



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04B 7/18584 (2023.02); H04B 7/195 (2023.02); H04B 7/18513 (2023.02); H04B 7/1858 (2023.02); H04W 40/20 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022113285, 18.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.05.2022Дата регистрации:
05.07.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.05.2022

(45) Опубликовано: 05.07.2023 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

105064, Москва, ул. Казакова, 16, ведущий
специалист по патентоведению ФГБУ НИИР
Лещенко В.В.

(72) Автор(ы):

Пантелеймонов Игорь Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ОРДЕНА
ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
РОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РАДИО ИМЕНИ М.И.
КРИВОШЕЕВА" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2714220 C1, 13.02.2020. RU
2679962 C1, 14.02.2019. RU 2754947 C1,
08.09.2021. RU 2690966 C1, 07.06.2019. US
20070072603 A1, 29.03.2007. US 2008170536 A1,
17.07.2008. US 6178163 B1, 23.01.2001. М. Ю.
Сорокин и др. "Анализ применимости
стандартных протоколов динамической
маршрутизации в сетях спутниковой связи на
основе низкоорбитальных (см. прод.)

(54) СПОСОБ МАРШРУТИЗАЦИИ ПОТОКОВ ИНФОРМАЦИИ, КРИТИЧНОЙ К ЗАДЕРЖКАМ, В СЕТИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА НЕГЕОСТАЦИОНАРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ, СВЯЗАННЫХ МЕЖСПУТНИКОВЫМИ ЛИНИЯМИ СВЯЗИ В ОДНОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ И РАСПОЛОЖЕННЫХ НА КРУГОВЫХ ОРБИТАХ

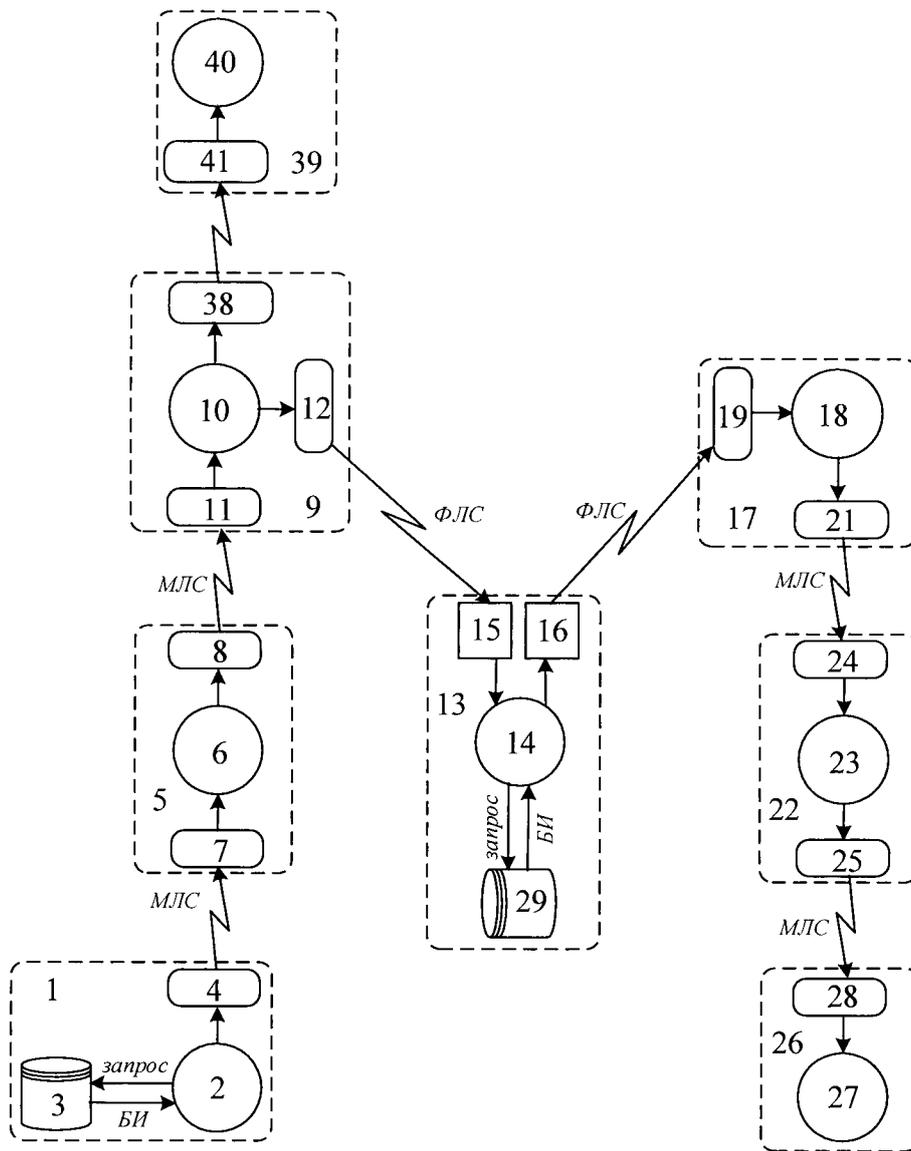
(57) Реферат:

Изобретение относится к спутниковой сети связи, а именно к выбору маршрута передачи информации, основанному на выборе кратчайшего маршрута к космическому аппарату (КА), установившему связь с земной станцией (ЗС). Техническим результатом изобретения является создание эффективного способа маршрутизации потоков информации, критичной к задержкам, в сети спутниковой связи на негеостационарных космических аппаратах, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах. Указанный технический

результат достигается тем, что определяют кратчайший путь от КА-отправителя информации к КА, установившему связь с ЗС, в предлагаемой многоспутниковой орбитальной группировке (МГ) КА, связанных межспутниковыми линиями связи (МЛС) в одной орбитальной плоскости (ОП), с целью обеспечения информационного обмена КА с наземными службами, в роли которых могут выступать центр управления полетом, центр управления сетью или центр обработки специальной информации, и потребителями целевой информации (ЦИ) в режиме реального времени. При наличии МЛС

только в одной ОП маршрут между КА может быть проложен либо по направлению движения КА в ОП, либо в обратном направлении по отношению к движению КА в ОП. Так как расстояния между КА в одной ОП одинаковы,

то критерием кратчайшего пути в одной ОП от КА-отправителя информации к КА, установившему связь с ЗС, является количество промежуточных КА-ретрансляторов. 1 з.п. ф-лы, 8 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

космических аппаратов" / Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. - 2021. - Т. 8. - N4. - С. 63-71. - DOI 10.30894/issn2409-0239.2021.8.4.63.71. - EDN VDZJJD.

RU 2799503 C1

RU 2799503 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H04W 40/20 (2009.01)
H04B 7/185 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H04B 7/18584 (2023.02); *H04B 7/195* (2023.02); *H04B 7/18513* (2023.02); *H04B 7/1858* (2023.02); *H04W 40/20* (2023.02)

(21)(22) Application: **2022113285, 18.05.2022**

(24) Effective date for property rights:
18.05.2022

Registration date:
05.07.2023

Priority:

(22) Date of filing: **18.05.2022**

(45) Date of publication: **05.07.2023** Bull. № 19

Mail address:

**105064, Moskva, ul. Kazakova, 16, vedushchij
spetsialist po patentovedeniyu FGBU NIIR
Leshchenko V.V.**

(72) Inventor(s):

Pantelejmonov Igor Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

**FEDERALNOE GOSUDARSTVENNOE
BYUDZHETNOE UCHREZHDENIE
"ORDENA TRUDOVOGO KRASNOGO
ZNAMENI ROSSIJSKIJ
NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKIJ INSTITUT
RADIO IMENI M.I. KRIVOSHEEVA" (RU)**

R U 2 7 9 9 5 0 3

(54) **METHOD FOR ROUTING DELAY-SENSITIVE INFORMATION FLOWS IN SATELLITE COMMUNICATION NETWORK ON NON-GEOSTATIONARY SPACECRAFTS CONNECTED BY INTER-SATELLITE COMMUNICATION LINES IN ONE ORBITAL PLANE AND LOCATED ON CIRCULAR ORBITS**

(57) Abstract:

FIELD: data transmission.

