

ОТЗЫВ

официального оппонента Бысова Анатолия Александровича, кандидата технических наук, доцента, старшего научного сотрудника Представительства ООО «Квалитет» (Российская Федерация) в Республике Беларусь на диссертационную работу Жэнь Сюньхуань «Декодирование итеративных помехоустойчивых кодов на основе анализа образов ошибок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки

Диссертационная работа Жэнь Сюньхуань соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций в области технических наук:

- создание или развитие теоретических основ сетей, новых видов систем и устройств телекоммуникаций, включая спутниковые системы на различных орбитах;

- совершенствование существующих и разработка новых сетей, систем и устройств телекоммуникаций на основе современных научно-технических достижений;

- анализ, синтез и оптимизация сетей, систем и устройств телекоммуникаций;

- анализ, синтез и оптимизация сигналов в сетях, системах и устройствах телекоммуникаций, включая исследование и разработку новых сигналов, модемов, кодеков, мультиплексоров и селекторов.

2. Актуальность темы диссертации

В диссертационной работе Жэнь Сюньхуань исследуются итеративные коды, позволяющие повысить корректирующую способность за счет матричного представления передаваемого сообщения и его строчно-столбцового кодирования, а также снизить вычислительную сложность декодеров по сравнению с декодерами обычных кодов эквивалентной длины за счет обработки относительно коротких строк и столбцов матрицы итеративного кода. Снижение вычислительной сложности расширяет возможности применения декодеров итеративных кодов, включая высокоскоростные оптические и радио- системы передачи, сенсорные сети. Первая часть диссертационной работы посвящена низкоскоростным кодам Хэмминга (7,4), (8,4) и формируемым на их основе итеративным кодам. Благодаря низкой вычислительной сложности декодеры таких кодов могут эффективно использоваться для поточной коррекции ошибок при высоких скоростях передачи, а также в случае ограниченной мощности потребления энергии. Недостатком известных декодеров итеративных кодов Хэмминга является низкая корректирующая способность. Для устранения данного недостатка соискатель предложила новые структуры декодеров, использующие анализ образов ошибок для выбора режима работы, учитывающего распределение ошибок в матрице итеративного кода. Анализ образов ошибок положен в

основу исследований декодеров итеративных высокоскоростных кодов во второй части диссертационной работы, где предложена новая структура формирователя образов ошибок, позволяющая снизить вычислительную сложность библиотечного декодирования итеративных высокоскоростных кодов и расширить возможности их применения в высокоскоростных оптических и радио- системах передачи. Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной, ее результаты вносят существенный вклад в развитие теории и практики декодирования итеративных кодов.

3. Степень новизны результатов и научных положений

В соответствии с целью и основными задачами диссертационного исследования соискателем получены следующие научные и практические результаты.

1) Синдромный декодер итеративного классического кода Хэмминга 7x7 символов, отличающийся от известных двух- и трехэтапного декодеров, использованием трех классов образов ошибок и выбором последовательности операций обработки строк и столбцов матрицы итеративного кода в зависимости от результата определения класса образов ошибок, что позволило повысить корректирующую способность за счет роста вычислительной сложности.

2) Синдромный декодер итеративного расширенного кода Хэмминга 8x8 символов, отличающийся от известных двухэтапного, четырехэтапного и двухрежимного двух – пятиэтапного декодеров использованием семи классов образов ошибок и выбором последовательности операций обработки строк и столбцов матрицы итеративного кода в зависимости от результата определения класса образов ошибок, что позволило повысить корректирующую способность за счет роста вычислительной сложности.

3) Формирователь классов образов ошибок, отличающийся от известных рангового и позиционного формирователей итеративным синтезом образов ошибок и расширением множества их классов, исключением избыточных образов с учетом диагональной симметрии, что позволило повысить компактность, ускорить процесс формирования библиотеки базовых образов ошибок и повысить эффективность декодирования высокоскоростных итеративных кодов.

