

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.712

Грабун
Евгений Александрович

Системы спутниковой интерактивной связи с морскими и сухопутными
транспортными средствами

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-45 80 01 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Научный руководитель
Липкович Э.Б.
доцент

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

Определяющим фактором успешной работы пользователей в медиасетях является высокоскоростная доставка затребованной ими информации при условии высокого качества ее получения независимо от состояния местной телекоммуникационной инфраструктуры. В этом направлении приобрели широкое развитие спутниковые технологии передачи и обмена медиаданными между удаленными информационными центрами. В распоряжении потребителей находятся спутниковые интерактивные терминалы (СИТ) или малогабаритные станции типа VSAT (Very Small Aperture Terminal).

К положительным особенностям спутниковой интерактивной связи следует отнести: возможность доставки требуемой информации огромному числу пользователей; быстрое развертывание абонентской сети с последующим ее расширением; фиксированная оплата трафика независимо от удаленности пользователей в зоне обслуживания спутником; расширенный комплекс оказываемых услуг с гарантированным качеством их представления.

Спутниковая связь сегодня является единственным экономически выгодным решением предоставления услуг связи абонентам в зонах с низкой плотностью населения, что подтверждает ряд проведенных экономических исследований. Спутник является единственным технически реализуемым и окупаемым решением в том случае, если плотность населения ниже, чем $1,5 \text{ чел/км}^2$. Это говорит о существенных перспективах развития услуг спутниковой связи, особенно для регионов с низкой плотностью населения на большой территории.

Для охвата пользователей данной технологией операторы спутниковых сетей выделяют группу радиостволов или весь ресурс многофункциональных ИСЗ, с помощью которых организуются репортажи с мест актуальных событий, широкополосный доступ в интернет, видеоконференцсвязь, дистанционное обучение, IP- телефония, удалённое видеонаблюдение, адресная и многоадресная рассылка информации, а также цифровое телерадиовещание.

Спутниковый способ обмена информацией в равной мере пригоден как для крупных государственных и коммерческих предприятий (банки, нефтегазовые и энергетические компании, горнодобывающие предприятия и др.), так и для корпоративных и индивидуальных пользователей.

Учитывая рентабельность этого вида услуг, на территории многих стран развернуты специализированные мультимедийные спутниковые сети: HughesNet (США, ИСЗ «Spaceway 1/3»), Astra 2 Connect (Европа, ИСЗ «Astra 2G/3B/5B»), SkyLogic (Европа, ИСЗ «Eurobird – 3», «KaSat») IpStar (Тайланд, ИСЗ «IpStar 1») и др. [7]. Они охватывают обслуживанием десятки и сотни тысяч абонентов сети и используют высокоинформативные (емкостью от 20 до 70 Гбит/с) геостационарные ИСЗ типа HTS (High Throughput Satellites) с бортовыми многолучевыми антеннами (МЛА). На борту большинства из них осуществляется цифровая обработка информации и процессорная коммутация

лучей, каналов или пакетов. В наземном сегменте сети, кроме абонентских терминалов и VSAT- станций, задействованы станции сопряжения, обеспечивающие взаимосвязь между телекоммуникационными средствами общего пользования и спутником.

Помимо стационарного режима работы в спутниковой сети получили развитие мобильные технологии на базе VSAT станций для широкополосных соединений в транспортной отрасли. Антенные блоки станций устанавливаются на транспортные средства (морские и речные суда, железнодорожные поезда, автомобильный транспорт и другие) и служат для автоматического слежения за положением ИСЗ на орбите при различных маневрах транспорта. С учетом изложенного, тема диссертации, связанная с разработкой системы VSAT установленной на транспортном средстве, является актуальной. Для этих систем в Ка- диапазоне выделены полосы частот на линии «вверх» от 29,5 до 30,0 ГГц и на линии «вниз» от 19,7 до 20,2 ГГц. Эффективность данного направления напрямую зависит от емкости мультисервисной сети, поскольку стоимость услуг широкополосного доступа к информационным ресурсам заметно снижается только при использовании высокоинформационных ИСЗ с высокой энергетической и пропускной способностью.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В диссертационной работе рассмотрены принципы организации спутниковой станции, установленной на транспортном средстве, в частности: изложены принципы организации интерактивной спутниковой связи и мобильный прием сигналов на транспортные средства, структура организации спутниковой связи с подвижными объектами, подвижные станции в Ка диапазоне, их преимущества и недостатки, технология построения интерактивной спутниковой сети, назначение и структура построения центральной станции региональной спутниковой сети.