SUBSTANCE: invention is related to a satellite communication network, namely to the choice of information transmission route based on the choice of the shortest route to a spacecraft (SC) that has established communication with an earth station (ES). The specified technical result is achieved by determining the shortest path from the SC-sender of information to the SC that has established communication with the ES in the proposed multi-satellite orbital constellation (OC) of SC connected by inter-satellite communication lines (ICL) in one orbital plane (OP), in order to ensure information exchange of SC with ground services, which can be a flight control centre, a network control centre or a special information processing centre, and consumers of target information

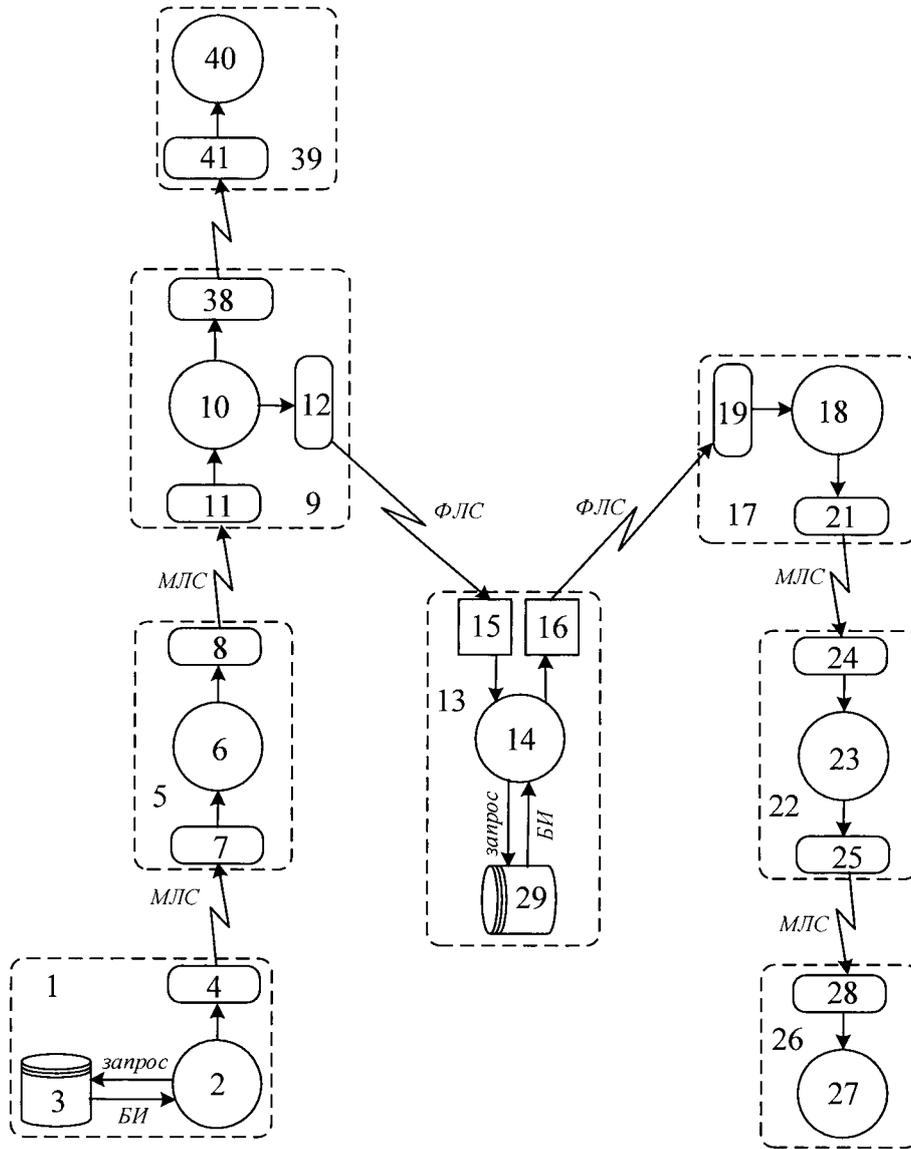
(TI) in real time. If there is an ICL in only one OP, the route between SCs can be laid either in the direction of the SC movement in the OP, or in the opposite direction with respect to the SC movement in the OP. Since the distances between SCs in one OP are the same, the criterion for the shortest path in one OP from the SC-sender of information to the SC that has established communication with the ES is the number of intermediate SC-retransmitters.

EFFECT: creation of an effective method for routing delay-sensitive information flows in a satellite communication network on non-geostationary spacecraft connected by inter-satellite communication lines in one orbital plane and located in circular orbits

2 cl, 8 dwg

C 1 2 7 9 9 5 0 3 R U

C 1



Фиг. 1

Изобретение относится к спутниковой сети связи, а именно к выбору маршрута передачи информации, основанному на выборе кратчайшего маршрута к космическому аппарату (КА), установившему связь с земной станцией (ЗС).

5 С целью обеспечения информационного обмена в режиме реального времени с любыми космическими аппаратами (КА) многоспутниковых орбитальных группировок (МГ), находящимися вне зон радиовидимости (ЗРВ) земных станций приема-передачи информации (ЗС), расположенных на территории России, и выведенных на круговые орбиты без применения дополнительной группировки спутников-ретрансляторов (СР) предлагается создание цифровой СПД на основе сети спутниковой связи (ССС),
 10 состоящей из КА, представляющих собой СР, связанные между собой межспутниковыми линиями связи (МЛС) только в одной орбитальной плоскости (ОП).

В качестве вариантов таких МГ могут быть низкоорбитальные и среднеорбитальные группировки спутниковой связи, дистанционного зондирования Земли, спутниковой навигации и другие космические системы различного назначения.

15 Из уровня техники известны способы маршрутизации в сети спутниковой связи на негеостационарных космических аппаратах, например, способ с передачей обслуживания для нескольких шлюзов посредством спутниковой системы (см. US 10381748 B2, опубл. 13.08.2019). Система спутниковой связи обеспечивает передачу обслуживания между спутниками и несколькими шлюзами. Терминалы связываются с первым шлюзом через
 20 первый спутник, когда лучи первого спутника пересекают регион. Второй шлюз находится на связи с первым спутником и передает передачу второму спутнику. Первый шлюз находится в первом местоположении. Второй шлюз находится во втором месте, отделенном от первого места в орбитальном направлении. Терминалы переключаются на второй спутник, когда лучи второго спутника начинают пересекать область, и
 25 терминалы начинают подключаться и связываться со вторым шлюзом через второй спутник. После того, как все терминалы из множества терминалов перейдут на второй спутник, первый шлюз переключится на второй спутник, а затем терминалы в регионе свяжутся с первым шлюзом через второй спутник.

30 Недостатком предложенного способа является низкая эффективность передачи информации.

Наиболее близким аналогом, по мнению заявителя, является межспутниковая орбитальная группировка (см. RU 2660113, опубл 05.07.2018), где все КА связаны между собой межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости.

35 В предлагаемой архитектуре построения МГ одной из основных проблем информационного обмена является задача передачи информации от КА, находящегося вне ЗРВ земных станций, на один из КА, установивших связь с ЗС. При наличии МЛС только в одной ОП возможны лишь два варианта передачи информации по МЛС: соседнему КА по ходу движения или соседнему КА по ходу против движения. Таким образом, способы маршрутизации потоков информации при организации связи между
 40 соседними КА только в одной ОП представлены одним вариантом, основанном на алгоритме поиска кратчайшего пути к КА, установивших связь с ЗС.

Из области техники известен, применяемый в компьютерных сетях, протокол Routing Information Protocol (RIP), заключающийся в подсчете и сравнении количества пунктов ретрансляции («хопов», hops), представленных маршрутизаторами, на пути от источника
 45 к получателю информации.

