



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«Ордена Трудового Красного Знамени
Российский научно-исследовательский
институт радио имени М.И. Кривошеева»
(ФГУП НИИР)

Казакова ул., д. 16, Москва, 105064
Телефон: (499) 261 36 94, для справок: (499) 261 63 70,
Факс: (499) 261 00 90, E-mail: info@niir.ru
<http://www.niir.ru>

ОКПО 01181481, ОГРН 1027700120766
ИНН/КПП 7709025230/770901001

№ _____
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Генерального директора
ФГУП НИИР


М.Ю. Сподобаев



_____ 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - Федеральное государственное унитарное предприятие «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева» на диссертацию Иванова Валерия Игоревича «Методы многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки и обработки информации о местоположении абонентских терминалов в низкоорбитальных спутниковых системах связи с межспутниковыми линиями связи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 - «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

1. Актуальность темы исследования

Спутниковые системы связи (ССС) занимают важное место среди систем связи. Достоинствами данных систем следует считать: обеспечение связи с труднодоступными территориями, где создание обычных систем связи невозможно или невыгодно; возможность глобального обслуживания, то есть всей территории Земли; возможность обеспечения связью подвижных абонентов (самолётов, морских судов и т.д.).

Вход. № 35/20
«ок» 09 2020
подпись

В связи с бурным развитием широкополосных приложений реального времени и мультимедиа возрастает объём потоков данных, приходящийся на ССС, что приводит к необходимости повышения пропускной способности линий спутниковой связи.

В настоящее время функционирует достаточно большое количество высокоскоростных спутниковых систем, однако в основном они используют КА на геостационарной орбите. Достоинства и недостатки таких систем общеизвестны. В последнее время пристальное внимание разработчиков спутниковых систем обращено к использованию низких круговых орбит. Примерами могут быть как известные системы Iridium, GlobalStar, так и развёртываемые в настоящее время OneWeb, LeoSat и StarLink. Низкоорбитальные спутниковые системы связи (НССС) имеют свои достоинства и недостатки, однако они лучше подходят для передачи данных приложений реального времени и мультимедиа из-за меньшей задержки распространения сигнала от поверхности Земли до спутников. Однако, из-за особенностей орбиты НССС, область покрытия (обслуживания) одного спутника достаточно небольшая и время обслуживания наземных терминалов небольшое (единицы-десятки минут). Для получения связности в сети возможно два пути: размещение шлюзовых земных станций по всей планете, что очень сложно и дорого (данный подход реализован в системе GlobalStar), либо осуществлять объединение спутников в одну сеть посредством межспутниковых линий (подход реализованный Iridium).

В результате объединения спутников в одну сеть возникают проблемы поиска маршрутов между абонентами в сети (маршрутизация трафика в сети) и определение спутников, к которым подключены абонентские терминалы. В диссертации автором предложены методы, решающие эти проблемы.

Сложность решения проблемы поиска абонентских терминалов обусловлена малым временем контакта спутника с абонентским терминалом и как следствие частое переключение абонентских терминалов между спутниками. Аналогичная проблема существует в сетях подвижной связи и успешно решается с использованием процедур хэндовера. Для спутниковых систем разработано и реально используется большое количество протоколов хэндовера (например,

протокол стандарта GMR). Однако, дальнейшее развитие данного направления актуально.

Сложность решения проблемы маршрутизации заключается в особенностях низкоорбитальных спутниковых систем.

1. Динамическая топология. По мере движения по орбитам спутники меняют относительное расположение друг относительно друга. Это меняет время задержки распространения сигнала между спутниками. В некоторых полярных низкоорбитальных спутниковых системах при достижении полярных областей выполняется либо отключение некоторых спутников и/или отключение межплоскостных линий.

2. Неравномерное распределение абонентских терминалов по поверхности Земли. Неравномерное распределение абонентских терминалов может вызывать перегрузки отдельных межспутниковых линий. Поэтому необходимо находить такие маршруты для потоков, которые минимизируют вероятность потери пакетов в спутниковой системе из-за перегрузок линий, т.е. выполнять балансировку нагрузки по маршрутам.

