

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

УДК 621.396.946.2 (075.8)

Ковшик
Виктория Анатольевна

Математическое моделирование показателей эффективности наземных и
космических систем цифровой связи и вещания

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 2017

Библиотека БГУИР

Нормоконтроль:

Ткаченко Анатолий Пантелеевич

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время наблюдается слияние средств телерадиовещания, телекоммуникаций и компьютерных технологий в единую информационную среду с целью предоставления пользователям новых и гораздо более совершенных видов услуг. Процесс взаимного проникновения технологий, основанных на цифровых методах представления сигналов, становится общепринятым при создании и реализации новых технических решений.

Для правильного выбора состава и структуры цифровой системы радиосвязи необходимо провести предварительный анализ возможных решений, с помощью которых обеспечиваются базовые параметры.

Современные системы радиосвязи и ТВ-вещания предусматривают многопозиционные методы модуляции и средства помехоустойчивого кодирования для повышения качественных показателей радиоканалов и трактов. Прогнозирование и расчет многих показателей связан с использованием компьютерного моделирования для получения конкретных значений, что при многообразии задач проектирования ограничивает возможности выбора сбалансированных решений.

При проектировании цифровых систем выбранного типа наиболее перспективным является метод математического моделирования. Математическое моделирование – это процесс построения и изучения математических моделей. От качества модели зависит весь последующий анализ объекта, она должна быть достаточно точной, адекватной и должна быть удобна для использования. Этот способ проектирования имеет широкое применение так как позволяет решать задачи нереализуемые другими методами, при этом снижая экономические, интеллектуальные и временные затраты на разработку.

К настоящему времени создано свыше 40 увязанных между собой стандартов в области телеинформационных и интерактивных технологий, которые учитывают специфику транспортных сред передачи, а также особенности доставки, распределения и приема. Вновь разрабатываемые стандарты позволяют повысить пропускную способность систем, расширить спектр предоставляемых услуг и обеспечить высокий уровень защиты от ошибок при передаче сигналов с различной скоростью и качеством. Среди новых разработок, рекомендуемых ETSI, следует выделить стандарт спутникового широкополосного вещания, интерактивного доступа к информационным ресурсам и сбора новостей – DVB-S2.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Достижения в области телекоммуникационных систем обеспечивают безграничные возможности в предоставлении услуг пользователям. Новые проекты как в области радиорелейных систем, так и в области спутниковых систем могут гарантировать связь «в любое время, в любом месте». Исследования в области эффективности связи предоставляют возможность обеспечивать широкий круг пользователей качественными услугами связи по доступной цене.

Применение цифровых методов устраняет многие недостатки, характерные для аналогового способа передачи, такие как искажение сигналов при их формировании, обработке и передаче, накапливающиеся с увеличением числа пользователей, переключений и перезаписей. С реализацией цифровых способов передачи существенно улучшены качество изображения и звука, расширены функциональные возможности систем, во много раз увеличена пропускная способность каналов, созданы условия для взаимодействия высокоинформативных систем и служб, включая сети Интернет.

В диссертационной работе излагаются основные положения по структуре построения радиорелейных и спутниковых систем передачи данных. Приводятся основные положения стандарта второго поколения цифрового телевизионного вещания DVB-S2. Приводятся теоретические положения по вопросам помехоустойчивого кодирования и многопозиционной модуляции, разрабатываются математические модели расчета показателей эффективности, таких как энергетическая, спектральная и информационная, а так же выигрыш от кодирования. Выполняются расчеты графических зависимостей для различных форматов модуляции, приводятся методики расчета различных показателей спутниковых систем. В диссертационной работе ставятся и решаются следующие задачи:

- разработка математических моделей для расчета показателей эффективности радиорелейных и спутниковых систем передачи с многопозиционными видами модуляции и помехоустойчивым кодированием;
- получение расчетных формул для определения выигрыша от применения сверточного кодирования и выигрыша в сравнении с применением других видов модуляции;
- исследование методов оценки качественных характеристик радиоканалов и трактов;
- расчет параметров перестройки приемной антенны на геостационарный спутник связи, оценка готовности оборудования и уровня ошибок при наличии помех от других спутников, осадков, неточности наведения антенн.

БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи, указана теоретико-методологическая основа, отмечены элементы научной новизны.

Первая глава «Математическое моделирование показателей эффективности цифровых радиосистем» содержит себе теоретические и практические сведения, посвященные наземным системам связи и вещания.