Однако, протокол маршрутизации RIP не подходит для решения поставленной выше задачи, т.к. обладает следующими недостатками:

- имеет ограничение на количество пунктов ретрансляции - их может быть не более

16;

- строит маршрут только к одному заданному статическому получателю, а в нашем случае необходимо решение задачи выбора одного из нескольких КА, установивших связь с ЗС;

5 - кроме того, получатели информации - КА, установившие связь с ЗС, постоянно меняются. Это обусловлено их орбитальным движением относительно Земли.

Соответственно, существует необходимость устранить, по меньшей мере, часть упомянутых выше недостатков. В частности, существует потребность в способе, позволяющем обеспечить передачу информации от КА, находящегося вне ЗРВ земных станций, на один из КА, установивших связь с ЗС.

Данное изобретение направлено на решение технической проблемы, связанной с повышением эффективности передачи информации.

Техническим результатом изобретения является создание эффективного способа маршрутизации потоков информации, критичной к задержкам, в сети спутниковой связи на негеостационарных космических аппаратах, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах.

Технический результат достигается посредством способа определения кратчайшего пути от КА-отправителя информации к КА, установившему связь с ЗС, в предлагаемой МГ КА, связанных МЛС в одной ОП, с целью обеспечения информационного обмена КА с наземными службами, в роли которых могут выступать центр управления полетом, центр управления сетью или центр обработки специальной информации, и потребителями целевой информации (ЦИ) в режиме реального времени. При наличии МЛС только в одной ОП маршрут между КА может быть проложен либо по направлению движения КА в ОП, либо в обратном направлении по отношению к движению КА в ОП. Так как расстояния между КА в одной ОП одинаковы, то критерием кратчайшего пути в одной ОП от КА-отправителя информации к КА, установившему связь с ЗС, является количество промежуточных КА-ретрансляторов.

Заявленный технический результат достигается посредством создания алгоритма маршрутизации, учитывающего специфику ССС на НГСО.

30 Достижение технического результата осуществляется за счет:

- постоянного обмена информацией о КА, установивших связь с ЗС;

- постоянного подсчета количества пунктов ретрансляции, в роли которых выступают КА, на пути к КА, установивших связь с ЗС, и динамического выбора кратчайшего из них;

35 - адаптивного изменения направления передачи информации при обрыве связи в одном из направлений.

Заявленное изобретение проиллюстрировано следующими фигурами:

40 фиг. 1 - схема организации связи КА-отправителя информации, находящегося в ОП-1 и КА-получателя информации, находящегося в ОП-1 или в ОП-2 при условии, что ЗС-1 одновременно установила связь с ОП-1 и с ОП-2;

фиг. 2 - схема организации связи КА-отправителя информации, находящегося в ОП-1 и КА-получателя информации, находящегося в ОП-2 при условии, что ЗС-1 установила связь с ОП-1, и ЗС-2 установила связь с ОП-2;

45 фиг. 3 - схема организации связи КА-отправителя информации, находящегося в ОП-1, с наземными службами и получателями ЦИ;

фиг. 4 - схема организации связи наземных служб и получателей ЦИ с КА-получателем информации, находящимся в ОП-1;

фиг. 5 - алгоритм маршрутизации от КА-отправителя информации, находящегося в

ОП-1 к КА-получателю, находящегося в ОП-2;

Фиг. 6 - алгоритм маршрутизации от КА-отправителя информации, находящегося в ОП-1 к наземным службам и получателям ЦИ;

5 Фиг. 7 - алгоритм маршрутизации от наземным служб к КА-получателю информации, находящегося в ОП-1;

Фиг. 8 - алгоритм маршрутизации от получателей ЦИ к КА-получателю информации, находящегося в ОП-1.

С целью упрощения на фигурах 1-10 изображено только то оборудование, которое функционально задействовано в конкретном случае.

10 Позиции на фигурах 1-10 обозначают следующее:

1 - КА-отправитель информации (инф.), находящийся в ОП-1;

2 - бортовой маршрутизатор (БМ) КА-отправителя информации;

3 - базы данных зарегистрированных в ЗС космических аппаратов (БД) КА-отправителя;

15 4 - первый комплект бортового радиотехнического комплекса (БРТК-1) МЛС КА-отправителя информации;

5 - промежуточный КА-ретранслятор информации ОП-1;

6 - БМ промежуточного КА-ретранслятора информации, ОП-1;

7 - БРТК-1 МЛС КА-ретранслятора информации ОП-1;

20 8 - второй комплект бортового радиотехнического комплекса (БРТК-2) МЛС КА-ретранслятора информации ОП-1;

9 - КА, установивший (уст.) связь с ЗС-1 в ОП-1;

10 - БМ КА-установившего связь с ЗС-1 в ОП-1;

11 - БРТК-1 МЛС КА, установившего связь с ЗС-1 в ОП-1;

25 12 - БРТК ФЛС КА, установившего связь с ЗС-1 в ОП-1;

13 - ЗС-1, установившего связь с КА в ОП-1;

14 - маршрутизатор ЗС-1, установившей связь с КА в ОП-1;

15 - первый комплект радиотехнического комплекса (РТК-1) ЗС-1, установившей связь с КА в ОП-1;

30 16 - второй комплект радиотехнического комплекса (РТК-2) ЗС-1, установившей связь с КА в ОП-2;

17 - КА, установивший связь с ЗС-1 в ОП-2;

18 - БМ КА-установившего связь с ЗС-1 в ОП-2;

19 - БРТК ФЛС КА, установившего связь с ЗС-1 в ОП-2;

35 20 - БД ЗС-2 ОП-2;

21 - БРТК-1 МЛС КА, установившего связь с ЗС-1 в ОП-2;

22 - промежуточный КА-ретранслятор информации в ОП-2;

23 - БМ промежуточного КА-ретранслятора информации в ОП-2;

24 - БРТК-1 МЛС КА-ретранслятора информации ОП-2;

40 25 - БРТК-2 МЛС КА-ретранслятора информации ОП-2;

26 - КА-получатель информации;

27 - БМ КА-получателя информации;

28 - БРТК-1 МЛС КА-получателя информации; 29-БД ЗС-1;

30 - ЗС-2, установившая связь с КА, ОП-2;

45 31 - маршрутизатор ЗС-2, установившей связь с КА ОП-2;

32 - РТК-1 ЗС-2, установившей связь с КА ОП-2;

33 - БД наземных служб;

34 - наземные службы;

- 35 - маршрутизатор наземных служб;
- 36 - получатели ЦИ;
- 37 - маршрутизатор получателей ЦИ; 38-БРТК-2 МЛС КА 9;
- 39 - КА-получатель информации, находящийся в ОП-1;
- 5 40 - бортовой маршрутизатор КА-получателя информации в ОП-1;
- 41 - БРТК-1 МЛС КА-получателя информации.

Предлагаемый способ маршрутизации информации в ССС на негеостационарных космических аппаратах (НГС) КА, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах заключается в следующем.

КА, находящиеся в ЗРВ земных станций, устанавливают с ними связь с целью обеспечения информационного обмена с ЗС, а также с целью - ретрансляции информации на ЗС от других КА одной с ними ОП. После установления связи с ЗС, КА сообщают по МЛС об этом всем КА одной с ними ОП. В свою очередь земные станции так же обмениваются между собой информацией о КА, установивших с ними связь. Информация о КА, установивших связь с ЗС, хранится в каждом КА, в каждой ЗС и в наземных службах в базах данных (БД) зарегистрированных в ЗС космических аппаратов.

