

AP19679505 «Исследование и развитие алгоритмов многопорогового декодирования сверточных кодов и их программно-аппаратная имплементация для высокоскоростных радиоканалов с замираниями» - н.р. Сайлау кызы Ж.

Актуальность исследований связана с реализацией задач государственной программой «Цифровой Казахстан», Закона Республики Казахстан «О национальной безопасности» и Государственной концепции кибербезопасности «Киберцит Казахстана» по обеспечению информационной безопасности информационно-коммуникационной инфраструктуры, поддержанию и развитие эффективной системы защиты информационных ресурсов и инфраструктуры связи. Развитие национальной системы радиосвязи является важным компонентом национальной и информационной безопасности, так как она обеспечивает взаимосвязь между службами специальных госорганов, Вооруженных Сил, органов правопорядка, скорой медицинской помощи, пожарных и поисково-спасательных команд.

В настоящее время высокоскоростные надежные системы радиосвязи связи реализуются с применением технологии мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов, что позволяет обеспечить требуемую спектральную эффективность и высокую емкость данных. Но при широкополосной беспроводной связи на больших расстояниях возникает много ошибок, что приводит к необходимости также использовать методы прямой коррекции ошибок. Идея проекта заключается в разработке и программно-аппаратной реализации эффективных схем коррекции ошибок для использования в сетях радиосвязи с замираниями, а также при наличии доплеровского сдвига и межсимвольной интерференции.

Целью проекта является исследование и разработка методов и средств коррекции ошибок, обеспечивающих работу вблизи пропускной способности канала, при их использовании в быстроменяющихся цифровых системах радиосвязи совместно с технологиями мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов и многопозиционной модуляцией, пространственно-временным кодированием и предкодированием.

Ожидаемые и достигнутые результаты:

Достигнутые результаты за отчетный период:

1. Проведены работы по изучению специфики цифровых радиосистем передачи информации для систем подвижной радиосвязи при наличии замираний, радиомодемов, радиосистем получения видео, аудио информации, определены требования, используемые при выборе методов помехоустойчивого кодирования по критерию максимального значения ЭВК, быстродействию, сложности программной и аппаратной реализации кодеров и декодеров.

Исследованы основные принципы реализации LDPC кодера. Реализованы программной и аппаратной реализации кодирования и декодирования с алгоритмами жесткого решения с инвертированием битов на основе математических моделей и алгоритмов. По результатам моделирования был проанализирован эффект коррекции ошибок кодов LDPC с использованием графа Таннера для радиоканалов.

По результатам данных экспериментов опубликована одна публикация –1 (одна) статья в материалах VIII Международной научной конференции «Информатика и прикладная математика» (26 - 27 октября 2023г., Казахстан, Алматы).

2. Проведен анализ подверженности самоортогональных кодов размножению ошибок с использованием многомерных производящих функций вероятности, так и с применением графа Таннера кода; полученные результаты использованы при построении и выборе кодов для применения в многопороговых декодерах при уровне шума, меньшего пропускной способности радиоканала всего на несколько десятых дБ.

Предложен метод снижения влияния распространения ошибок декодирования, основанный на построении самоортогональных кодов с малой степенью пересечения наборов ошибок управления для различных информационных символов. Использовалась оригинальная программа моделирования сверточных кодеров с ручной и автоматической корректировкой параметров кода, введением ошибок в канале связи и оптимизацией параметров итеративного порогового декодирования. Результаты моделирования показали, что оптимизация пороговых значений и весовых коэффициентов для всех пороговых элементов снижает эффект распространения ошибок и эффективность коррекции ошибок.

По результатам исследований приняты к публикации в 7th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies (23-25 ноября 2023 г., Турция, Стамбул).

3. Проведены исследования эффективности алгоритмов многопорогового декодирования сверточных кодов для каналов связи с замираниями. Предложена и обоснована модификация схемы коррекции ошибок за счет оптимизации параметров работы многопорогового декодера (МПД), новых алгоритмов работы отдельных функциональных узлов декодера, а также схем каскадирования, составляющим элементом которых являются многопороговые декодеры.

Предложен алгоритм оптимизации параметров многопорогового декодирования символьных самоортогональных кодов, который позволяет в несколько раз снизить число вариантов перебора при минимизации функции декодирования и уменьшить вероятность ошибки декодирования более чем на 2 порядка.

