

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

УДК _____

Бобров
Юрий Леонидович

Математические модели расчета базовых
показателей спутниковых систем

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-45 80 01 Системы, сети и устройства
телекоммуникаций

Научный руководитель

Липкович Эдуард Борисович

доцент кафедры СТК

Минск 2016

Библиотека БГУИР

Нормоконтроль
Ткаченко Анатолий Пантелеевич

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Спутниковые технологии многопрограммного цифрового телерадиовещания, обмена информацией и высокоскоростного доступа к медиаресурсам обладают уникальной возможностью охватить высококачественным обслуживанием значительное число пользователей, в том числе находящихся в районах со сложным рельефом местности, невысокой плотностью населения и низким уровнем развития наземной телекоммуникационной инфраструктуры.

Спутниковый интерактивный доступ к мультимедийным ресурсам считается одним из перспективных направлений в спутниковой отрасли. К настоящему времени созданы специализированные высокоинформативные спутниковые сети (Ka-Sat, Astra2Connect, HughesNet, ViaSat и др.) и выведено на орбиту достаточно большое число спутников с радиостволами мультимедийных услуг, включая российские спутники Экспресс-AM5/AT2 (140° в.д.), Экспресс-AM6 (53° в.д.), Экспресс-AM8 (81° в.д.). В значительной части спутников используются радиостволы Ka-диапазона частот (27,5...31,0 ГГц на линии «вверх» и 17,7...21,2 ГГц на линии «вниз»), что объясняется их широкополосностью (150...400 МГц) и высокой энергетической эффективностью при условии обеспечения допустимой плотности потока мощности у поверхности.

Заметный удельный вес спутниковых сетей связи среди других наземных телекоммуникационных средств доставки информации объясняется высоким качеством передаваемых сигналов, гибкостью решений при организации радиосвязи и значительной рентабельностью при их развертывании.

Известно, что для построения спутниковой сети связи, необходимо провести тщательный анализ радиоканала, по которому будет осуществляться передача информации. Данный анализ включает в себя расчет потерь на распространение сигнала, энергетических параметров радиолинии, электромагнитной совместимости оборудования.

Основными задачами диссертационной работы является нахождение математических моделей базовых показателей спутниковых систем.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цифровые спутниковые системы (ЦСС) совершенствуются как в части функциональных возможностей, так и в части технических и качественных показателей. К настоящему времени существенно улучшена чувствительность приемных устройств за счет использования двухблочного способа построения, исключая волноводный тракт с потерями. Снижена выходная мощность передатчика станций и повышена достоверность приема благодаря применению помехоустойчивых кодов с высокой исправляющей способностью. В ряде моделей ЦСС применены адаптивные методы борьбы с потерями на радиолиниях из-за погодных условий приема путем изменения параметров

кодирования под требуемые значения отношений несущая/шум на входе приемного устройства. В соответствии с общей тенденцией улучшения характеристик станций ставится задача улучшения не только энергетических, а также и качественных показателей, таких как: достоверность приема, готовность оборудования, показатели по ошибкам.

В диссертационной работе излагаются основные положения по принципам построения сетей VSAT, используемым технологиям и протоколам в данных сетях. Рассматривается стандарт DVB-S2, его основные особенности и возможные реализации. Также рассматривается режим работы стандарта DVB-S2 совместимый с DVB-S. Приводятся теоретические положения по вопросам помехоустойчивого кодирования и многопозиционной модуляции, разрабатываются математические модели расчета помехоустойчивости приемных систем, дается оценка качественным показателям.

В диссертационной работе ставятся и решаются следующие задачи:

разработка математических моделей для расчета энергетических параметров спутниковой радиолинии;

разработка математических моделей при расчете помехоустойчивости ЦСС с многопозиционными видами модуляции и помехоустойчивым кодированием;

разработка математических моделей для расчета системных показателей приемного оборудования;

получение расчетных формул для определения информационной эффективности и выигрыша от применения сверточного кодирования;

исследование методов оценки качественных характеристик радиоканалов и трактов;

анализ показателей готовности оборудования и уровня ошибок при наличии потерь на пути распространения сигнала, неточности наведения антенн, помех со стороны соседних спутников.

БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, указана теоретико-методологическая основа.

Первая глава «Анализ технологий интегрированных спутниковых систем связи, критерии эффективности спутниковых каналов сетей VSAT» включает общие положения по состоянию в области спутниковых сетей связи и состоит из группы подразделов.

В подразделах первой главы производится анализ топологий сетей VSAT. Рассматриваются их основные достоинства и недостатки. Производится сравнение различных технологий множественного доступа, которые получили широкое распространение в сетях VSAT. Помимо этого, рассматриваются протоколы передачи данных, без которых реализация данных сетей была бы

невозможна. Наибольшее распространение получили протоколы TCP и UDP. Также рассматриваются протоколы повторной передачи данных в ИССС на базе VSAT.

Вторая глава «Обзор стандарта второго поколения DVB-S2» включает в себя рассмотрение данного стандарта и состоит из группы подразделов. В подразделах второй главы рассматриваются схемы модуляции и способы помехозащитного кодирования применяемые в стандарте DVB-S2. Производится анализ режима работы стандарта DVB-S2 совместимого с DVB-S. Излагаются основные моменты адаптивного кодирования и модуляции стандарта DVB-S2.