Логическое значение функциональных элементов в предлагаемой ССС на НГС КА, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах, следующее:

- КА, соединенные МЛС в одной ОП представляют собой спутниковую автономную систему (Satellite Autonomous System, SatAS);

- вся МГ, состоящая из отдельных ОП, выполняющих функции AS, представляет собой спутниковую глобальную вычислительную сеть (Satellite Wide Area Network, Sat WAN);

- бортовой маршрутизатор КА, не установивший связь с ЗС, выполняет функции спутникового внутреннего маршрутизатора (Satellite Internal Router, SatIR) AS;

- бортовой маршрутизатор КА, установивший связь с ЗС, выполняет функции спутникового граничного маршрутизатора (Satellite Border Router, SatBR) AS;

- маршрутизатор ЗС, установившей связь с КА, выполняет функции граничного маршрутизатора (Border Router, BR) глобальной вычислительной сети (Wide Area Network, WAN);

- земная станция, установившая связь одновременно с двумя или более ОП, выполняет функции виртуальной МЛС между этими ОП;

- две и более земные станции, установившие связь с КА, связанные НЛС, так же выполняет функции виртуальной МЛС между ОП.

На принадлежность КА к той или SatAS указывают их IP-адреса. При определении маршрута бортовой маршрутизатор КА-отправителя читает IP-адреса назначения и, в зависимости от того в каких SatAS находятся получатели, строит разные кратчайшие маршруты.

Если IP-пакет предназначен КА, находящийся в другой SatAS (ОП), то бортовой маршрутизатор КА осуществляет подсчет количества промежуточных КА-ретрансляторов при передаче информации по направлению движения КА в ОП и в противоположном направлении. Затем по критерию минимального количества промежуточных КА-ретрансляторов определяет кратчайший маршрут к КА установившему связь с ЗС.

Если длина маршрутов по направлению движения КА в ОП и в противоположном направлении одинакова, выбирается менее загруженный маршрут для передачи

информации.

Маршрутизатор ЗС читает IP-адреса и если они предназначены КА, находящемуся в ОП, установившей связь ней связь, то с другого своего комплекта радиотехнического комплекса передает информацию на КА, установившей связь ней связь. Затем, бортовой маршрутизатор КА, установившей связь с ЗС и получивший от нее IP-пакет, определяет, что КА-получатель находится в одной с ним AS и по критерию минимального количества промежуточных внутренних бортовых маршрутизаторов определяет кратчайший маршрут к КА-получателю.

Алгоритм маршрутизации информации от КА-отправителя до КА-получателя, находящегося в одной SatAS с КА-отправителем в ССС на НГС КА, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах заключается в следующем (см. фиг. 1).

Действие 1. Отправка КА-отправителя 1 информации получателям.

Шаг 1.1. При необходимости осуществления передачи информации от КА-отправителя 1 бортовая целевая или служебная аппаратура КА формирует массив информации, которая поступает по внутренней бортовой сети передачи данных (СПД) на внутренний порт бортового маршрутизатора 2 КА-отправителя 1.

Шаг 1.2. БМ 2 КА 1 читает IP-адреса назначения и если IP-пакет предназначен получателю (КА 39), находящийся с ним в одной AS (в данном случае - это ОП-1), то бортовой маршрутизатор 2 КА 1 по критерию минимального количества промежуточных КА-ретрансляторов определяет кратчайший маршрут к КА-получателю 39.

Шаг.1.3. Если длина маршрутов по направлению движения КА в ОП и в противоположном направлении одинакова, выбирается менее загруженный маршрут для передачи информации. Информацией о загрузке межспутниковых линий связи космические аппараты периодически обмениваются между собой. Критерием оценки загрузки является композитная минимальная пропускная способность, т.е. при сравнении маршрутов сравниваются минимальные значения пропускной способности всех МЛС на маршруте передачи информации и выбирается маршрут передачи информации с максимальным значением минимальная пропускная способности МЛС.

Шаг 1.4. БМ 2 КА 1 по внутренней бортовой СПД передает информацию на внутренний порт одного из комплектов БРТК МЛС (БРТК 4), установившего связь с соседним КА в МЛС в нужном направлении передачи, где происходят все необходимые преобразования информации (форматирование, кодирование и модуляция, фильтрация и усиление) для передачи по МЛС. БРТК 4 КА 1 излучает информацию по МЛС на БРТК 7 соседнего в одной орбитальной плоскости КА 5.

Действие 2. Ретрансляция промежуточным КА-ретранслятором 5 информации получателям.

Шаг 2.1. БРТК 7 КА 5 принимает информацию по МЛС от БРТК 4 КА 1, где происходят все необходимые преобразования информации (фильтрация и усиление, демодуляция и декодирование, форматирование) для передачи по внутренней бортовой СПД.

Шаг 2.2. Затем, с внутреннего порта БРТК 7 КА 5 информация поступает на внешний порт БМ 6 КА 5 по внутренней бортовой СПД, который осуществляет маршрутизацию с другого своего внешнего порта по внутренней шине передачи данных на внутренний порт БРТК 8 КА 5.

Шаг 2.3. В БРТК 8 КА 5 происходят все необходимые преобразования информации для передачи по МЛС и излучение информации по МЛС на БРТК 11 соседнего в одной

орбитальной плоскости КА 9.

Действие 3. Ретрансляция промежуточным КА-ретранслятором 9 информации получателем осуществляется аналогичным образом, описанным во 2-м действии.

Действие 4. Прием информации на КА-получателе.

5 Шаг 4.1. БРТК 41 КА 39 принимает информацию по МЛС от БРТК 38 КА 9, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней бортовой СПД.

Шаг 4.2. Затем, с внутреннего порта БРТК 41 информация поступает на внешний порт БМ 40 КА 39 по внутренней бортовой СПД, который осуществляет маршрутизацию со своего внутреннего порта по бортовой внутренней СПД потребителю: на бортовую целевую или служебную аппаратуру КА 39.

Алгоритм маршрутизации информации от КА-отправителя до получателя, находящегося в разных SatAS с КА-отправителем в ССС на НГС КА, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах заключается в следующем (см. фиг. 1).

Действие 1. Отправка КА-отправителя 1 информации получателем.

Шаг 1.1. При необходимости осуществления передачи информации от КА-отправителя 1 бортовая целевая или служебная аппаратура КА формирует массив информации, которая поступает по внутренней бортовой СПД на внутренний порт бортового маршрутизатора 2 КА-отправителя 1.

Шаг 1.2. БМ 2 КА 1 читает IP-адреса назначения и если IP-пакет предназначен получателю (КА 17), находящийся в другой AS (ОП-2), то бортовой маршрутизатор 2 КА 1 по критерию минимального количества промежуточных бортовых маршрутизаторов определяет кратчайший маршрут к КА 9, установившему связь с ЗС 13.

Шаг 1.3. Осуществляется аналогичным образом, описанным во 1-м действии на шаге 1.3 предыдущего алгоритма.

Шаг 1.4. Осуществляется аналогичным образом, описанным во 1-м действии на шаге 1.4 предыдущего алгоритма.

30 Действие 2. Ретрансляция промежуточным КА-ретранслятором 5 информации получателем осуществляется аналогичным образом, описанным во 2-м действии предыдущего алгоритма.

Действие 3. Ретрансляция информации от КА 9 на ЗС 13.

35 Шаг 3.1. БРТК 11 КА 9 принимает информацию по МЛС от БРТК 8 КА 5, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней бортовой СПД.

Шаг 3.2. С внутреннего порта БРТК 11 КА 5 информация поступает по внутренней бортовой СПД на внешний порт БМ 10 КА 5, который осуществляет чтение IP-адреса получателя и определяет, что получатель находится в другой AS. При этом, если КА 5 установил связь с ЗС 13, то БМ 10 маршрутизирует информацию на ЗС 13 и с внешнего порта БМ 10 по бортовой внутренней СПД информация поступает на БРТК 12.

Шаг 3.3 В БРТК 12 КА 9 происходят все необходимые преобразования информации для передачи по ФЛС и БРТК 12 излучает информацию по ФЛС на РТК 15 ЗС 13.

Действие 4.1. Ретрансляция информации от ЗС 13 в другую SatAS.