В подразделе 1.1 «Структурная схема оконечной цифровой станции радиорелейной связи» приведена обобщенная структурная схема оконечной цифровой станции, состоящая из внешнего приемопередающего блока ODU, соединительного кабеля и внутреннего модемного блока IDU. Так же описаны принципы ее функционирования и задачи, решаемые каждым из блоков.

В подразделе 1.2 «Определение энергетической эффективности радиосистем при отсутствии кодирования» представлены математические модели для расчета энергетической эффективности радиосистем с многопозиционными видами модуляции, такие как КАМ-М, ФМ-М и АМ-М без использования кодирования. Также данные модели могут использоваться для проведения исследований других показателей, связанных с ОСШ и ОНШ. В частности, по рассчитанному значению ρ_{0i} можно определить информационную эффективность цифровых систем с различными видами модуляции, показывающую во сколько раз реальная скорость передачи данных V_0 ниже пропускной способности C по Шеннону.

В подразделе 1.3 «Определение помехоустойчивости цифровых систем с многопозиционными видами модуляции и сверточным кодированием» представлены математические модели для расчета энергетической эффективности радиосистем с многопозиционными видами модуляции, в присутствии сверточного кодирования или двухкаскадного кодирования РС+СК, декодирования по алгоритму Витерби с мягким решением в присутствии гауссовского шума. Представлены графические зависимости h_{ki} в функции $P_{\text{ОШ.В}}$, построенные по предложенным соотношениям для $K = 7$, различных значений M , пяти значений R_K ($1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$) и видов модуляции (КАМ-М, ФМ-М и АМ-М).

В подразделе 1.4 «Энергетический выигрыш от кодирования» описаны соотношения для определения величины энергетического выигрыша от кодирования по сравнению с режимом без кодирования при условии

сохранения выбранного типа модуляции и величины ошибок, показывающие эффективность принятого способа кодирования и декодирования в цифровых системах связи и вещания. По полученным соотношениям построен ряд графических зависимостей.

Проведена сравнительная оценка характеристик радиосистем, позволяющая вскрыть их энергетическую и спектральную эффективность при кодировании и установить целесообразность выбора вида и порядка модуляции в зависимости от решаемых задач. Построены графические зависимости, отражающие энергетическую и спектральную эффективности от кодирования для КАМ-М, ФМ-М и АМ-М по отношению к QPSK-модуляции без кодирования.

Вторая глава «Концепция построения систем цифрового спутникового мультимедийного вещания» носит теоретический характер и содержит в себе сведения о принципах построения спутниковых системах цифрового мультимедийного вещания стандартов DVB-S/S2.

В подразделе 2.1 «Структура построения систем спутникового мультимедийного вещания» описаны общие концепции построения спутниковых трактов, приведена структурная схема передающего тракта земной станции (ЗС), описаны принципы ее функционирования. Представлены и рассчитаны соотношения для определения основных показателей спутниковых систем стандартов DVB-S/S2, для наглядности результаты сведены в таблицы.

В подразделе 2.2 «Принципы спутниковой ретрансляции сигналов» описаны схемы возможных способов ретрансляции радиосигналов через спутники. В частности, показана структурная схема бортового комплекса с прямой ретрансляцией сигналов и описан принцип ее работы.

В подразделе 2.3 «Характеристика технических показателей геостационарных спутников» рассмотрены важнейшие общетехнические показатели геостационарных спутников, такие как: пропускная способность, срок эксплуатации, стабильность положения на орбите, диапазон рабочих частот, выходная мощность бортового ретранслятора, число радиостволов, энергоемкость солнечных панелей и общая масса космического аппарата (КА).

В подразделе 2.4 «Полосы частот, распределенные Регламентом радиосвязи спутниковому вещанию» приведены планы распределения частот радиовещательной спутниковой службы для радиолиний ЗС-ИСЗ и ИСЗ-ЗС.

В подразделе 2.5 «Радиотехнические показатели спутниковых ретрансляторов» описаны основные радиотехнические показатели бортовых ретрансляторов ИСЗ и предложены соотношения для их расчета.

Третья глава «Характеристика спутниковых каналов и показателей их эффективности» посвящена структурной реализации спутниковых каналов, а также математическому моделированию показателей эффективности спутниковых систем стандартов DVB-S/S2.

В подразделе 3.1 «Общая характеристика спутниковых каналов стандартов DVB-S/S2» установлены различия между техническими решениями стандартов DVB-S и DVB-S2.

