

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.391.14

Ковалевский Алексей Сергеевич

Контроль ошибок в телекоммуникационных системах на основе
неравномерного кодирования данных

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-45 80 02 «Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети»

Научный руководитель
Королёв Алексей Иванович
кандидат технических наук,
доцент

Минск 2018

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время развитие систем передачи информации по радиоканалам имеет тенденцию, заключающуюся в непрерывном росте количества радиоизлучающих средств за счет развития современных систем передачи информации. Увеличивается разнообразие источников радиоизлучения, в том числе от промышленного оборудования и транспорта. Одновременно при этом должны сохраняться требования на качественные характеристики, что определяет важную научную и практическую проблему, заключающуюся в разработке новых методов и алгоритмов сверточной обработки сигналов для повышения помехоустойчивости систем передачи информации в условиях ухудшающейся помеховой обстановки. Эта проблема может быть разрешена за счёт повышения характеристик путём модификации имеющихся алгоритмов сверточной обработки сигналов.

Широкое применение в системах передачи цифровой информации нашли сверточные коды. Они используются в системах мобильной и спутниковой связи, в модемах для телефонных линий связи и в других радиотехнических системах. Сверточные коды рассматривались в работах таких ученых, как Л.М. Финк, А.Г Зюко, В.Л. Банкет, Э.Витерби, Дж. Кларк, Дж. К. Омура, Дж. Хеллер и др.

Особенно эффективным считается алгоритм сверточного декодирования, впервые предложенный Э.Витерби. Однако в современных условиях эффективность многих методов сверточной обработки сигналов оказывается недостаточной. Эти методы разрабатывались для работы в условиях воздействия аппаратных шумов. При наличии внешних помех или замираний сигналов существующие методы сверточной обработки сигналов уже не обеспечивают необходимого качества передаваемой информации, а при некоторых условиях может возникнуть полный срыв связи. В то же время имеется возможность производить внутреннюю адаптацию некоторых методов сверточной обработки сигналов, повышающих помехоустойчивость, при различных, условиях работы.

Большинство современных методов используют сжатие прогрессивных изображений. Поскольку битовый поток прогрессивного изображения подвергается значительному искажению в присутствии битовых ошибок, проблема эффективной передачи прогрессивного изображения по беспроводным каналам привлекает большое внимание исследователей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Основная научная проблематика в данном направлении заключается в исследовании возможности повышения качества восстановления прогрессивных изображений при передаче по каналам связи с шумами в условиях ограничения ресурсов, например, скорости передачи, энергии и других.

Решение задачи синтеза эффективных алгоритмов, базирующихся на последних достижениях теории цифровой обработки сигналов, является весьма актуальной.

Однако, несмотря на то, что данной проблеме посвящено достаточно много исследований, имеют место еще и многие нерешенные вопросы. Одним из них является анализ формирования эффективного набора корректирующих кодов, который является важным инструментом в реализации каждого алгоритма оптимизации.

Другой вопрос – выбор эффективного метода оценки качества восстановления прогрессивного изображения для алгоритмов оптимизации, а также разработка алгоритмов для практического применения. Таким образом, практической потребностью в решении перечисленных задач и состоянием разработанности поставленной научной проблемы обусловлена актуальность темы диссертационного исследования.

Цель исследований.

Целью диссертации является разработка и исследование методов и алгоритмов сверточной обработки сигналов для повышения устойчивости систем передачи информации к внешним узкополосным помехам и замираниям уровня сигнала.

Методы исследования.

При решении поставленных задач использовались методы, основанные на положениях теории вероятностей, математической статистики, теории кодирования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Показано, что при передаче сжатых пакетов данных на основе широко используемых на практике алгоритмом прогрессивного кодирования для уменьшения информационной избыточности и вычислительной сложности следует использовать неравномерное кодирование информации. Установлено, что известные способы неравномерного кодирования данных, основанные на применении циклических, сверточных и каскадных кодов в беспроводных сетях связи, требуют использования кодов с высокой избыточностью со сложными кодеками и обеспечивают невысокую достоверность передаваемых данных.

Установлена необходимость разработки методов, алгоритмов и устройств неравномерной защиты информации от ошибок на основе сверточных и циклических кодов, двумерного кодирования информации, для чего необходимо решить следующие задачи :

– разработать методы и алгоритмы неравной защиты данных от ошибок на основе вложенного кодирования сверточных кодов с пороговым декодированием и модифицированных циклических кодов, обеспечивающих мини-

мальную избыточность и высокую скорость обработки при передаче информации в каналах связи со случайными и группирующимися ошибками;

– разработать методы и алгоритмы неравной защиты данных от ошибок на основе многоканального кодирования сверточных кодов при использовании порогового декодирования с жестким и мягким решением на выходе дискретного канала связи;

– разработать методы и алгоритмы неравной защиты данных на основе модифицированных сверточных кодов с пороговым декодированием, обеспечивающих обнаружение некорректируемых ошибок и контроль качества канала связи;

– разработать методы и алгоритмы по формированию библиотек образов ошибок, их идентификации, правил декодирования для двумерного неравномерного кодирования информации.