45 Шаг 4.1.1. РТК 15 ЗС 13 принимает информацию по ФЛС от БРТК 12 ФЛС КА 5, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней СПД.

Шаг 4.1.2. С внутреннего порта РТК 15 информация поступает по внутренней СПД

на внешний порт маршрутизатора 14 ЗС 13, который читает IP-адреса назначения и делает запрос в БД 29. Если IP-пакет предназначен получателю (КА 26), находящийся в ОП-2, КА которой установил связь с другим комплектом РТК 16 ЗС 13, то осуществляет маршрутизацию в эту ОП-2. С другого внешнего порта маршрутизатора 14 информация по внутренней СПД поступает на внутренний порт РТК 16 ЗС 13.

Шаг 4.1.3. В РТК 16 ЗС 13 происходят все необходимые преобразования информации для передачи по ФЛС и РТК 16 ЗС 13 излучает информацию по ФЛС на БРТК 19 КА 17.

Действие 5.1. Ретрансляция промежуточным КА-ретранслятором 17, установившим связь с ЗС 13 информации в SatAS ОП-2.

Шаг 5.1.1. БРТК 19 КА 17 принимает информацию по ФЛС от РТК 19 ЗС 13, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней бортовой СПД.

Шаг 5.1.2. С внутреннего порта БРТК 19 КА 17 информация по внутренней СПД поступает на внешний порт БМ 18 КА 17, который читает IP-адреса назначения и делает запрос в БД 20. Если IP-пакет предназначен получателю (КА 26), находящийся в одной с КА 17 ОП (в рассматриваемом варианте - ОП-2), то БМ 18 по критерию минимального количества промежуточных БМ строит кратчайший маршрут к КА-получателю 26 и осуществляет передачу информации с другого своего внешнего порта по бортовой внутренней СПД на внутренний порт БРТК 21 КА 17.

Шаг 5.1.3. Осуществляется аналогичным образом, описанным во 1-м действии на шаге 1.3 предыдущего алгоритма.

Действие 6. Ретрансляция промежуточным КА-ретранслятором 22 информации по МЛС КА-получателю 26 осуществляется аналогичным образом, описанным во 2-м действии предыдущего алгоритма.

Действие 7. Получение информации по МЛС КА-получателем 26.

Шаг 7.1. БРТК 28 КА 26 принимает информацию по МЛС от БРТК 25 соседнего КА 22, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней бортовой СПД.

Шаг 7.2. С внутреннего порта БРТК 28 КА 26 информация по внутренней СПД поступает на внешний порт БМ 27 КА 28, который читает IP-адреса назначения и определяет кому в бортовой внутренней СПД предназначена информация (бортовой служебной аппаратуре или бортовой целевой аппаратуре). БМ 27 осуществляет передачу информации со своего внутреннего порта по бортовой внутренней СПД получателю информации (бортовой служебной аппаратуре или бортовой целевой аппаратуре).

Действие 4.2. Ретрансляция информации от ЗС 13 в другую ОП, установившую связь с другой ЗС 30.

Шаг 4.2.1. РТК 15 ЗС 13 принимает информацию по ФЛС от БРТК 12 ФЛС КА 5, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней СПД.

Шаг 4.2.2. С внутреннего порта РТК 15 информация поступает по внутренней СПД на внешний порт маршрутизатора 14 ЗС 13, который читает IP-адреса назначения, делает запрос в БД 29. Если IP-пакет предназначен получателю (КА 26), находящийся с ОП, КА которой установил связь с другой ЗС 30 (см. фиг. 2), то осуществляет маршрутизацию по НЛС на эту ЗС 30.

Шаг 4.2.3. Маршрутизатор 31 ЗС 30 принимает информацию по НЛС, читает IP-адреса назначения и делает запрос в БД 20. Если IP-пакет предназначен получателю (КА 26), находящийся в ОП-2, КА которой установил связь с этой ЗС 30, то осуществляет

маршрутизацию по МЛС КА-получателю 26. С другого внешнего порта маршрутизатора 31 информация по внутренней СПД поступает на внутренний порт РТК 32 ЗС 30.

Шаг 4.2.4. В РТК 16 ЗС 13 происходят все необходимые преобразования информации для передачи по ФЛС и РТК 16 ЗС 13 излучает информацию по ФЛС на БРТК 19 КА 17.

Дальнейшие действия 5.1, 6 и 7 происходят аналогичным образом, описанным в рассматриваемом алгоритме выше.

Действие 4.3. Ретрансляция информации от ЗС 13 в НЛС.

Шаг 4.3.1. РТК 15 ЗС 13 принимает информацию по ФЛС от БРТК 12 ФЛС КА 5, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней СПД.

Шаг 4.3.2. С внутреннего порта РТК 15 информация поступает по внутренней СПД на внешний порт маршрутизатора 14 ЗС 13, который читает IP-адреса назначения и если IP-пакет предназначен получателю, находящемуся в НЛС, то - осуществляет передачу информации по НЛС этим получателям: наземным службам 34 или получателям ЦИ 36 (см. фиг. 3).

Шаг 4.3.3. На внешний порт маршрутизатора 35 наземных служб 34 (или маршрутизатора 37 получателей ЦИ 36) с НЛС поступает информация, который осуществляет чтение IP-адреса и определяет, кому во внутренней СПД предназначена эта информация. С внутреннего порта маршрутизатора 35 (маршрутизатора 37) информация поступает по внутренней СПД получателю, в роли которого может выступать сервер или автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

Алгоритм маршрутизации информации от наземных служб и получателей ЦИ до КА-получателя в ССС на НГС КА, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах заключается в следующем (см. фиг. 4).

Действие 1. Отправка информации от наземных служб 34 и получателей ЦИ 36 комическому аппарату-получателю.

Шаг 1.1. От АРМ оператора или сервера наземных служб 34 (или получателей ЦИ 36) информация поступает по внутренней СПД на маршрутизатор 35 наземных служб 34 (или на маршрутизатор 37 получателей ЦИ 36).

Шаг 1.2. Маршрутизатор 37 получателей ЦИ 36 читает IP-адрес и определяет, что получателем является КА (в рассматриваемом варианте - КА 1) и строит маршрут по НЛС на ближайшую ЗС (в рассматриваемом варианте - ЗС 13) с целью дальнейшей ретрансляции информации.

Шаг 1.3. Маршрутизатор 35 наземных служб 34 читает IP-адрес, делает запрос в БД 38 и определяет, какая из ЗС (в нашем случае - ЗС 13) установила связь с ОП-1, где находится вызываемый КА 1, и строит маршрут по НЛС к ЗС 13.

Действие 2. Ретрансляция информации с ЗС в ОП-1.

Шаг 2.1. От маршрутизатора 37 получателей ЦИ 36 информация поступает на внешний порт маршрутизатора 31 ЗС 30, который читает IP-адрес, делает запрос в БД 20 и определяет, что ОП-1 КА-получателя 1, установила связь с ЗС 13. С другого внешнего порта маршрутизатора 31 ЗС 30 информация передается по НЛС на внешний порт маршрутизатора 14 ЗС 13.

Шаг 2.2. Маршрутизатор 14 ЗС 13 читает IP-адрес, делает запрос в БД 29 и определяет, что ОП-1 КА-получателя 1, установила связь с ЗС 13. С другого внешнего порта маршрутизатора 14 информация по внутренней СПД поступает на внутренний

порт РТК 15 ЗС 13.

Шаг 2.3. В РТК 15 ЗС 13 происходят все необходимые преобразования информации для передачи по ФЛС и РТК 15 излучает информацию по ФЛС на БРТК 12 КА 9.

5 Действие 3. Ретрансляция промежуточным КА-ретранслятором 17, установившим связь с ЗС 13 информации в SatAS ОП-1.

Шаг 3.1. БРТК 12 КА 9 принимает информацию по ФЛС от РТК 15 ЗС 13, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней бортовой СПД.