Исследована новая каскадная схема кодирования, состоящая из двух МПД с вариацией параметров кодирования в гауссовском канале. Оценены вероятности ошибки декодирования в области эффективной работы многопорогового декодера и быстродействие программной реализации данных схем конкатенации.

По результатам данных экспериментов опубликована одна публикация –1 (одна), в отечественном издании, рекомендованном Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

4. Проведено теоретическое и имитационное моделирование применения МПД в цифровых радиосистемах с использованием мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов и многопозиционной модуляцией. Получены теоретические оценки и экспериментальные характеристики МПД для сверточных кодов в виде зависимости вероятности ошибки декодирования от уровня шума в радиоканалах при наличии замираний. Исследованы экспериментальные характеристики работы оптимизированного МПД для сверточных кодов в радиоканалах при наличии межсимвольной интерференции.

По результатам данных экспериментов опубликована одна публикация –1 (одна) статья в материалах (XXVI International Conference «Digital Signal Processing and Its Applications — DSPA-2024») (26-30 март 2024 г., Москва, Россия) с.33-38.

5. Разработана методика применения МПД в системах с несколькими передающими и несколькими приемными антеннами, методов оценивания радиоканала с использованием МПД. Исследованы методы применения МПД в системах с несколькими передающими и приемными антеннами. Имплементированы экспериментальные характеристики многопорогового декодера для сверточных кодов в виде зависимости вероятности ошибки декодирования от уровня шума в радиоканалах при наличии замираний.

По результатам данных экспериментов получено свидетельство о внесении сведений в государственный реестр авторских прав на программу для ЭВМ и опубликована одна публикация: Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав, охраняемые авторским правом №46161 от «21» мая 2024 года.

1 статья в материалах (XVI Сагиновские чтения. Интеграция образования, науки и производства (13-14 июня 2024 г., Караганда, Казахстан).

6. Разработаны методы совместной итеративной демодуляции/ декодирования для улучшения энергетической эффективности цифровых радиосистем передачи данных с МПД.

По результатам исследования подготовлена статья, находится на рецензировании в отечественном издании, рекомендованном КОКСОНВО.

Ожидаемые результаты

7. Разработать программные версии многопороговых декодеров для систем радиосвязи, обладающие большим быстродействием за счет параллелизации процесса вычислений на основе открытого стандарта параллельного программирования гетерогенных систем OpenCL.

8. Исследовать возможности реализации высокоскоростных многопороговых декодеров в виде встроенной системы на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) на основе использования компилятора OpenCL для реконфигурируемых систем.

9. Подготовить программы испытаний, методики тестирования и экспериментально исследовать параметры производительности технической реализации (программной и аппаратной) оптимизированных методов МПД для систем радиосвязи.

10. Подготовить программную и конструкторскую документацию разработанных программных и аппаратных решений, заявки на получение патента и/или свидетельств государственной регистрации на программные продукты, учебное пособие для внедрения результатов проекта в учебный процесс.



Рисунок 1 – Обсуждение возможностей развития совместных научных исследований с коллегами Бухарского инженерно-технологического института, Бухара, Узбекистан, 2023 г.