4. Обоснованность и достоверность основных результатов и рекомендаций

Полученные в диссертационной работе результаты и сделанные выводы достоверны и обоснованы. Научные положения, выносимые на защиту, подтверждены экспериментальными исследованиями и результатами математического моделирования.

Анализ источников, посвященных методам помехоустойчивого кодирования, позволил соискателю сделать правильный вывод о перспективности предложенных подходов, нацеленных на повышение эффективности декодеров итеративных помехоустойчивых кодов для

беспроводных сенсорных сетей с низким энергопотреблением и высокоскоростных радио- и оптических сетей на основе анализа двумерных групповых ошибок различной кратности.

Экспериментальные исследования проводились с использованием современного программного обеспечения и актуальных программных моделей каналов передачи данных. Соискателем корректно использован математический аппарат, а также методы обработки данных.

Основные результаты и рекомендации диссертационной работы основаны на проведенном соискателем анализе свойств симметричного и гауссовского каналов передачи данных и подтверждены результатами экспериментов. Достоверность полученных результатов обусловлена корректной постановкой задачи, использованием строгого математического аппарата, непротиворечивостью результатам других авторов и подтверждается публикациями в рецензируемых научных журналах.

5. Научная, практическая и экономическая значимость результатов и основных научных положений диссертации

Основные научные результаты диссертационной работы заключаются в разработке декодеров итеративных кодов на основе анализа образов ошибок, обладающих высокой корректирующей способностью и низкой вычислительной сложностью.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработке аппаратных и программных средств декодирования итеративных помехоустойчивых кодов, основанных на анализе образов ошибок, внедрением на сайте учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в виде онлайн-ресурса и использованием в лабораторном курсе по дисциплине «Основы теории кодирования» для студентов, обучающийся по специальности «Системы и сети инфокоммуникаций», что подтверждается соответствующим актом внедрения в учебный процесс.

Экономическая значимость результатов диссертации определяется возможностью их использования при разработке декодеров помехоустойчивых кодов беспроводных сенсорных сетей с низким энергопотреблением и высокоскоростных радио- и оптических сетей, интенсивно развивающихся в настоящее время.

Социальная значимость полученных результатов состоит в возможности их использования в учебном процессе.

6. Полнота опубликования основных положений и результатов диссертации

По теме диссертации соискателем опубликовано 18 печатных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых научных журналах, соответствующих требованиям пункта 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий. Опубликованные работы соответствуют теме диссертации и раскрывают ее содержание.

Наиболее значимыми публикациями являются статьи, опубликованные в журналах Доклады БГУИР, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering (IJARCCE), Engineering Letters.

В автореферате полностью раскрыто основное содержание и отражены основные положения диссертации. Автореферат соответствует требованиям ВАК РБ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертационная работа выполнена на хорошем научном уровне и оформлена в соответствии с требованиями ВАК.

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами, заключения, библиографического списка и приложений. Объем диссертации – 209 страниц.

В первой главе приведен анализ моделей каналов передачи данных, помехоустойчивых кодов и методов декодирования итеративных кодов. Вторая глава посвящена разработке синдромных декодеров низкоскоростных итеративных кодов Хэмминга на основе анализа образов ошибок. В третьей главе разработан итеративный формирователь классов образов ошибок для библиотечного декодирования высокоскоростных итеративных кодов. В четвертой главе проведен анализ эффективности аппаратной и программной реализации декодеров низкоскоростных итеративных кодов Хэмминга с использованием классов образов ошибок. В приложениях приведены библиотека базовых образов ошибок, структура семиклассового синдромного декодера итеративного расширенного кода Хэмминга, примеры работы декодеров итеративных низкоскоростных кодов Хэмминга, результаты оценки задействованных ресурсов ПЛИС при аппаратной реализации декодеров итеративных низкоскоростных кодов Хэмминга, акт внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс.

Следует отметить хорошую логическую связь всех разделов диссертации, четкость формулировок научных положений и выводов диссертации.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

На основании анализа содержания диссертации, используемых методов исследования и интерпретации полученных результатов можно сделать вывод, что научная квалификация Жэнь Сюньхуань соответствует ученой степени кандидата технических наук.

