



МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2021/0034.2

(22) 11.01.2021

(45) 02.07.2021, бюл. №26

(72) Кулакаева Айгуль Ергалиевна; Айтмагамбетов Алтай Зуфарович; Бутузов Юрий Алексеевич; Кожаметова Багдат Абдурашидовна

(73) Акционерное общество «Международный университет информационных технологий»

(56) US 10684347 B2, 16.06.2020

(54) СИСТЕМА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА НА БАЗЕ НИЗКООРБИТАЛЬНОГО МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

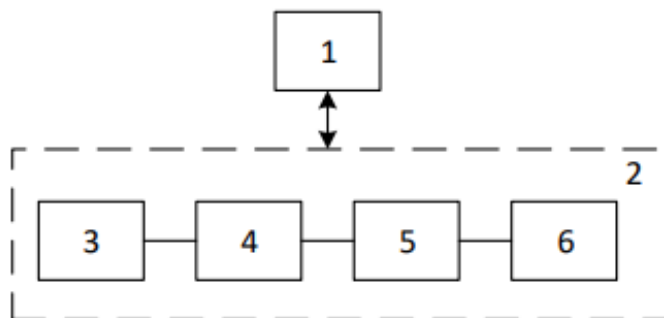
(57) Полезная модель относится к области радиотехники, а именно к системам радиомониторинга использования радиочастотного спектра на базе одного низкоорбитального малого космического аппарата и может быть использована для оценки соответствия параметров наземных источников радиоизлучения нормам разрешительных документов на использование радиочастотного спектра, а также для выявления незаконно работающих наземных радиоэлектронных средств.

Предлагается система для мониторинга использования радиочастотного спектра на базе низкоорбитального малого космического аппарата, которая содержит космический сегмент, наземный сегмент, комплекс управления и телеметрии, станцию приема данных радиомониторинга,

комплекс обработки данных, наземную сеть радиомониторинга. Бортовое оборудование космического сегмента содержит: устройство обработки сигналов, два приемных устройства, аппаратно-программный модуль, два устройства управления сканирующими антеннами типа АФАР, одну сканирующую антенну типа АФАР для сканирования источников ИРИ в меридианальном направлении (в направлении движения МКА), модуль GPS, и вторую сканирующую антенну типа АФАР для сканирования в ортогональном направлении движению МКА.

Технический результат - мониторинг использования радиочастотного спектра, определение законности работы РЭС, а также выявление точного местоположения незаконно работающих радиоэлектронных средств, при этом получен большой экономический эффект системы мониторинга за счет использования всего одного низкоорбитального МКА.

Предлагаемая система для мониторинга использования РЧС на базе низкоорбитального МКА может интегрироваться с существующей республиканской наземной сетью радиомониторинга, что позволяет значительно расширить зону мониторинга и ускорить получение данных за счет использования низкоорбитального МКА, необходимых для проведения анализа использования радиочастотного спектра.



Фиг. 1

Полезная модель относится к области радиотехники, а именно к системам радиомониторинга использования радиочастотного спектра на базе одного низкоорбитального малого космического аппарата (МКА) и может быть использована для оценки соответствия параметров наземных источников радиоизлучения (ИРИ) нормам разрешительных документов на использование радиочастотного спектра, а также для выявления незаконно работающих наземных радиоэлектронных средств.

Областью радиомониторинга (ОРМ) является территория Республики Казахстан. ОРМ можно приблизительно ограничить географическими координатами 40-56° С.Ш. и 46-88° В.Д., что покрывает всю территорию Республики Казахстан. В таком случае высокоточная координатная привязка МКА может осуществляться с помощью российской спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС.

Известна контрольно-измерительная система мониторинга (Патент РФ №2662726, кл. G01S 5/04, 30.07.2018) заключающийся для контроля за техническим состоянием отдельных частей и всей контрольно-измерительной системы в целом, а также для анализа загрузки поддиапазонов частот, определения местоположения источников радиоизлучения (ИРИ), измерения частотных и временных параметров радиосигналов и напряженности электрического поля. Достижимый технический результат - повышение достоверности результатов радиомониторинга за счет повышения оперативности устранения технических неисправностей в контрольно-измерительной системе мониторинга. Указанный результат достигается тем, что дополнительно в состав контрольно-измерительной системы мониторинга (КИСМ) введен центральный пункт управления техническим состоянием (ЦПУТС) средств, входящих в КИСМ, причем ЦПУТС связан с центральным пунктом управления радиомониторингом через каналы связи центрального пункта управления (ЦПУ), в состав каждого стационарного поста мониторинга, входящего в ЦПУ, в вспомогательные контрольно-измерительные комплексы (КИК), и в каждый мобильный пост мониторинга дополнительно введены пункты управления техническим состоянием, которые взаимодействуют с ЦПУТС через антенное устройство стационарного поста мониторинга или мобильного поста мониторинга, в зависимости от того, где они находятся, с помощью каналов связи ЦПУ или ближайшего пункта управления вспомогательных КИК.