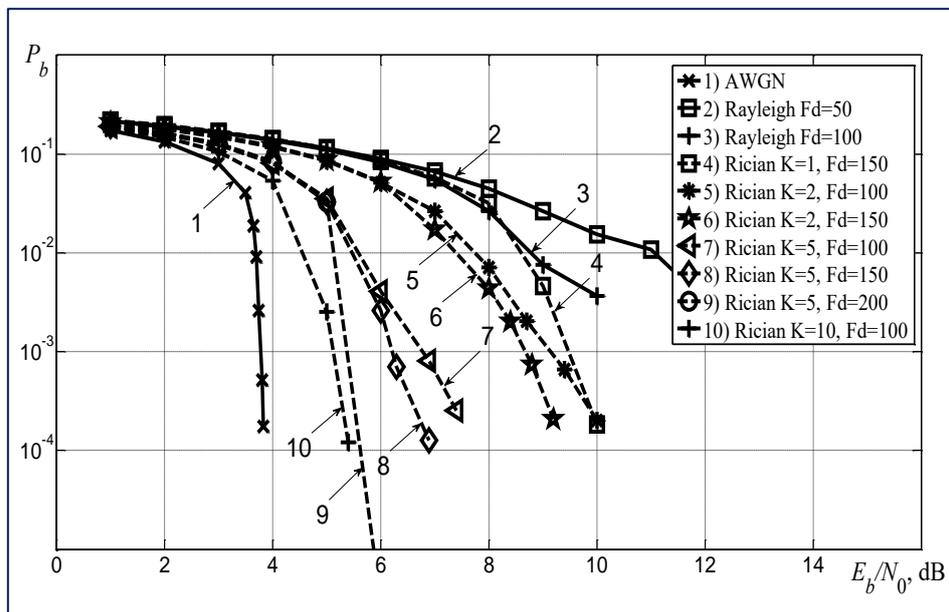


Рисунок 2 – Характеристики МПД в канале с замираниями

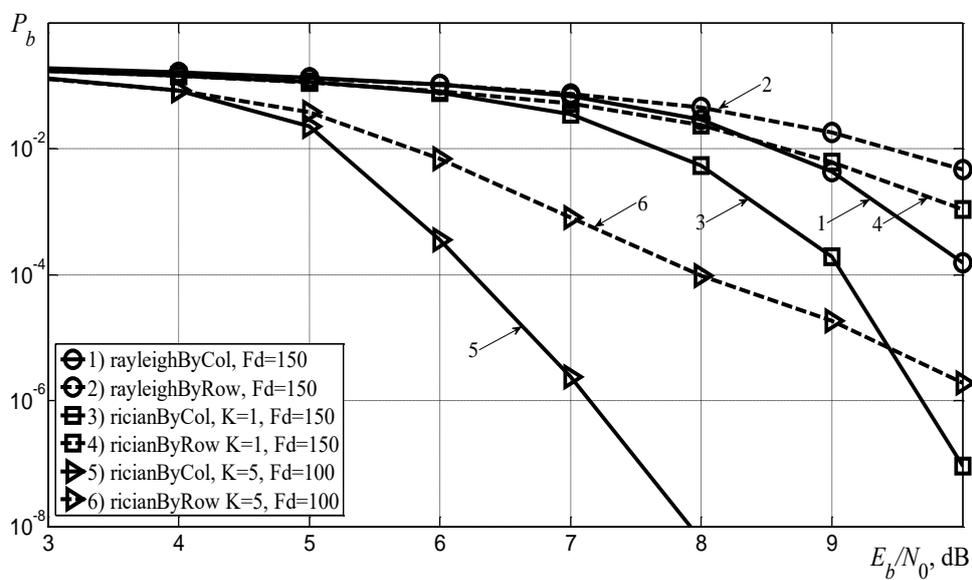


Рисунок 3 – Характеристики МПД в канале с замираниями при последовательной и параллельной передаче бит



Рисунок 4 – XXVI International Conference «Digital Signal Processing and Its Applications — DSPA-2024» 26-30 март 2024 г. Москва, Россия



Рисунок 5 – Руководитель проекта Сайлау қызы Ж., Овечкин Геннадий Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры «Вычислительной и прикладной математики» РГРТУ



Рисунок 6 – Руководитель проекта Сайлау қызы Ж. с коллективом Центра международных коммуникаций РГРТУ

Список публикаций:

1. Сайлауқызы Ж. Тізбекті кодтардың көп шекті декодтау параметрлерін оңтайландыру алгоритмін әзірлеу // Труды университета. – 2023. – № 3(92). – С. 474–480.
[https:// DOI 10.52209/1609-1825_2023_3_474](https://doi.org/10.52209/1609-1825_2023_3_474)

<http://tu.kstu.kz/publication/publication/download/634>

2. Сайлауқызы Ж., Сатыбалдина Д., Аманов А.Н., Жакина М.М. Радиоарналар үшін таннер графын қолдану арқылы LDPC кодтарының қателерді түзету әсерін талдау // Международная научная конференция «Информатика и прикладная математика») 26-27 октябрь 2023г., Казахстан, Алматы. С.274-280.

https://conf.iict.kz/wp-content/uploads/2023/10/collection_CSAM_VIII_2023_1.pdf

3. Zhuldyz Sailau кузу, Dina Satybalдина, Gulmira Danenova, Makhabbat Kokkoz, Nurlan Tashatov, Design of Majority Decoded Codes and Decoding Algorithm Based on Error Propagation Analysis//7th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies (23-25 қараша 2023 ж., Түркия, Стамбул).

http://www.isassymposium.org/isas2023/ISAS2023_Symposium_Information.pdf

4. Сайлауқызы Ж., Хасенова З.Т., Жакина М.М., Аманов А.Н., «Построение имитационной модели цифровой радиосистемы передачи данных с помехоустойчивым кодированием // (XXVI International Conference «Digital Signal Processing and Its Applications — DSPA-2024») (26-30 наурыз 2024 г., Москва, Россия) с.33-38.

