

ОТЗЫВ

официального оппонента

Коробкова Алексея Александровича

на диссертацию Иванова Владислава Викторовича

на тему «Координированная дифференциальная обработка сигналов
для эффективного кодирования сообщений

многоканальных систем связи с однотипными каналами»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы диссертации

Все современные системы телекоммуникаций по умолчанию рассматриваются как многоканальные, что позволяет строить телекоммуникационные сети, в общем случае объединяющие большое количество устройств различного назначения. При проектировании и эксплуатации телекоммуникационных систем и сетей одной из основных задач является задача повышения эффективности их работы.

Решением этой задачи может быть совершенствование алгоритмов представления и передачи сообщений между устройствами телекоммуникаций. С одной стороны это позволяет более эффективно использовать каналы связи за счёт уменьшения объёма передаваемых сообщений. С другой стороны это даёт возможность снизить энергопотребление конечных устройств телекоммуникаций, что является важным фактором, в частности, при реализации концепции Интернета Вещей.

В системах телекоммуникаций для приложений Интернета Вещей характерна ситуация, когда параметры первичных каналов, по которым передаются сигналы от датчиков, имеют близкие характеристики, а сигналы, передаваемые по ним, имеют общие закономерности. Поэтому представляет интерес исследование возможностей повышения эффективности представления и передачи информации в системах телекоммуникаций за счёт учёта взаимосвязей между первичными однотипными каналами, а также в структуре передаваемых сообщений, что позволяет использовать принцип дифференциальной обработки сигналов.

В связи с вышесказанным считаю, что тема диссертации Иванова Владислава Викторовича «Координированная дифференциальная обработка сигналов для эффективного кодирования сообщений многоканальных систем связи с однотипными каналами» является актуальной.

Оценка структуры и содержания работы

Поставленные в диссертации цель и задачи для исследования

определили её структуру и логику. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и четырёх приложений. Общий объём диссертации составляет 153 страницы и включает 27 рисунков, 4 таблицы и 125 использованных источников литературы.

Во введении автором приводится обоснование актуальности исследования и формулируется его цель, как повышение эффективности кодирования сообщений в системах телекоммуникаций с использованием координированной дифференциальной обработки однотипных первичных каналов. На основе поставленной цели определяются задачи, формулируются теоретическая и практическая значимость результатов работы. Также во введении приводятся положения, которые автор выносит на защиту, и даётся краткое описание структуры диссертации.

В первой главе представлены результаты анализа существующих методов построения систем и устройств Интернета Вещей с точки зрения эффективности передачи сигналов. Для этого проводится классификация этих методов, позволяющие повысить пропускную способность и энергоэффективность систем и устройств. В частности, делается вывод о том, что оптимизация алгоритмов кодирования на уровне конечных устройств систем Интернета Вещей позволяет значительно повысить их энергоэффективность.

В рассматриваемых сценариях работы систем Интернета Вещей первичные каналы однотипные, а передаваемые по ним сигналы имеют внутренние взаимосвязи. Поэтому автором делается обоснованный вывод о возможности повышения энергоэффективности работы таких систем за счёт уменьшения избыточности в передаваемых сообщениях по каналам с одинаковыми параметрами, а также снижая избыточность в структуре самих сообщений. Для этого предлагается использовать подход, основанный на дифференциальной обработке сигналов в многоканальных системах. Для оценки эффективности предложенного метода автором выбирается ряд показателей - метрик.

Во второй главе автор предлагает модель координированного дифференциального преобразователя на передающей стороне многоканальной системы. Предлагаемая модель отличается от существующих наличием дополнительной координирующей межканальной матрицы, которая описывает взаимосвязи в первичных сигналах системы. Для предложенной модели разработан алгоритм синтеза многоканального нестационарного координированного дифференциального преобразователя.

С целью исключения нежелательного эффекта перерегулирования, предлагаемая автором модель уточняется введением нелинейного ограничителя входных сигналов. Для этой модели формируется

соответствующий алгоритм синтеза и анализа передающей части дифференциального преобразователя.

В третьей главе рассматривается приёмная часть системы с координированным дифференциальным преобразователем. Для её работы необходимо передавать дополнительную информацию о параметрах системы и синхросигналы. Это требует организации служебных каналов и снижает эффективность системы телекоммуникаций в целом. Для исключения этого недостатка автором предлагается ряд решений.