Следует отметить, что данные проблемы решены для наземных сетей передачи данных и существуют их адаптированные к особенностям спутниковых сетей версии. В тоже время повышение эффективности маршрутизации абонентского трафика тоже является актуальной задачей.

Таким образом, тема диссертационного исследования является актуальной.

2. Структура и основные результаты работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и одного приложения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, проанализировано состояние исследований в предметной области диссертации, сформирована цель и задачи исследования, научная и практическая ценность работы, приведена научная новизна основных результатов работы и положения, выносимые на защиту, а также сведения о достоверности и апробации результатов работы, личном участии автора и соответствии паспорту специальности.

В **первой главе** проведён анализ существующих методов маршрутизации и обработки информации о местоположении в низкоорбитальных спутниковых системах связи.

Во **второй главе** предложен метод распределённой обработки информации о местоположении абонентских терминалов в НССС. Предложен способ выбора оптимальных параметров метода. Проведён выбор параметров и моделирование метода. В конце главы проведено сравнение предложенного метода с другими методами на основе имитационного моделирования.

В **третьей главе** предложен метод централизованной многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки в НССС, проведён выбор параметров метода, имитационное моделирование предложенного метода и сравнение с другими существующими.

В **четвёртой главе** предложен метод распределённой многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки в НССС. Приведено описание метода и предложен метод выбора его параметров. Проведено имитационное моделирование метода и сравнение предложенного метода с другими существующими.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

3. Научная новизна работы

Научная новизна результатов исследования состоит в следующем.

1. Предложен метод распределённой обработки информации о местоположении абонентских терминалов в НССС. Данный метод обеспечивает меньшую задержку ответа на запрос местоположения, чем другие существующие методы обработки информации о местоположении в НССС. Предложенный метод, в отличие от других существующих, работает без использования земных станций сопряжения и управления, что делает спутниковую группировку независимой от наземного сегмента в рамках обработки информации о местоположении.

2. Предложены методы централизованной и распределённой многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки в НССС, обеспечивающие снижение вероятности потери пакетов и повышение пропускной способности НССС по сравнению с другими существующими методами.

4. Теоретическая значимость работы обусловлена совершенствованием методов:

- 1) распределённой обработки служебной геоинформации в сетях с динамически меняющимися связями;
- 2) многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки в сетях с динамически меняющимися связями.

5. Практическая значимость работы обусловлена возможностью применения разработанных методов для повышения эффективности управления передачей данных в НССС и, как следствие, для повышения пропускной способности НССС и снижения вероятности потери пакетов в НССС. Разработанные методы возможно применить не только в НССС, но и в спутниковых системах с другим типом орбит. В определенной мере практическая значимость работы подтверждена актами о практическом использовании разработанных в ходе диссертационного исследования методов.

6. Личный вклад

Все выносимые на защиту результаты и положения, составляющие основное содержание диссертационной работы, разработаны и получены автором лично. Все основные результаты, составляющие содержание диссертации, получены соискателем самостоятельно.

7. Достоверность результатов, полученных в ходе диссертационной работы, обеспечена выбором непротиворечивого и адекватного рассматриваемым задачам математического аппарата. Результаты имитационного моделирования не противоречат ранее известным результатам, полученных в ходе аналогичных исследований других авторов.

8. Методология и методы исследования

В работе использованы методы теории алгоритмов, теории оптимизации, теории вероятностей, теории графов, теории эволюционных алгоритмов, теории множеств, статистического моделирования, системного компьютерного

моделирования для разработки методов маршрутизации и обработки информации о местоположении в НССС.

9. Апробация и публикации результатов

По материалам исследования опубликовано 13 научных трудов. Основные результаты диссертационной работы изложены в 8 печатных публикациях в рецензируемых изданиях из списка ВАК. Все работы, опубликованные в научно-технических изданиях, написаны без участия соавторов.