10 Шаг 3.2. С внутреннего порта БРТК 12 КА 9 информация по внутренней СПД поступает на внешний порт БМ 10 КА 9, который читает IP-адреса назначения и если IP-пакет предназначен получателю (КА 1), находящемуся в одной с ним орбитальной плоскости (в рассматриваемом варианте - ОП-1), то БМ 10 по критерию минимального количества промежуточных БМ строит кратчайший маршрут к КА-получателю 1 и осуществляет передачу информации с другого своего внешнего порта по бортовой
15 внутренней СПД на внутренний порт БРТК 11 КА 9.

Шаг 3.3. В БРТК 11 КА 9 происходят все необходимые преобразования информации для передачи по МЛС и БРТК 11 излучает на соседний КА 5.

Действие 4. Ретрансляция промежуточным КА-ретранслятором 5 информации получателям.

20 Шаг 4.1. БРТК 8 КА 5 принимает информацию по МЛС от БРТК 11 КА 5, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней бортовой СПД.

Шаг 4.2. Затем, с внутреннего порта БРТК 8 КА 5 информация поступает на внешний порт БМ 6 КА 5 по внутренней бортовой СПД, который осуществляет передачу
25 информации с другого своего внешнего порта по внутренней шине передачи данных на внутренний порт БРТК 7 КА 5.

Шаг 4.3. В БРТК 7 КА 5 происходят все необходимые преобразования информации для передачи по МЛС и излучение информации по МЛС на БРТК 4 соседнего КА 1.

Действие 5. Получение информации по МЛС КА-получателем 1.

30 Шаг 5.1. БРТК 4 КА 1 принимает информацию по МЛС от БРТК 7 соседнего КА 5, где происходят все необходимые преобразования информации для передачи по внутренней бортовой СПД.

Шаг 5.2. С внутреннего порта БРТК 4 КА 1 информация по внутренней СПД поступает на внешний порт БМ 2 КА 1, который читает IP-адреса назначения и
35 определяет кому в бортовой внутренней СПД предназначена информация (бортовой служебной аппаратуре или бортовой целевой аппаратуре). БМ 2 осуществляет передачу информации со своего внутреннего порта по бортовой внутренней СПД получателю информации (бортовой служебной аппаратуре или бортовой целевой аппаратуре).

40 Таким образом, заявленный способ маршрутизации потоков информации, критичной к задержкам, в сети спутниковой связи на негеостационарных космических аппаратах, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах повышает эффективности передачи информации.

(57) Формула изобретения

45 1. Способ маршрутизации потоков информации, критичной к задержкам, в сети спутниковой связи на негеостационарных космических аппаратах, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и расположенных на круговых орбитах, включающий передачу информации между негеостационарными

космическими аппаратами, располагающимися в одной орбитальной плоскости с наземными службами и потребителями целевой информации в режиме реального времени, отличающийся тем, что

5 космические аппараты, находящиеся в зоне радиовидимости земных станций, устанавливают с ними связь, космические аппараты передают информацию по межспутниковым линиям связи всем космическим аппаратам, расположенным в одной с ними орбитальной плоскости, земные станции также обмениваются между собой информацией о космических аппаратах, установивших с ними связь, информацию о космических аппаратах, установивших связь с земной станцией, сохраняют в каждом 10 космическом аппарате, в каждой земной станции и в наземных службах в базах данных, зарегистрированных земных станциях космических аппаратов,

при определении маршрута бортовой маршрутизатор космического аппарата-отправителя читает IP-адреса назначения, при этом IP-адреса космических аппаратов указывают на их принадлежность к той или иной спутниковой автономной системе, 15 состоящей из космических аппаратов, соединенных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости, и, в зависимости от того, в каких спутниковых автономных системах находятся получатели, строит разные кратчайшие маршруты:

если IP-пакет предназначен космическому аппарату-получателю, находящемуся в одной спутниковой автономной системе с космическим аппаратом-отправителем, то 20 бортовой маршрутизатор космического аппарата-отправителя по критерию минимального количества промежуточных космических аппаратов-ретрансляторов определяет кратчайший маршрут к КА-получателю;

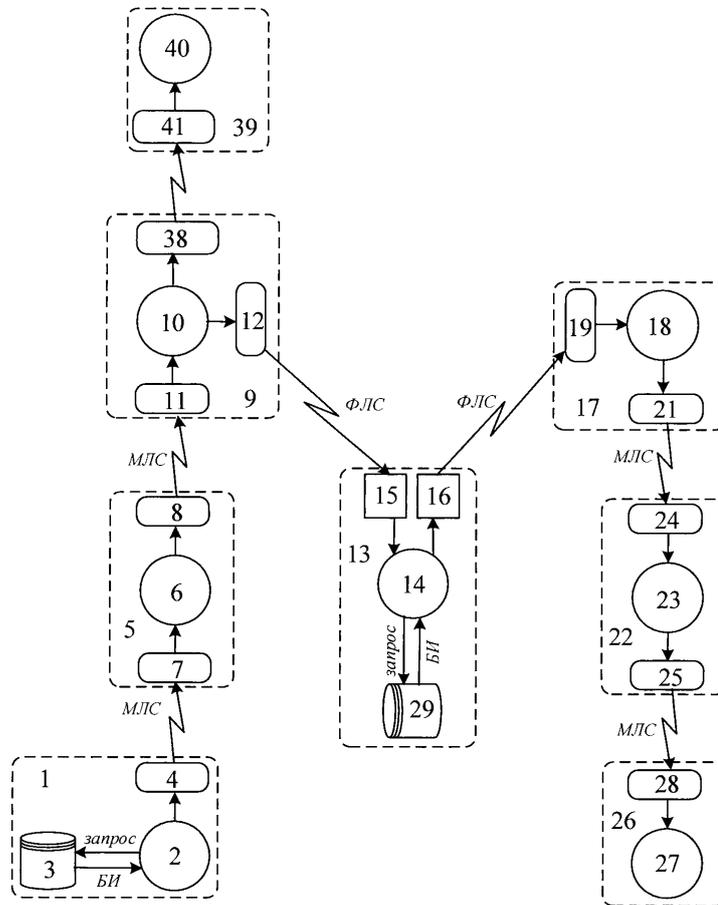
если IP-пакет предназначен космическому аппарату, находящемуся в спутниковой автономной системе, отличной от спутниковой автономной системы, в которой 25 расположен космический аппарат-отправитель, то бортовой маршрутизатор космического аппарата-отправителя по критерию минимального количества промежуточных космических аппаратов-ретрансляторов определяет кратчайший маршрут к космическому аппарату, установившему связь с земной станцией, маршрутизатор земной станции читает IP-адреса и, если они предназначены 30 космическому аппарату, находящемуся в орбитальной плоскости, установившему с земной станцией связь, со своего комплекта радиотехнического комплекса передает информацию на космический аппарат, бортовой маршрутизатор космического аппарата, установившего связь с земной станцией, и получивший от нее IP-пакет определяет, что космический аппарат-получатель находится в одной с ним спутниковой автономной 35 системе и по критерию минимального количества промежуточных космических аппаратов-ретрансляторов определяет кратчайший маршрут к космическому аппарату-получателю.

2. Способ по п. 1, в котором наземные службы представляют собой центр управления полетом, центр управления сетью или центр обработки информации.