В частности, рассмотрен вариант построения приёмной части, в которой параметрическая неопределённость уменьшается за счёт усреднения значений параметров кодирующего устройства. Показано, что это позволяет существенно снизить количество передаваемых служебных сообщений.

Для повышения точности восстановления передаваемых сигналов, снижения требований к синхронизации и повышения эффективности передачи автором последовательно предлагаются и анализируются варианты самонастраивающегося приёмника и приёмника с оптимальным фильтром системы с координированным дифференциальным преобразователем.

Четвёртая глава диссертации посвящена вопросам практической реализации предложенных подходов при построении системы Интернета Вещей. Для этого автором разработана экспериментальная автономная беспроводная система регистрации температуры, уровня освещённости и видеоизображения. Проведённые эксперименты показали эффективность предложенных методов кодирования сигналов. В частности, удалось добиться коэффициента сжатия 64 и повышения энергоэффективности по метрике бит/Дж до 33%.

Автором проведено сравнение предложенного метода кодирования сигналов с существующими методами кодирования в сенсорных сетях. Анализ результатов показал преимущество координированной дифференциальной обработки в части низкой вычислительной сложности предложенного метода при сопоставимом качестве восстановления сигналов, что является важным фактором при разработке автономных систем Интернета Вещей.

В заключении автором подводятся основные итоги работы и приводятся основные результаты, полученные в ходе подготовки диссертации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором достаточно корректно используется математический аппарат теорий электрической связи, случайных процессов, автоматического управления и комплексной переменной. Результаты математического

моделирования и практической реализации дифференциальной обработки сигналов подтвердили теоретические выводы и рекомендации автора. Кроме того, для подтверждения эффективности предлагаемого метода координированного дифференциального преобразования сигналов в работе приводятся результаты его сравнения с существующими методами кодирования.

Достоверность полученных результатов подтверждается математическими доказательствами, результатами математического моделирования и практической реализации предложенного метода координированной дифференциальной обработки сигналов.

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 печатных работах: 2 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, 2 статьи в научных изданиях, входящих в базы цитирования Web of Science и Scopus. Также основные результаты работы докладывались и обсуждались на 7 международных и всероссийских научно-технических конференциях. По результатам обсуждений опубликовано 9 работ в сборниках трудов и материалах конференций. Автором получены 3 результата интеллектуальной деятельности: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и 2 патента на полезную модель.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна диссертации определяется комплексным подходом автора к решению задачи повышения эффективности кодирования сообщений в автономных системах телекоммуникаций. Новые научные результаты состоят в следующем:

1. Разработана структурная схема приёмо-передающего тракта многоканальной системы, реализующая предиктивное кодирование сообщений и позволяющая уменьшить динамический диапазон первичных сигналов с сохранением требуемого качества связи за счёт учёта межканальных связей и применения координированной дифференциальной обработки сигналов однотипных каналов и обладающая низкой вычислительной сложностью.

2. Разработан алгоритм синтеза координированного дифференциального преобразователя для передающей части многоканальной системы, строящийся на основе частотного метода и учитывающий нестационарность обрабатываемых сообщений.

3. Предложен метод построения адаптивного координированного дифференциального преобразователя, что позволяет исключить передачу дополнительной информации для корректного восстановления информации на приёмной стороне многоканальной системы.

4. Разработан алгоритм построения координированного

дифференциального преобразователя для приёмной части многоканальной системы с возможностью адаптации шага дискретизации экстраполятора за счёт многомерной оптимизации с использованием метода градиентного спуска.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертационной работы

Теоретическая значимость результатов работы состоит в том, что автором предложены новые подходы к синтезу и анализу координированного дифференциального преобразователя, что позволяет разрабатывать эффективные кодеки для автономных многоканальных систем.

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что использование координированного дифференциального преобразования позволяет достигнуть коэффициента сжатия в 64 раза в автономных многоканальных системах Интернета Вещей и снизить эффективное количество бит до 6 для 12-ти разрядного АЦП без существенной потери качества.