9. Недостатки диссертации

Несмотря на достаточно высокий научный уровень, несомненную новизну и практическую полезность, работа не лишена недостатков. К ним следует отнести следующие.

1. Выражение (1.3) на стр. 14 для определения плотности вероятности случайной величины, распределенной по нормальному закону, является тривиальным и не требует разъяснений в диссертации.

2. Автор допускает структурную и логическую неточность, делая вывод об актуальности задачи совершенствования декодеров итеративного кода Хэмминга во второй главе диссертации (стр. 61). Вывод должен быть сделан в результате анализа в рамках первой главы диссертации.

3. При проведении эксперимента для оценки вероятности блочных и битовых ошибок (стр. 85, 88), количество повторений измерения целевого параметра выбрано соискателем произвольно, а не на основе оценки доверительного интервала при заданной доверительной вероятности (число повторений эксперимента является избыточным).

4. Имеются замечания по оформлению текста диссертации, так на стр. 16 присутствует ошибка в окончании слова «бит» во множественном числе родительного падежа – требуется «битов»; рисунок 1.7 имеет низкое качество печати; на рисунке 2.1 отсутствует пункт «в», однако в ссылке на рисунок он описан.

Указанные недостатки не затрагивают основных результатов, положений и выводов диссертации и не могут повлиять на ее положительную оценку.

10. Заключение

Диссертация Жэнь Сюньхуань является квалификационной научной работой, подготовленной под научным руководством доктора технических наук, профессора В.К. Конопелько. Содержание диссертационной работы соответствует специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций в области технических наук, по которой она представлена к защите.

Жэнь Сюньхуань заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за следующие новые научные результаты, заключающиеся в разработке:

- синдромного декодера итеративного классического кода Хэмминга 7x7 символов, отличающегося от известных двух- и трехэтапного декодеров, использованием трех классов образов ошибок и выбором последовательности операций обработки строк и столбцов матрицы итеративного кода в зависимости от результата определения класса образов ошибок, что позволило в аналоговом канале передачи с белым гауссовым шумом при отношении сигнал – шум порядка 1–3 дБ уменьшить вероятности битовых ошибок до 6,1 раза по сравнению с двухэтапным декодером и до 3 раз по сравнению с трехэтапным декодером за счет увеличения вычислительной сложности;

- синдромного декодера итеративного расширенного кода Хэмминга 8x8 символов, отличающегося от известных двухэтапного, четырехэтапного и двухрежимного двух – пятиэтапного декодеров использованием семи классов образов ошибок и выбором последовательности операций обработки строк и столбцов матрицы итеративного кода в зависимости от результата определения класса образов ошибок, что позволило в аналоговом канале передачи с белым гауссовым шумом при отношении сигнал – шум порядка 1–3 дБ уменьшить

вероятности битовых ошибок до 1,6 раза по сравнению с двухэтапным декодером, до 4,9 раза по сравнению с четырехэтапным декодером, до 1,1 раза по сравнению с двухрежимным двух – пятиэтапным декодером за счет увеличения вычислительной сложности;

- формирователя классов образов ошибок, отличающегося от известных рангового и позиционного формирователей итеративным синтезом образов ошибок и расширением множества их классов, исключением избыточных образов с учетом диагональной симметрии, что позволило уменьшить вычислительную сложность идентификации образов ошибок до 44 %.

Совокупность данных результатов позволила соискателю решить актуальную задачу повышения эффективности декодеров итеративных помехоустойчивых кодов беспроводных сенсорных сетей с низким энергопотреблением и высокоскоростных радио- и оптических сетей.

Старший научный сотрудник
Представительства ООО «Квалитет»
(Российская Федерация)
в Республике Беларусь,
кандидат технических наук, доцент

А.А. Бысов

Подпись Бысова А.А. удостоверяю,
директор Представительства ООО «Квалитет»
(Российская Федерация)
в Республике Беларусь



В.А. Гарнаев

Совет по защите
диссертаций при БГУИР
«18» декабря 2024 г.
Вх. № 05.02-12/177