Цель работы – теоретическое исследование базовых характеристик спутниковых систем мобильной связи и интерактивной передачи мультимедийной информации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1 Рассмотреть общие принципы организации интерактивной спутниковой связи и средства мобильного приема сигналов.

2 Обосновать требования к параметрам станций на подвижных платформах.

3 Оценить эффективность каналов спутниковой связи стандарта DVB-S2 по сравнению со стандартом DVB-S.

4 Разработать схему сети спутниковой связи с подвижными объектами.

5 Рассчитать потери на спутниковых радиоперелиниях в Ка- диапазоне частот.

6 Рассчитать выходную мощность приемопередающей станции.

7 Рассчитать параметры антенны мобильной станции.

Объектом исследования являются средства и каналы спутниковой интерактивной связи.

Предмет исследования состоит в разработке моделей расчета и проектирования по теме диссертации.

Тема диссертационной работы соответствует пункту № 5 приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 190 от 12 марта 2015 г. "Информатика и космические исследования"

Все основные научные результаты, представленные в работе, получены соискателем самостоятельно. В диссертации изложены результаты научно-исследовательских работ, выполненных автором.

Личный вклад соискателя заключается в проведении теоретических исследований по теме диссертации.

Результаты исследований, включенные в магистерскую диссертацию, были представлены на XII международной научно-технической конференции и 54-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов.

Диссертация выполнена самостоятельно, проверена на плагиат. Все заимствованные материалы имеют источники.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Современные системы спутниковой связи получили широкое применение не только на сетях стационарных служб, но и на сетях служб подвижной связи. С их внедрением стал возможен доступ к медиаресурсам и обмен информацией с подвижных платформ включая автомобильный, воздушный, морской и железнодорожный транспорт. Анализ и проведение исследований по взаимодействию разнородных служб входит в задачи диссертации.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, дается краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи, указана теоретико-методологическая основа, отмечены элементы научной новизны, формулируются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Принципы организации интерактивной спутниковой связи и мобильный прием сигналов на транспортные средства» носит описательный характер и состоит из шести разделов, некоторые из которых делятся на подразделы.

В разделе 1.1 «Структура организации спутниковой связи с подвижными объектами» указан состав систем спутниковой связи, основные топологии сетей спутниковой связи и различные варианты маршрутизации через спутниковый ретранслятор.

В разделе 1.2 «Технология построения интерактивной спутниковой сети» показаны структурная схема интерактивной спутниковой сети, способы множественного доступа центральной станции к интерактивным терминалам, схема сети при многолучевом обслуживании.

В разделе 1.3 «Обобщенная модель передающего тракта спутниковой системы второго поколения» описываются структура передающего тракта стандарта DVB-S2, структура пакета передачи на физическом уровне.

В разделе 1.4 «Анализ функционирования подсистем передающего тракта и оценка эффективности каналов спутникового вещания и связи» описаны структура передающего тракта земной станции, сравнение параметров канала для стандартов DVB-S и DVB-S2.

В разделе 1.5 «Назначение и структура построения центральной станции региональной спутниковой сети» описаны обобщенная структурная схема центральной станции сопряжения и принцип её функционирования.

В разделе 1.6 «Характеристика геостационарных спутниковых систем нового поколения Инмарсат» показана работа и состав спутниковых систем Инмарсат.

В разделе 1.7 «Спутниковая система интерактивной связи Ka-диапазона» указаны основные отличия VSAT – сетей Ka – диапазона.

Вторая глава «Обоснование эксплуатационно–технических характеристик к проектируемой спутниковой системе» состоит из двух разделов и показывает основные требования международных стандартов к работе спутниковых сетей.

Третья глава «Станция интерактивной связи для транспортных средств» описывает состав и характеристики разрабатываемого спутникового интерактивного терминала.