Рассмотрены помехоустойчивые коды и алгоритмы их декодирования, как широко применяющиеся в цифровых системах передачи данных, так и только разрабатываемые. Показано, что на сегодняшний день существует всего несколько методов коррекции ошибок, способных работать вблизи пропускной способности канала. К ним можно отнести многопороговые декодеры самоортогональных кодов, турбо и низкоплотностные коды. Каждый из них имеет свои достоинства, недостатки и, соответственно, свою область применения. Например, турбо и низкоплотностные коды способны работать при уровне энергетика канала, всего на несколько десятых децибела превышающих его пропускную способность.

Однако для практической реализации декодеров данных кодов требуются значительные аппаратные ресурсы. В результате разработчики кодеков вынуждены или использовать чрезвычайно дорогие аппаратные средства, или идти на упрощение алгоритмов, что приводит к некоторому ухудшению характеристик.

Многопороговые декодеры, хотя и незначительно уступают турбо и низкоплотностным кодам по обеспечиваемому уровню энергетического выигрыша, оказываются при этом очень простыми для практической реализации, что позволяет создавать недорогие кодеки МПД, успешно работающие в высокоскоростных цифровых системах передачи данных.

Показано, что при передаче сжатых пакетов данных на основе широко используемых на практике алгоритмов прогрессивного кодирования для уменьшения информационной избыточности и вычислительной сложности следует использовать неравномерное кодирование информации.

Установлено, что известные способы неравномерного кодирования данных, основанные на применении циклических, сверточных и каскадных кодов в беспроводных сетях связи, требуют использования кодов с высокой избыточностью со сложными кодеками и обеспечивают невысокую достоверность

передаваемых данных.

Установлена необходимость разработки методов, алгоритмов и устройств неравномерной защиты информации от ошибок на основе сверточных и циклических кодов.

Впервые предложены методы организации неравномерной защиты данных от ошибок на основе вложенного кодирования самоортогональных свёрточных кодов с алгоритмом порогового декодирования, получены аналитические выражения, позволяющие определить параметры кодеков, реализующих предложенные методы. Показано, что разработанный кодек РСК, реализующий предложенный метод неравномерного кодирования данных с использованием вложенного кодирования самоортогональных свёрточных кодов и самоортогональных равномерносвёрточных кодов является наиболее эффективным, обеспечивая вероятность ошибочного приёма данных на выходе декодера $P_{\text{ош.}}=10^{-6} - 10^{-12}$ при минимальной ($r \approx 1 - 2\%$) информационной избыточности.

Предложен метод неравной защиты данных от ошибок при мягком (квантованном) принятии решения на выходе декодера ДКС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения диссертационной работы были получены следующие результаты:

Установлено, что при использовании прогрессивных методов кодирования информации, обеспечивающих существенное стирание данных, требуется использовать помехоустойчивые или корректирующее канальное кодирование с неравной защитой данных от ошибок;

Определены достоинства и недостатки как циклических, так и свёрточных кодов для организации неравной защиты данных от ошибок. Установлено, что систематические ССК и РСК более эффективны для организации неравной защиты данных от ошибок на основе СК и ЦК требует введения большой дополнительной избыточности передаваемой информации;

Предложены методы организации неравной защиты данных от ошибок на основе самоортогональных СК и РСК с использованием $N(N = 2)$ – канального метода кодирования данных, так и вложенного канального кодирования данных.

Разработан метод неравной защиты данных от ошибок при мягком (квантованном) принятии решения на выходе ДКС, обеспечивающий увеличение ЭВК на 0,3-0,5 Дб при $P_{\text{ош.к.}}=10^{-3} - 10^{-2}$.

Установлено, что разработанные канальные кодеки, реализующие предложенные методы неравной защиты данных от ошибок, обеспечивают равную вероятность ошибочного декодирования с известными методами неравной защиты данных от ошибок при минимальной избыточности передаваемой в канале связи кодовой информации.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Ковалевский А.С. Контроль ошибок в телекоммуникационных системах на основе неравномерного кодирования данных/ А.С. Ковалевский, А.И. Королёв //52-я научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР – Минск: БГУИР, 2017 – С.75 – 77

2-А. Макейчик Е.Г. Корреляция модульных ошибок блоковыми кодами, построенными на основе составных самоортогональных сверточных кодов / Е.Г. Макейчик [и др.] //Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных: материалы международного научно-технического семинара (Минск, апрель-декабрь 2017) – Минск: БГУИР, 2017 – С.96

Библиотека БГУИР