полосе частот от 60 до 90 ГГц, а антenna (18) наземной станции (20) передает и принимает данные исключительно в диапазоне углов

а места, составляющих по меньшей мере 5 градусов относительно горизонтальной плоскости (22), с обеспечением невозможности передачи и приема данных наземной станцией (20) под углом α места, меньшим 5 градусов.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что диаграмма направленности антенн

5 (16) наземной станции (20) и воздушного судна (12) является изменяемой посредством электронного формирования луча.

3. Устройство по одному из предшествующих пунктов, отличающееся тем, что главный лепесток наземной антенны (18) может быть произвольно повернут вокруг вертикальной оси и выполнен с возможностью поворота вокруг горизонтальной оси 10 не ниже угла α места 5 градусов.

4. Устройство по одному из предшествующих пунктов, отличающееся тем, что главный лепесток антенны (16) воздушного судна (12) выполнен с возможностью произвольного поворота вокруг вертикальной оси.

5. Устройство по одному из предшествующих пунктов, отличающееся тем, что 15 главный лепесток антенны (16) воздушного судна (12) выполнен с возможностью поворота исключительно в диапазоне углов β от -5 градусов до -90 градусов относительно горизонтальной плоскости.

6. Устройство по одному из предшествующих пунктов, отличающееся тем, что передача (14) данных выполняется исключительно в диапазоне частот Е.

20 7. Устройство по одному из предшествующих пунктов, отличающееся тем, что антенны (16) наземной станции (20) и воздушного судна (12) выполнены в каждом случае для излучения радиоволн в остронаправленном луче.

8. Устройство по одному из предшествующих пунктов, отличающееся тем, что наземная станция (20) и воздушное судно (12) выполнены для прямой передачи (14) 25 данных между антеннами (16, 18) наземной станции (20) и воздушного судна (12).

9. Устройство по одному из предшествующих пунктов, причем антенны (16, 18) воздушного судна (12) и наземной станции (20) разделены на n сегментов, каждый из которых покрывает $1/n$ от 360 градусов по азимуту и/или возвышению, соответственно.

10. Устройство по одному из предшествующих пунктов, характеризуемое памятью 30 для хранения данных воздушного судна (12), причем память содержит географические положения нескольких наземных станций (20).

11. Устройство по одному из предшествующих пунктов, содержащее, кроме того, центральную систему контроля и управления, выполненную для создания трехмерной карты нескольких наземных станций (20) и по меньшей мере одного воздушного судна 35 (12), находящегося в связи по радио с центральной системой контроля и управления.

12. Способ передачи (14) данных между наземной станцией (20) и воздушным судном (12), причем как наземная станция (20), так и воздушное судно (12) оснащены радиоантенными для направленной передачи радиоданных друг другу, отличающийся тем, что наземная станция (20) не излучает и не принимает данные под углом α места, 40 меньшим 5 градусов относительно горизонтальной плоскости (22), причем передачу (14) данных между антеннами (16, 18) наземной станции (20) и воздушного судна (12) выполняют исключительно в полосе частот от 60 до 90 ГГц.

13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что как наземная станция (20), так и воздушное судно (12) выполнены для передачи данных (14) в диапазоне частот Е.

45 14. Способ по п. 12 или 13, отличающийся тем, что направление передачи и приема антенны (16, 18) наземной станции (20) и/или воздушного судна (12) является произвольно поворачиваемым вокруг вертикальной оси.

15. Способ по одному из пп. 12-14, отличающийся тем, что направление передачи/

приема антенны (18) наземной станции (20) может быть повернуто вокруг горизонтальной оси не ниже угла α места 5 градусов.

16. Способ по одному из пп. 12-15, отличающийся тем, что направление передачи и приема антенны (16) воздушного судна (12) может быть повернуто исключительно в диапазоне углов β от -5 градусов до -90 градусов относительно горизонтальной плоскости.

17. Способ по одному из пп. 12-16, отличающийся тем, что передачу данных (14) между антенной (16) воздушного судна (12) и антенной (18) наземной станции (20) выполняют напрямую.

18. Способ по одному из пп. 12-17, отличающийся тем, что после выхода за пределы диапазона передачи и приема наземной станции (20) воздушное судно (12) производит автоматический поиск и установление контакта с другой наземной станцией, в диапазоне передачи и приема которой расположено воздушное судно (12).

19. Способ по одному из пп. 12-18, причем антенны (16, 18) воздушного судна (12) и наземной станции (20) содержат n сегментов антенны с фазированной решеткой, каждый из которых покрывает $1/n$ от 360 градусов по азимуту и/или возвышению.

20. Способ по одному из пп. 12-19, причем воздушное судно (12) содержит память для хранения данных, в которой сохранены географические положения нескольких наземных станций (22), причем центральная система контроля и управления на воздушном судне (12) создает карту, содержащую местоположения наземных станций и воздушного судна.

21. Способ по одному из пп. 12-20, причем центральная система контроля и управления вычисляет трехмерную карту воздушного пространства, показывающую положения нескольких наземных станций (20) и по меньшей мере одного воздушного судна (16), причем карту используют для управления воздушным движением показанного на карте воздушного судна.

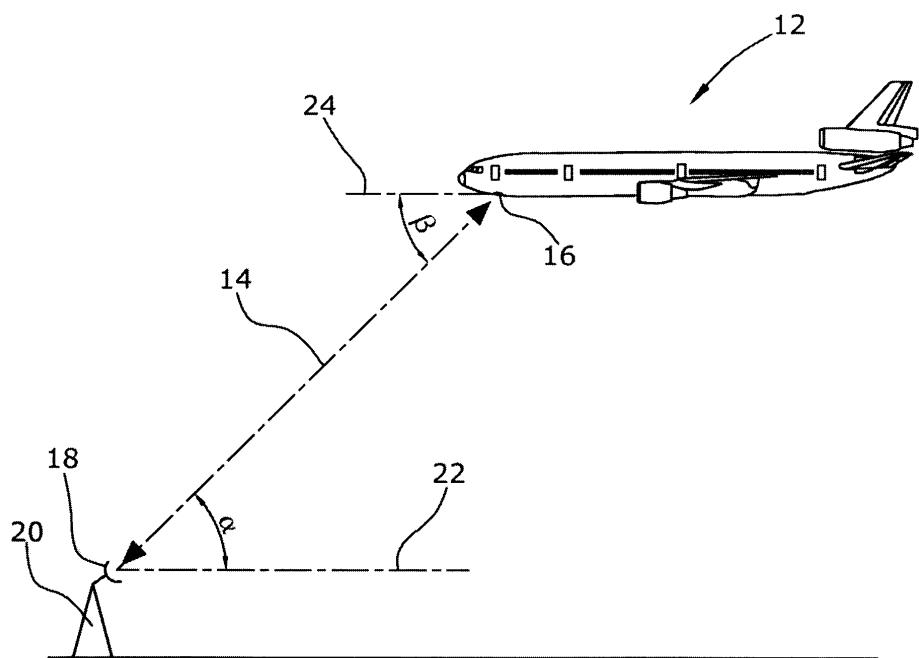
22. Способ по одному из пп. 12-21, используемый для дистанционного управления воздушным судном (12) с земли.

23. Способ по одному из пп. 12-22, причем главный лепесток бортовой антенны (16) и/или наземной антенны (18) направляют в направлении соответствующей бортовой антенны (16) или наземной антенны (18) путем использования данных по положению и траектории воздушного судна (12) и наземной станции (20), сохраненных и регулярно обновляемых в центральной системе контроля и управления.

35

40

45



Фиг. 1