В разделе 3.1 «Технические и функциональные особенности спутниковых интерактивных терминалов на подвижных платформах» описываются основные технические характеристики VSAT – станций и требования к характеристикам антенн на подвижных платформах.

В разделе 3.2 «Состав и структура построения терминала мобильной станции» показана подробная структура спутникового интерактивного терминала и состав передаваемой информации.

В разделе 3.3 «Спутниковая мобильная связь по схеме один канал на несущей (SCPC)» указана структура разрабатываемых системы и устройств интерактивной спутниковой связи.

В разделе 3.4 «Эффективность использования спутникового канала при доставке информации в адрес пользователя» рассмотрены алгоритм работы терминалов и параметры современных VSAT- станций.

В главе четыре «Постановка задачи и расчет параметров перестройки и наведения приемной антенны на геостационарные спутники» рассчитаны параметры приемной антенны, расположенной в балтийском море и наведенной на ИСЗ «Ka–Sat 9° в.д.»

В главе пять «Расчет энергетических параметров спутниковой радиолинии» рассчитаны суммарные потери на спутниковой радиолинии, величина плотности потока мощности у поверхности Земли для города Минска при приеме сигнала с ИСЗ «Ka–Sat 9° в.д.»

В главе шесть «Определение выходной мощности передатчика земной станции и параметров бортового ретранслятора» определяется выходная мощность станции VSAT при работе в Ka – диапазоне частот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были описаны общие принципы многофункциональной станции спутникового приема и интерактивной связи для транспортных средств. Изложены услуги связи, которые можно получить посредством VSAT, рассмотрены практические решения VSAT систем для транспортных средств. Описаны достоинства и недостатки, присущие подвижным VSAT и другим станциям в Ка диапазоне, которые быстрыми темпами осваиваются во всем мире. По данным компании Comsys, в 2017 г. 90 % емкости всех спутников приходилась на Ка диапазон.

Так же в работе обоснованы требования к техническим эксплуатационным характеристикам спутниковой системы. Изложены международные технические и регуляторные требования к подвижным платформам ESOMPs.

Разработаны структурные схемы сети спутниковой связи подвижными объектами в различных топологиях, центральной станции, а также спутникового интерактивного терминала. Рассмотрены принципы их функционирования.

Анализировано использование спутниковых каналов и оценена их эффективность.

К положительным особенностям спутниковой интерактивной связи следует отнести: возможность доставки требуемой информации огромному числу пользователей, находящихся как на суше, так и на море, быстрое развертывание рассредоточенной по территории абонентской сети с последующим ее расширением, фиксированная оплата трафика независимо от удаленности и труднодоступности мест нахождения пользователей в зоне обслуживания спутником, расширенный комплекс оказываемых услуг с гарантированным качеством их представления.

Спутниковый способ обмена информацией в равной мере пригоден как для крупных государственных и коммерческих предприятий (банки, нефтегазовые и энергетические компании, горнодобывающие предприятия и др.), так и для корпоративных и индивидуальных пользователей. Условия предоставления услуг достаточно разнообразны (с помегабайтной оплатой трафика, с лимитированным объемом принятых данных, неограниченный доступ, льготные условия в вечернее и ночное время суток и др.).

Развитие высокоскоростного интерактивного доступа к медиаресурсам базируется на принципах использования широкополосных спутниковых каналов (более 100 МГц), эффективных методов помехоустойчивого кодирования, полосноберегающих видов модуляции, усовершенствованных протоколов доставки и обработки сигналов, а также многолучевого сотового покрытия требуемых территорий.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Грабун, Е. А. Двусторонний обмен информацией в спутниковых системах связи с подвижными объектами / Е. А. Грабун, Э. Б. Липкович // Современные средства связи: материалы XII Международной НТК, 19-20 октября 2017г., г. Минск. – г. Минск.: Белорусская государственная академия связи, 2017. – С. 100-101.

2-А. Грабун, Е. А. Особенности технологий расширительного стандарта DVB-S2X / Е. А. Грабун // Инфокоммуникации: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23–27 апреля 2018 г. – Минск: БГУИР, 2018. – С. 23.