40

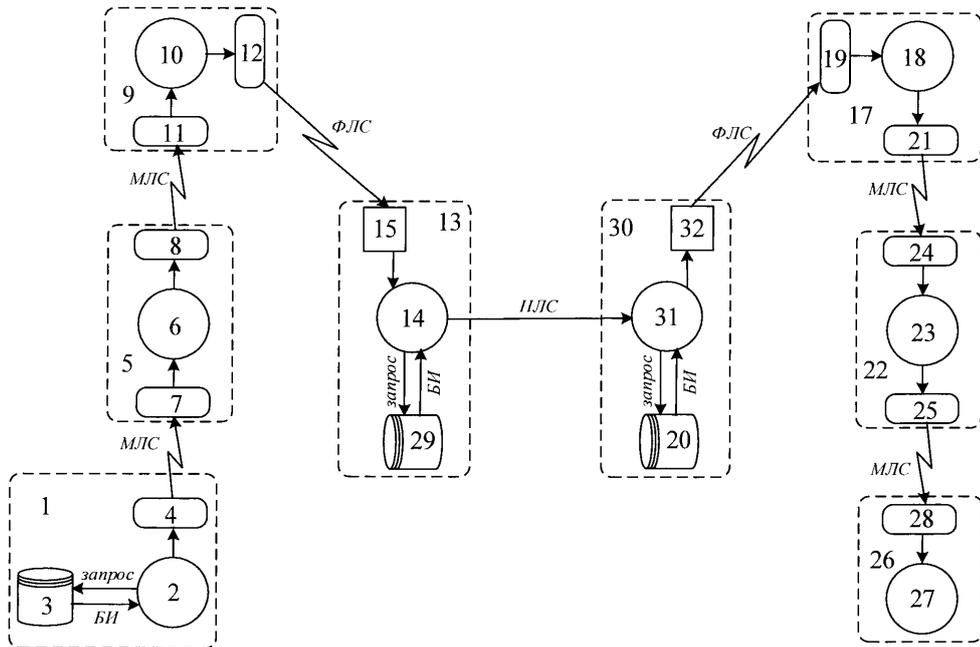
45

1

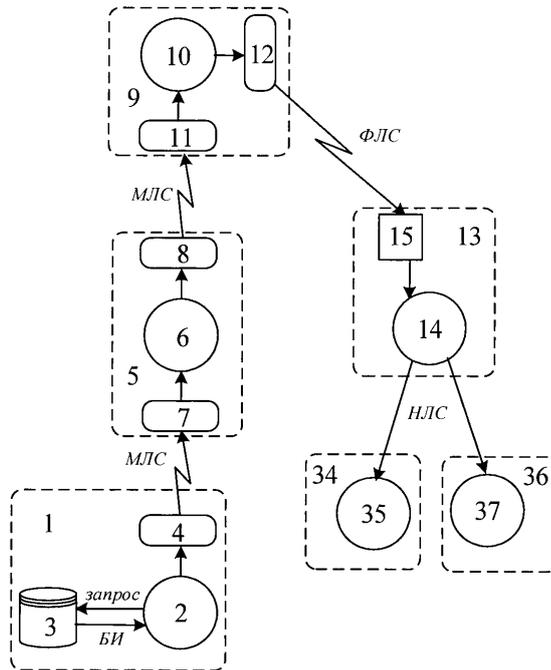


Фиг. 1

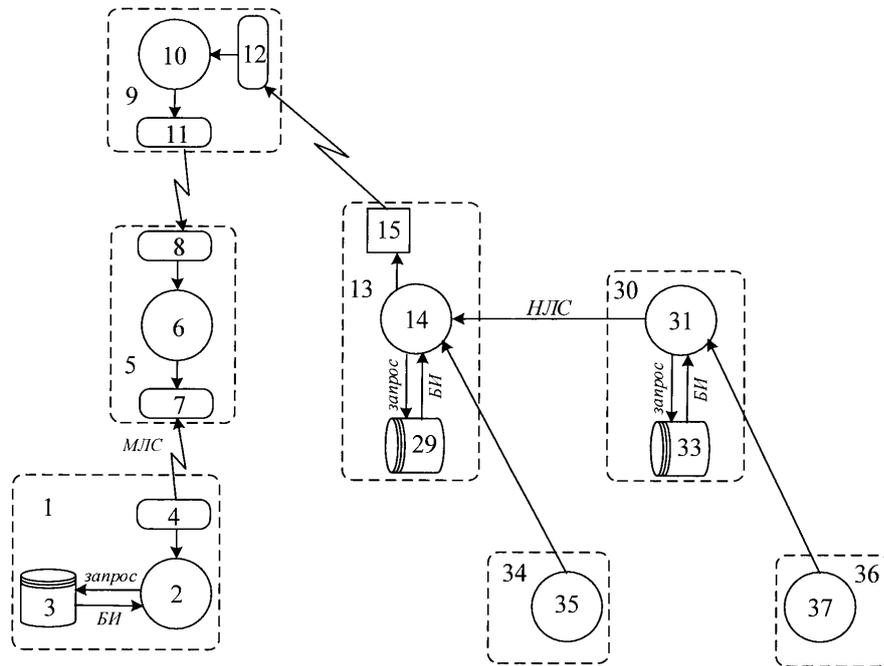
2



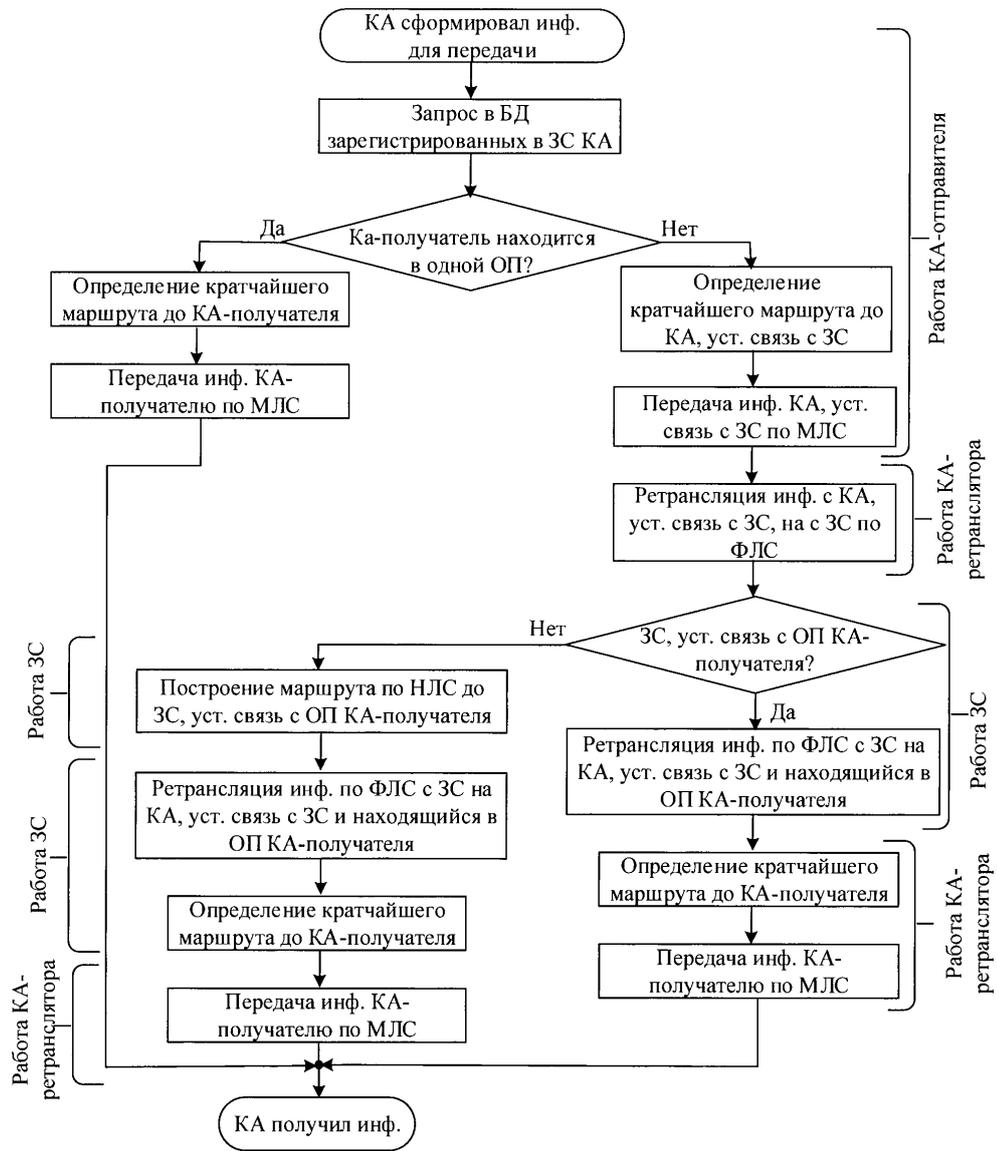
Фиг. 2