Недостатком данной системы является низкая достоверность результатов радиомониторинга из-за отсутствия возможности контроля за техническим состоянием пунктов управления, а также данный способ реализуется на базе наземных систем радиоконтроля, вследствие чего есть вероятность снижения точности определения параметров ИРИ.

Известен способ автоматизированного контроля источников радиоизлучений (Патент РФ №2260814,

кл. G01S 3/02, 20.09.2005), основанный на приеме сигнала источника радиоизлучения двумя антеннами, фокальные оси которых сдвинуты одна относительно другой в плоскости пеленгования примерно на ширину диаграммы направленности, измерении частоты и амплитуд принятых сигналов и грубой оценке пеленга источника радиосигнала путем сравнения амплитуд принятых антеннами сигналов, отличающийся тем, что центры раскрыва антенн разносят в плоскости пеленгования на расстоянии, в 5-10 раз превышающее длину волны контролируемого сигнала, грубую оценку пеленга источника радиосигнала осуществляют путем вычисления отношения разности амплитуд принятых антеннами сигналов к их сумме, одновременно с измерением частоты и амплитуд принятых антеннами сигналов измеряют фазовый сдвиг между ними, вычисляют несколько значений пеленга источников радиосигналов по измеренной разности фаз, сравнивая их с грубой оценкой пеленга, выбирают значение пеленга из вычисленных по разности фаз, наиболее близкое к определенному по отношению разности амплитуд к их сумме, и принимают его в качестве пеленга на источник сигнала, при этом значение k выбирают из условия, чтобы значение Θ по модулю не превышало углового сдвига между фокальными осями антенн.

Недостатком данного способа является грубая оценка определения источника радиосигнала и сложность реализации из-за большого количества антенн и приемных каналов для измерения амплитуд принятых антеннами сигналов, при этом, точность пеленгования остается недостаточно высокой из-за не идентичности ДН антенн и приемных каналов.

Наиболее близким по технической сущности аналогом к заявляемому объекту является Система и методы измерения наземного спектра из космоса (Патент США №10684347, кл. G01S 1/68, 14.09.2017). Система реализована в диапазоне частот от 100 МГц до 100 ГГц, на базе одного или нескольких низкоорбитальных МКА и образующих группировку спутников, содержащий на борту МКА приемопередатчик для сбора информации о наземных ИРИ, и оснащенный как минимум одним пассивным датчиком способным принимать сигналы и выполнять непрерывное сканирование в диапазоне частот, и как минимум одним передатчиком, который передает данные на наземную станцию или на другой МКА. В данной системе на борту хотя бы одного спутника содержится одна антенна с широкой диаграммой направленности, одна с узкой диаграммой направленности, несколько антенн с частично перекрывающимися зонами приема, одну или несколько антенн с направленностью, ориентированной приблизительно тангенциально к поверхности Земли или комбинацию нескольких типов антенн. Система может принимать сигналы от глобальной навигационной спутниковой системы для определения местоположения спутника, временной или частотной привязки.

Недостатком данной системы является, то, что система больше ориентирована на использование нескольких низкоорбитальных МКА, которые в свою очередь образуют группировку, и не имеет возможности определять местоположение ИРИ с помощью одного МКА, что является неэффективным с экономической точки зрения.

Задача полезной модели - мониторинг использования радиочастотного спектра (РЧС), определение законности работы радиоэлектронных средств (РЭС), а также выявление местоположения незаконно работающих РЭС с целью улучшения электромагнитной обстановки в заданной местности, а также оценка эффективности использования РЧС для дальнейшего эффективного управления спектром.

Технический результат - мониторинг использования радиочастотного спектра, определение законности работы РЭС, а также выявление точного местоположения незаконно работающих радиоэлектронных средств, при этом получен большой экономический эффект системы мониторинга за счет использования всего одного низкоорбитального МКА.

Сущность полезной модели.