Третья глава «Расчет параметров перестройки и наведения антенны на геостационарные спутники» несет в себе общие положения по расчету параметров наведения антенны на геостационарные спутники. В данной главе приведены математические модели для расчета угла места и азимута антенны, а также для расчета погрешностей наведения антенны.

Четвертая глава «Расчет энергетических параметров спутниковой радиолинии» включает в себя математические модели для расчета потерь мощности на пути распространения сигнала между спутником связи и земной станцией. Причины данных потерь обусловлены расходимостью фронта излучения в свободном пространстве, поглощением энергии в атмосфере, тумане, дождях и мокром снеге, неточностью наведения антенны ЗС на ИСЗ и несоответствием плоскостей поляризации антенн ИСЗ и ЗС.

В зависимости от типа спутниковой службы, диапазона рабочих частот и способа приема расчеты потерь в осадках проводятся с учетом требований на допустимый процент времени снижения качества принимаемых сигналов для среднего года $T_r(\%)$ или наихудшего месяца года $T_m(\%)$. Основой для расчета потерь в осадках служит Рек. МСЭ-РР.618-10.

Цель проводимых расчетов состоит в определении суммарных потерь на спутниковой радиолинии, величины плотности потока мощности (ППМ) у поверхности Земли и ЭШТ приемной антенны.

Глава пятая «Расчет системных показателей приемного оборудования» включает в себя математические модели для расчета системных показателей приемного оборудования.

Целью главы являются определение базовых показателей приемных систем при организации многопрограммного спутникового вещания, высокоскоростной доставки мультимедийных данных в адрес пользователей, телеметрии и контроля. Среди определяемых параметров: ЭШТ приемного оборудования, уровни входных сигналов, энергетический выигрыш от кодирования (ЭВК), спектральная и информационная эффективности, число программ в радиоканале, диаметр и конструктивные параметры приемной антенны.

Глава шестая «Определение выходной мощности передатчика земной станции и параметров бортового ретранслятора» состоит из нескольких

подразделов, в которых представлены математические модели необходимые для данного расчета.

Расчет выходной мощности передатчика ЗС1 в спутниковых системах с прямой ретрансляцией сигналов основывается на определении требуемого значения ОНШ на входе ИСЗ, при котором помехоустойчивость ЗС2 под действием тепловых шумов и продуктов нелинейных искажений ретранслятора находится в заданных пределах. Наибольшее влияние на помехоустойчивость ЗС2 оказывает ретранслятор, когда в нем используется многосигнальный режим передачи и усилитель мощности (например, на ЛБВ) работает в нелинейном режиме, вызывая рост интермодуляционных продуктов, расширение спектра модулированных сигналов и снижение достоверности приема. В расчетах учитываются негативное влияние многосигнального режима на ЛБВ в виде отступлений мощности по входу и выходу.

Также в данной главе приведен порядок расчета сетевых показателей при использовании VSAT-станций.

Глава седьмая «Влияние помех геостационарных спутников на помехоустойчивость приемных систем» включает в себя вопросы снижения достоверности приема при наличии помех со стороны геостационарных спутников и состоит из двух подразделов. Во втором подразделе произведен расчет, целью которого является:

определение защищённости приемной станции $A_{з\Sigma}$ от совокупного действия помех мешающих ИСЗ;

проверка выполнения условия совместимости сетей для принятия решения о необходимой коррекции размеров приемной антенны;

определение уровня снижения ОНШ на входе ПС Δr_{Π} из-за помех со стороны мешающих ИСЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Базируясь на выполненных в диссертационной работе теоретических исследованиях в направлении построения спутниковых сетей передачи мультимедийных данных с использованием станций VSAT, математических моделей для расчета энергетических, спектральных, информационных, системных и сетевых характеристик можно сделать следующие выводы:

– проведен подробный анализ концепции построения спутниковой сети интерактивного доступа к информационным ресурсам с использованием станций типа VSAT;

– получены математические соотношения увязывающие энергетические показатели цифровых спутниковых систем с параметрами модуляции, сверточного кодирования и требуемой достоверности приема;

– получены расчетные формулы для определения энергетического выигрыша от кодирования сверточным кодом при использовании многопозиционной квадратурной модуляции;

– выполнен анализ качественны характеристик цифровых каналов и трактов по критериям готовности и качества по ошибкам;

– приведена методика расчета выходной мощности VSAT-станций и сетевых показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Список использованных источников

[1] Морелос-Сарагоса, Р. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение / Р. Морелос-Сарагоса; пер. с англ. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.

[2] Волков, Л. Н. Системы цифровой радиосвязи : базовые методы и характеристики : учеб. пособие / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. – М. : Эко-Трендз, 2005. – 392 с.

[3] Гаранин, М. В. Системы и сети передачи информации : учеб. пособие для вузов / М. В. Гаранин, В. И. Журавлев, С. В. Кунегин. – М. : Радио и связь, 2001. – 336 с.

Список опубликованных работ

[А-1] Бобров, Ю. Л. VSAT-станция интерактивной спутниковой сети / Ю. Л. Бобров, Э. Б. Липкович // Современные средства связи: материалы XX Международной НТК, 14-15 октября 2015 г., г. Минск. – Минск.: УО ВГКС, 2015. – С. 96-97.