В подразделе 3.2 «Структурная схема системы спутникового мультимедийного вещания DVB-S/S2 и анализ ее функционирования» представлена структурная схема передающего тракта системы DVB-S2. Так же показана структура цифрового блока при двухступенчатом кодировании и ее параметры.

В подразделе 3.3 «Математическое моделирование показателей эффективности спутниковых систем мультимедийного вещания» продолжены исследования применительно к характеристикам спутниковых каналов, начатые в главе 1. Так как для проведения исследований характеристик систем стандартов DVB-S/S2 необходимы достаточно точные и простые математические модели расчета, поскольку спутниковый ресурс ограничен как по мощности, так и полосе частот. В частности, исследованы показатели спектральной, информационной и энергетической эффективности спутниковых каналов стандартов DVB-S/S2.

В подразделе 3.4 «Результаты расчета информационной и энергетической эффективностей спутниковых каналов стандартов DVB-S/S2» построены графические зависимости, по соотношениям, представленным в предыдущем подразделе 3.3 и проведен анализ полученных результатов

Четвертая глава «Методика исследований системных показателей спутниковых радиоканалов и трактов» содержит методику исследований системных показателей спутниковых каналов мультимедийного вещания и интерактивной связи, которая полностью базируется на аналитических моделях расчета. Для полноты изложения предлагаемой методики параллельно с формируемым порядком исследований выполняются расчеты, принятого за основу примера. Основные показатели спутниковых каналов, подлежащие определению в соответствии с методикой расчета: ЭШТ приемного оборудования, уровни входных сигналов, энергетический выигрыш от кодирования (ЭВК), спектральная, энергетическая и информационная эффективности, число программ в радиоканале, диаметр и конструктивные параметры приемной антенны, энергетический потенциал спутниковых радиолиний.

Пятая глава «Методики расчетов выходной мощности передатчика ЗС, параметров бортового ретранслятора и влияния помех на помехоустойчивость приема» описывает методики расчета таких показателей как, выходная мощность передающей станции, параметры бортового ретранслятора и влияние помех мешающих спутников на помехоустойчивость приемных систем. Параллельно с формируемым порядком исследований выполняются расчеты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над данной диссертацией были разработаны математические модели для оценки показателей эффективности цифровых наземных и космических систем связи и вещания с распространенными и перспективными видами модуляции.

Были получены расчётные соотношения для определения помехоустойчивости, информационной эффективности и выигрыша от кодирования в цифровых системах с многопозиционными видами модуляции и сверточным кодированием. Соотношения получены для канала с аддитивным белым гауссовым шумом при когерентной демодуляции и декодировании с мягким принятием решения по алгоритму Витерби. Полученные соотношения возможно использовать для расчетов как радиорелейных, так и спутниковых цифровых систем связи.

Также в ходе работы были рассмотрены основные типы модуляции и кодирования, применяемые в данном стандарте. В диссертации в результате выполнения исследований решены следующие задачи:

- разработаны математические модели для расчета показателей эффективности радиорелейных и спутниковых систем передачи с многопозиционными видами модуляции и помехоустойчивым кодированием;
- получены расчетные формулы для определения выигрыша от применения сверточного кодирования и выигрыша в сравнении с применением других видов модуляции;
- получены математические соотношения увязывающие энергетические показатели спутниковых систем с параметрами модуляции, сверточного кодирования и требуемой достоверности приема;
- исследованы методы оценки качественных характеристик радиоканалов и трактов;
- исследованы информационная и спектральная эффективности спутниковых каналов стандартов DVB-S/S2 по сравнению с предельным значением по Шеннону. Показана необходимость совершенствования характеристик каналов связи, способов кодирования/декодирования;

– разработана методика расчеты выходной мощности профессиональных и абонентских станций спутникового вещания и интерактивной связи при условии обеспечения необходимой достоверности приема;

– разработана методика расчета влияния мешающих ИСЗ на помехоустойчивость станций приема.

Результаты диссертационной работы могут использоваться в учебном процессе при выполнении курсовых и дипломных работ, а также в научных центрах и лабораториях при проектировании спутниковых систем связи, т.к. они являются универсальными, применимы для различных сочетаний модуляции и кодирования и дают достаточно точный результат.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[А-1] Липкович, Э.Б. Математические модели расчета эффективности радиоканалов спутникового мультимедийного вещания / Э.Б. Липкович, В.А. Ковшик, Е.А. Добровольский // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных. Материалы международного научно-технического семинара (Минск, апрель – декабрь 2016 г.) – Минск: БГУИР, 2017. – С. 34 – 40.