Для достижения заявленного технического результата в системе включающий один низкоорбитальный МКА, содержащий на борту МКА приемопередатчик для сбора информации о наземных ИРИ; наземную станцию, состоящую из приемника и вычислительного устройства; модуль GPS, для позиционирования МКА; устройство управления сканированием, дополнительно введен аппаратно-программный модуль и две сканирующие антенны типа активной фазированной антенной решетки (АФАР).

Сканирующие антенны типа АФАР имеют узкие диаграммы направленности и возможность сканирования в ортогональных плоскостях в диапазоне частот от 100 МГц до 20 ГГц. Использование двух сканирующих антенн типа АФАР приводит к улучшению точности определения местоположения ИРИ.

Введение аппаратно-программного модуля делает возможным определение геометрических соотношений расстояний и углов между МКА, ИРИ и центром масс Земли.

Система для мониторинга использования РЧС на базе низкоорбитального МКА может быть интегрирована с существующей республиканской наземной сетью радиомониторинга, что позволяет значительно расширить зону мониторинга и ускорить получение данных за счет использования низкоорбитального МКА, необходимых для проведения анализа использования радиочастотного спектра.

Для лучшего понимания сущности полезной модели приводятся фигуры.

На фиг.1 представлен состав системы для мониторинга использования РЧС на базе низкоорбитального МКА, на фиг.2 изображена структурная схема бортового оборудования космического сегмента и на фиг.3 показана

возможность определения местоположения наземного ИРИ на базе одного низкоорбитального МКА.

На фиг.3 приняты следующие обозначения: О - центр масс Земли; D - местоположение ИРИ; В - текущее местоположение МКА 9; А - точка на следе МКА на широте ИРИ на той же параллели; С - точка на оси Z; S - точка пересечения экватора со следом МКА 10.

Система для мониторинга использования радиочастотного спектра на базе низкоорбитального малого космического аппарата (фиг.1) состоит из: космического сегмента 1, наземного сегмента 2, комплекса управления и телеметрии 3, станции приема данных радиомониторинга 4, комплекса обработки данных 5, наземной сети радиомониторинга 6.

Бортовое оборудование космического сегмента (фиг.2) содержит: устройство 12 обработки сигналов, приемное устройство 13, приемное устройство 14, аппаратно-программный модуль 15, устройство 16 управления первой сканирующей антенной типа АФАР, устройство 17 управления второй сканирующей антенной типа АФАР, первая сканирующая антенна типа АФАР 18 для сканирования источников ИРИ в меридианальном направлении (в направлении движения МКА), модуль GPS 19, вторая сканирующая антенна типа АФАР 20 для сканирования в ортогональном направлении движению МКА.

Комплекс управления и телеметрии 3 используется для контроля МКА космического сегмента. На станции приема данных радиомониторинга 4 задаются режимы радиоприема (частотный диапазон, ширина полосы, диаграмма направленности антенны, чувствительность и т.д.). Комплекс обработки данных 5 предназначен для оптимальной обработки сигналов, полученных от МКА, расчета параметров пеленгации и координат ИРИ, декодирования данных о характеристиках излучений наземных объектов, архивирования и хранения данных радиомониторинга.

Наземная сеть радиомониторинга 6 производит контроль и измерение параметров РЭС наземными средствами, передает данные в центральный пункт радиоконтроля для формирования заданий для космического сегмента.

Система радиомониторинга, состоящая из космического и наземного сегментов, выполняет следующий комплекс функций:

- радионаблюдение поверхности Земли;
- сбор и регистрация на борту получаемой информации;
- передача с борта на наземные станции приема информации в режиме получения и с задержкой при накоплении данных на борту;
- сбор и обработка данных.

Система для мониторинга использования РЧС на базе низкоорбитального МКА функционирует следующим образом.

Устройства управления 16 и 17 (фиг.2) антенной типа АФАР совместно с аппаратно-программным модулем 15, находящиеся на МКА 1, задают

режимы сканирования АФАР 18 и АФАР 20. Антенны типа АФАР 18 и 20 сканируют заданный сектор территории (фиг.3). Первая антенна типа АФАР 18 сканирует в меридианальном направлении (в направлении движения МКА) и служит для определения широты места расположения ИРИ в момент фиксации сигнала методом равноточной зоны, вторая антенна типа АФАР 20 сканирует в ортогональном направлении движению МКА и служит для определения долготы места расположения ИРИ.