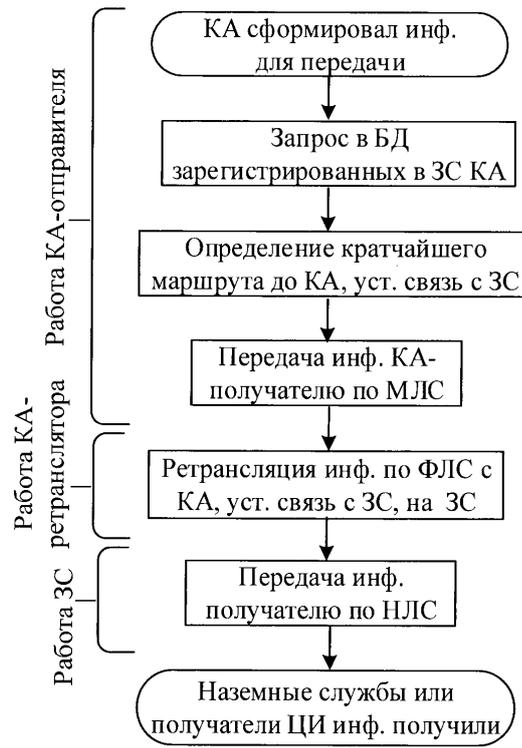
Фиг. 3



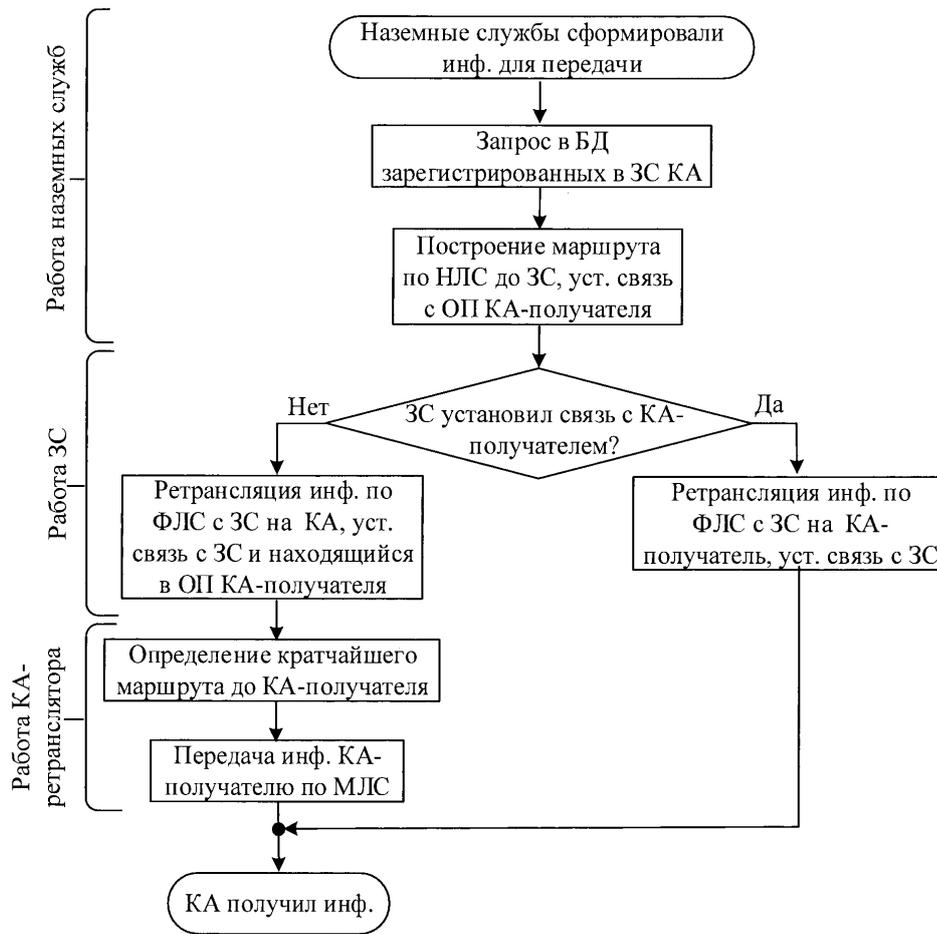
Фиг. 4



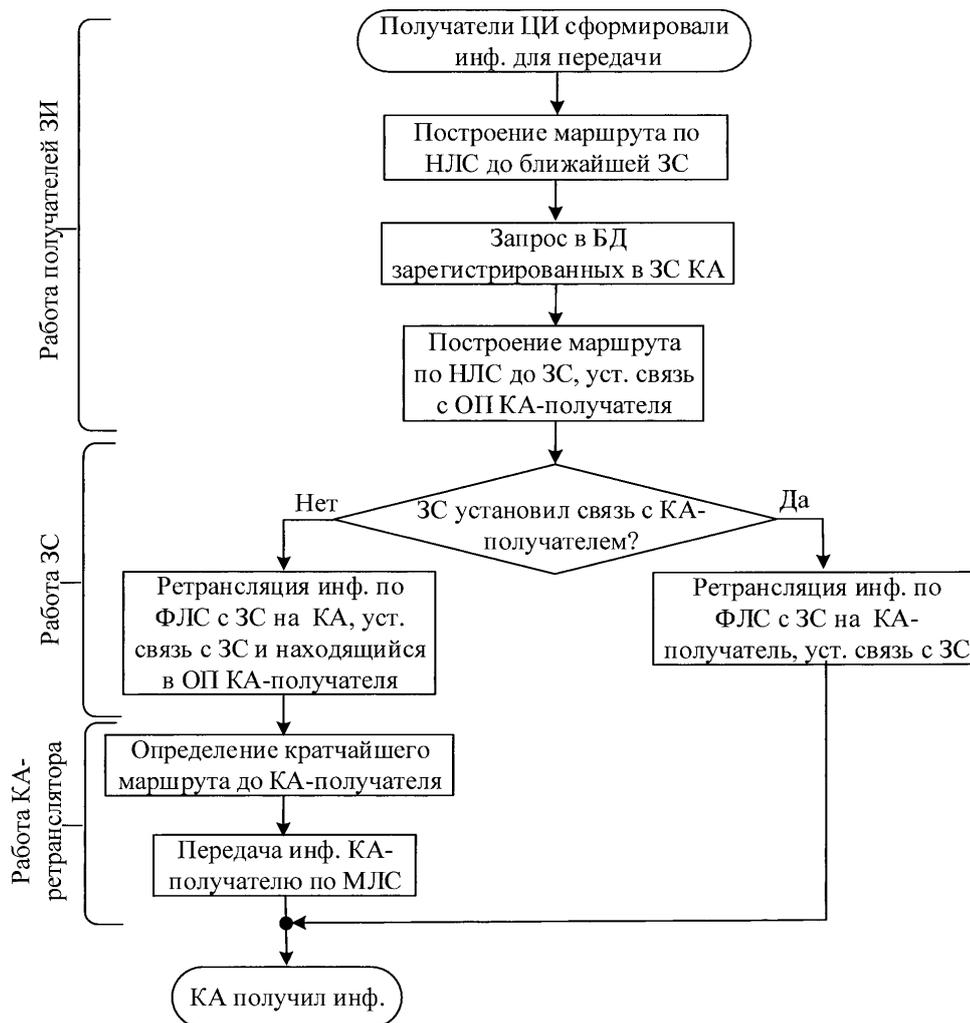
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8