Материалы диссертационной работы были доложены на шести научно-технических конференциях.

Полученные в ходе диссертационного исследования алгоритмы, программы и методики их применения реализованы в НИР «Перспективы развития сетей спутниковой связи в интересах Российской Федерации на период до 2030 года» и НИР «Мыслитель-2015», выполненных по Государственному заказу в МГУСИ в 2018-2019 гг. Получено свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

10. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Основные результаты, полученные в ходе диссертационных исследований возможно использовать при разработке перспективных низкоорбитальных спутниковых систем связи, что позволит повысить качество обслуживания абонентов и увеличить пропускную способность систем связи.

11. Соответствие положений, выносимых на защиту, выбранной специальности

Выносимые на защиту положения соответствуют специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Положения 1, 2 и 3 входят в определённые в паспорте специальности области исследований № 4, № 11 и № 14, включающие «исследование путей совершенствования управления информационными потоками», «разработку научно-технических основ технологии создания сетей, систем и устройств телекоммуникаций и обеспечения их эффективного функционирования» и

«Разработка методов исследования, моделирования и проектирования сетей, систем и устройств телекоммуникаций».

12. Замечания по диссертационной работе

1. При описании метода централизованной многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки не приведена оценка вычислительной сложности генетического алгоритма оптимизации для поиска пропорций распределения, минимизирующих вероятность потери пакетов в спутниковой системе связи.

2. Автором не приведено обоснование выбора разрешения гистограмм.

3. Автором не обоснован шаг расчёта орбиты спутников модели спутниковой системы, выбор эллипсоида в качестве модели Земли, выбор конуса в качестве ограничителя пространства видимости спутника наземным терминалом, не обосновано отсутствие прецессии и нутации модели Земли.

13. Общее заключение по диссертационной работе

Перечисленные замечания не снижают ценность и положительную оценку выполненной диссертационной работы. Диссертационная работа Иванова Валерия Игоревича обладает целостностью и научной новизной и удовлетворяет требованиям ВАК при Минобрнауки России, предъявляемым к квалификационным работам на соискание учёной степени кандидата технических наук и соответствует пунктам 8 и 10 паспорта специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автор диссертации, Иванов Валерий Игоревич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Отзыв подготовили:

Михайлов Павел Анатольевич, кандидат технических наук, директор Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева» («Ленинградское отделение научно-исследовательского института радио» - филиал ФГУП НИИР-ЛОНИИР), Россия,

192029, Б. Смоленский просп. 4, Санкт-Петербург, тел. (812) 600-64-11, e-mail: mikh@loniir.ru.

Савичев Вячеслав Александрович, кандидат технических наук, заместитель директора научно-технического центра «Систем и аппаратуры спутниковой связи» Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева» («Ленинградское отделение научно-исследовательского института радио» - филиал ФГУП НИИР-ЛОНИИР),, Россия, 192029, Б. Смоленский просп. 4, Санкт-Петербург, тел. (812) 600-63-73, e-mail: winst@loniir.ru.

Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию обсуждены на заседании научно-технического совета ФГУП НИИР-ЛОНИИР (протокол заседания № 070/20 от 25 июля 2020 г.).

Директор филиала ФГУП НИИР-ЛОНИИР,
кандидат технических наук

П.А.Михайлов

Заместитель директора
научно-технического центра «Систем и аппаратуры спутниковой связи»
ФГУП НИИР-ЛОНИИР,
кандидат технических наук

В.А. Савичев

Подписи П.А.Михайлова и В.А.Савичева заверяю
Начальник отдела кадров СЭиП
ФГУП НИИР-ЛОНИИР



Е.С.Левина

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное унитарное предприятие «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева» (ФГУП НИИР), 105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, 16, 8 (495) 647-18-30, info@niir.ru, <https://niir.ru>.