http://dspa-conf.org/storage/Proceedings/DSPA2024_RNTORES_proceedings.pdf

5. Сайлауқызы Ж., Құтжан С.Д., Қуаныш А.Қ., «ААГШ каналдары үшін Рид-Соломон кодының жүзеге асыру принциптерін зерттеу»// Қ.И. Сатпаевтың 125 жылдығына арналған, «Қазақстан-2050» Стратегиясын жүзеге асырудағы жастар ғылымының үлесі» атты Республикалық студенттік ғылыми конференциясы (11-12 сәуір 2024 ж., Қазақстан, Қарағанды).

https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2024/06/SBORNIK-Stud.Konf.-1-CHAST_.pdf

6. Сайлауқызы Ж., Ибрагимов У.М., Шуға төзімді кодтарды қолдану арқылы радиоарнаны бағалау әдістері мен критерийлері//Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция «XVI Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы» (13-14 маусым 2024 ж., Қазақстан, Қарағанды). <https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2024/07/2-chast.pdf>

7. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на программу для ЭВМ, охраняемые авторским правом №46161 от «21» мая 2024 года.

https://drive.google.com/file/d/1_ct5ugaIEN98MwONUfWZhyuN7gFpN8DQ/view?usp=sharing

Исследовательская группа:

1. Сайлау қызы Жұлдыз- научный руководитель, PhD, и.о. доцента НАО КарТУ им. Абылкаса Сагинова», каф. ИТБ

ORCID: 0000-0001-7605-7634;

Scopus Author ID: 57440117200

2. Даненова Гульмира Тулендиевна- старший научный сотрудник, к.т.н., доцент НАО КарТУ им. Абылкаса Сагинова», каф. ИТБ

Хирш Индексі -1;

ORCID: 0000-0003-3301-7282;

Scopus Author ID: 57140638000.

3. Хасенова Зарина Толеубековна- старший научный сотрудник, PhD, декан Школы компьютерных наук ВКТУ им. Д. Серикбаева

Хирш Индексі =2 (Scopus);

Хирш Индексі =1 (WoS);

Scopus Author ID = 57205141835

4.Коккоз Махаббат Мейрамқызы- старший научный сотрудник, к.п.н., доцент НАО КарТУ им. Абылкаса Сагинова, каф. ИТБ

Хирш Индексі -3;

Researcher ID: P-6669-2017;

Scopus Author ID: 56646533000;

ORCID: 0000-0002-6232-1868

5. Сатыбалдина Дина Жагыпаровна- старший научный сотрудник, к.ф.-м.н., ассоциированный профессор, каф. информационной безопасности ЕНУ имени Л.Н. Гумилева

ResearcherID: P-1120-2014;
Scopus Author ID: 57193740669;
ORCID: 0000-0003-0291-4685.

6. Ташатов Нурлан Наркенович- научный сотрудник, к.ф.-м.н., доцент каф. информационной безопасности ЕНУ имени Л.Н. Гумилева

ResearcherID: P-1134-2014;
Scopus Author ID: 55946377700;
ORCID: 0000-0002-3271-2163.

7. Эгамбердиев Эльдор Улугбекович- научный сотрудник, директор ТОО «Adal Damu»

ResearcherID: K-5417-2013;
ORCID: 0000-0001-5289-6580;
Scopus Author ID: 57196402736.

8. Жакина Мадина Мауленкызы- младший научный сотрудник, магистрант гр. ВТМ-23-1 КарТУ им. Абылкаса Сагинова», каф. ИТБ

9. Аманов Айдос Нурланович- младший научный сотрудник, магистрант гр. ВТМ-23-1 КарТУ им. Абылкаса Сагинова», каф. ИТБ

Информация для потенциальных пользователей:

Реализация данного проекта по созданию средств коррекции ошибок для радиоканалов составляет поддержку развития беспроводных сетей нового поколения и применение методов построения адаптивных телекоммуникационных систем, позволяющих обеспечить высокую достоверность передачи сообщений в радиоканалах с переменными параметрами

Область применения:

Применимость и/или коммерциализуемость полученных научных результатов – ожидаемые научные результаты могут быть использованы для модернизации оборудования систем радиосвязи организаций обеспечивающих национальную безопасность и оборону Республики Казахстан, повышения достоверности передачи информации.

Дата обновления информации: 05.07.2024 г.