При работе радиоэлектронного средства ИРИ, находящегося в точке D сканирующие антенны типа АФАР 18 и 20 принимают сигналы и передают их на приемные устройства 13, 14, далее сигналы подвергаются обработке в устройстве 12. Обработанные сигналы с помощью приемопередающего устройства 11 передаются на станцию 4 приема данных радиомониторинга наземного сегмента 2, с целью дальнейшей передачи в наземную сеть мониторинга 6, где происходит сравнение технических параметров наземных радиоэлектронных средств (РЭС) с республиканской базой данных для определения законности работы РЭС. Комплекс обработки данных 5 предназначен для оптимальной обработки сигналов, полученных от МКА с целью архивирования и хранения данных радиомониторинга. Модуль GPS 19 в системе предназначен для позиционирования МКА, а контроль МКА космического сегмента осуществляется с помощью 3.

Определение широты места расположения ИРИ (фиг. 3) осуществляется аппаратно-программным модулем на основе анализа параметров треугольника АОВ, построенного в эллипсе (сечение сфероидальной плоскостью ZOY). Точка В находится на плоскости орбиты МКА 7, а точка А на поверхности на следе МКА 10 в месте пересечения его с параллелью, на которой находится ИРИ (то есть на той же широте); сторона ОА = R_z (радиус Земли), зависящий от широты φ ; сторона ОВ = R_o (радиус орбиты МКА); α - угол между направлением ОА и экваториальной плоскостью

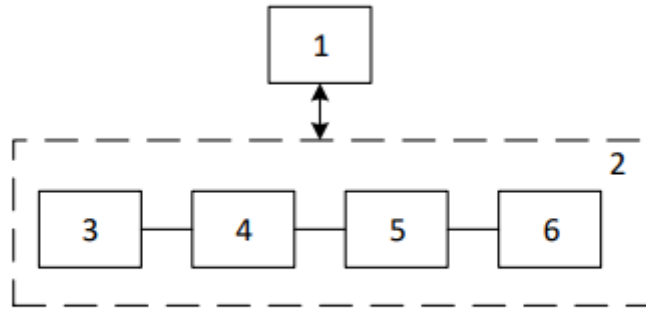
(широта ИРИ); β - угол между направлением ОВ и экваториальной плоскостью (широта МКА).

Углы в треугольнике АОВ: (γ) - угол (разность широт), он противолежит стороне АВ; β - угол под которым с МКА видна точка А относительно направления ОВ, он противолежит сторонам ОА; α - угол в треугольнике, противолежит стороне ОВ. При известных трёх параметрах треугольника легко найти другие его параметры. Координаты местоположения ИРИ 8 определяются на основе анализа геометрических соотношений расстояний и углов между МКА, ИРИ и центром масс Земли.

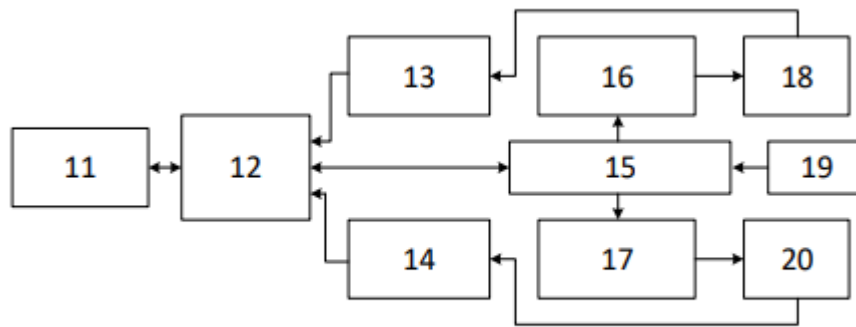
Рассматриваемая система для мониторинга использования радиочастотного спектра на базе низкоорбитального малого космического аппарата может быть сопряжена с существующей республиканской наземной сетью радиоконтроля.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Система для мониторинга использования радиочастотного спектра на базе низкоорбитального малого космического аппарата, включающая один низкоорбитальный МКА, содержащий на борту МКА приемопередатчик для сбора информации о наземных ИРИ; наземную станцию, состоящую из приемника и вычислительного устройства; модуль GPS, для позиционирования МКА; устройство управления сканированием, *отличающаяся* тем, что введен аппаратно-программный модуль для определения геометрических соотношений расстояний и углов между МКА, источника радиоизлучения и центром масс Земли, и две сканирующие антенны типа АФАР, где одна сканирующая антенна выполнена с возможностью сканирования в меридианальном направлении для определения широты ИРИ, а другая сканирующая антенна выполнена с возможностью сканирования в ортогональном направлении движению МКА для определения долготы ИРИ.



Фиг. 1



Фиг. 2