Замечания по работе

1. В главе 2 для исключения эффекта перерегулирования предлагается ограничивать сигналы по амплитуде нелинейным элементом в динамической части координированного дифференциального преобразователя. В качестве нелинейного элемента рассматриваются усилитель-ограничитель и релейный элемент. В тексте диссертации недостаточно полно раскрыт аспект влияния выбора типа нелинейного элемента на коэффициент сжатия и результат восстановления первичных сигналов.

2. В работе не уделено достаточного внимания вопросам вычислительной сложности предлагаемых методов и алгоритмов, что затрудняет оценку потенциальной возможности их использования в автономных системах телекоммуникаций.

3. В главе 4 приводятся результаты сравнительного анализа эффективности предложенного метода координированного дифференциального преобразования и существующих методов кодирования сообщений источников, использующихся в сенсорных сетях. Было бы целесообразно выделить эту часть работы в отдельный подраздел и привести более подробное описание сценария моделирования и условий проведения сравнительного анализа.

4. В продолжение предыдущего замечания необходимо отметить, что моделирование различных методов кодирования проводилось при разных коэффициентах сжатия для каждого из методов, что затрудняет анализ результатов.

5. В разделе 4.4 для оценки качества восстановления изображения

сравнивается форма кривых на графиках пространственных частот. Это не позволяет в достаточной мере количественно оценить качество восстановления. Было бы целесообразно использовать одну из рассмотренных в разделе 1.1.4 метрик для такой количественной оценки.

6. В главе 4, посвящённой практической реализации предложенных методов и алгоритмов координированного дифференциального преобразования, было бы целесообразно представить структурную схему разработанной экспериментальной установки и блок схему алгоритма её работы.

7. В разделе 4.2 недостаточно подробно описано, какой конкретно кодек из предложенных в работе был реализован в экспериментальной системе мониторинга Интернета Вещей и какие параметры кодека при этом задавались для кодирования низко- и высокоскоростных данных.

8. В работе присутствует ряд синтаксических и орфографических ошибок, в частности на стр. 54, формула (2.2.4), стр. 58, стр. 73, стр. 81, стр. 96, стр. 105.

Тем не менее, указанные замечания не снижают ценность проведённых исследований и не влияют на основные теоретические и практические результаты. Некоторые замечания могут рассматриваться как задачи для дальнейших исследований.

Заключение

Изучив диссертацию, автореферат и опубликованные автором работы можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Иванова Владислава Викторовича на тему «Координированная дифференциальная обработка сигналов для эффективного кодирования сообщений многоканальных систем связи с однотипными каналами» содержит решение актуальной научно-технической задачи повышения эффективности кодирования сообщений в автономных системах на основе координированной дифференциальной обработки однотипных первичных каналов.

Сформулированные автором цель и задачи диссертации, полученные результаты и положения, выносимые на защиту, соответствуют паспорту специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций в части п. 3 Исследование процессов представления, передачи, хранения и отображения аналоговой, цифровой, видео-, аудио-, голографической и мультимедиа информации; разработка и совершенствование соответствующих алгоритмов и процедур и п. 8 Исследование проблем построения, планирования и проектирования высокоплотных и сверхплотных сетей для обеспечения реализации приложений Интернета Вещей и разработка систем и устройств телекоммуникаций для этих сетей.

Диссертационная работа Иванова Владислава Викторовича на тему «Координированная дифференциальная обработка сигналов для эффективного кодирования сообщений многоканальных систем связи с однотипными каналами» является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой и содержит новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития страны.

Считаю, что диссертация на тему «Координированная дифференциальная обработка сигналов для эффективного кодирования сообщений многоканальных систем связи с однотипными каналами» соответствует требованиям п.п. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Иванов Владислав Викторович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент:

доцент кафедры радиоэлектронных
и телекоммуникационных систем
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,
кандидат технических наук, доцент



Коробков Алексей Александрович

«24» апреля 2025 г.

Кандидатская диссертация защищена по специальности:

05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Даю согласие на обработку персональных данных.

Адрес места основной работы: 420111, Республика Татарстан, город Казань,
ул. Карла Маркса, д. 10

Рабочий телефон: +7 843 231 01 09

Адрес эл. почты: aakorobkov@kai.ru

Подпись Коробкова А.А.
заверяю. Начальник управления
делопроизводства и контроля

