

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

УДК 621.396.96:519.727

Сидоренко
Никита Андреевич

Методы реализации быстрого декодирования М-кодов

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и
устройства радионавигации, радиолокации и телевидения»

Научный руководитель
Будько Анатолий Антонович
кандидат технических наук
доцент кафедры информационных
радиотехнологий

Минск 2020

Работа выполнена на кафедре информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Будько Анатолий Антонович,

кандидат технических наук, доцент кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Хоменок Михаил Юлианович,

кандидат технических наук, доцент кафедры инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «__» июня 2020 г. года в __ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, _____, тел.: 293-89-92, e-mail: kafei@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Одной из тенденций двадцать первого столетия является движение человечества к глобальному информационному обществу (ГИО). ГИО — это совокупность сетей, оборудования конечных пользователей, информации и людских ресурсов, которая может быть использована для доступа к полезной информации, связей пользователей друг с другом в любое время и из любого места. В мире объем информации, передаваемой через информационно-телекоммуникационную структуру, удваивается каждые 2-3 года. Появляются и успешно развиваются новые отрасли и направления информационной индустрии. Одним из таких направлений является теория систем и средств передачи и обработки информации. В настоящее время идет бурное развитие средств обработки информации и особую важность приобретают сложные территориально рассредоточенные информационные системы, базирующиеся на тесном взаимодействии вычислительной техники и средств передачи информации. Актуальность создания и выпуска новых видов приборов и радиоэлектронной аппаратуры, основанных на широком применении электроники, дальнейшее совершенствование средств связи, управления, передачи и обработки информации растет с каждым годом.

Разработчики сложных информационных систем стремятся увеличить надежность и помехоустойчивость отдельных элементов систем (средств обработки информации, устройств памяти, ввода-вывода, модуляции-демодуляции и др.), причем даже при очень высокой надежности элементов необходимо использовать общесистемные средства повышения помехоустойчивости.

Помехоустойчивым (корректирующим) кодированием называется кодирование, при котором осуществляется обнаружение либо обнаружение и исправление ошибок в принятых кодовых комбинациях.

Теория кодирования возникла в конце 1940-х годов с появлением работ Голея, Хэмминга и Шеннона. Истоками теории являются инженерные задачи, но ее развитие приводит к все более и более утонченным математическим методам. Возможность помехоустойчивого кодирования основывается на базе теоремы, сформулированной Клодом Элвудом Шенноном в 1948. В работе Шеннона утверждается, что мощность сигнала, шум в канале и полоса частот ограничивают лишь скорость передачи, а не ее точность.

Однако доказательство Шеннона носило неконструктивный характер. Более поздние его исследования и исследования другого американского ученого С. О. Райса показали, что практически любой случайно выбранный код позволяет достичь теоретического предела помехоустойчивости приёма

сообщений. Однако такой код имел высокую сложность декодирования: число операций, необходимых для декодирования принятой кодовой комбинации, возрастал экспоненциально росту его длины.

Хэмминг был первым, кто предложил конструктивный метод построения кодов с избыточностью и простым декодированием. Его труд предопределил направление большинства работ в этой области, последовавших позже.

В результате широких исследований в области теории кодирования разработан ряд конструктивных методов синтеза корректирующих кодов.

Целью магистерской работы является разработка метода быстрого декодирования М-кодов на ПЛИС. Метод быстрого декодирования М-кодов был разработан на основе использования быстрых алгоритмов спектральных преобразований.

С развитием новых методов передачи цифровой информации внимание исследователей привлекли функции Уолша. Появилось множество работ, посвященных теории и практическому применению функций Уолша в устройствах, разрабатываемых в области электроники.

Основным критерием применимости ортогональных систем является простота генерирования и спектральных преобразований. Генераторы функций Уолша используются в системах передачи информации в качестве генераторов сигналов, в цифровых фильтрах, анализаторах и синтезаторах, при непосредственном изучении таких сигналов и т.д.

В большинстве случаев при построении генераторов используется определение функций Уолша через функции Радемахера. Анализ известных генераторов функций Уолша и требований, предъявляемых к ним, указывает на необходимость отыскания таких способов построения генераторов, которые бы обеспечивали отсутствие всплесков или дребезга в формируемых функциях; получение функций с высокой степенью ортогональности при малых аппаратных затратах; получение функций высоких порядков в малом временном интервале при малых аппаратных затратах.

Цифровые фильтры и декодирующее устройство, построенные на основе процессоров быстрого преобразования Уолша (БПУ) позволяют сократить объем выполняемых операций и реализовать возможности современной электроники.

Процессоры БПУ могут быть использованы для декодирования помехоустойчивых кодов и синхронизации. Процессоры БПУ можно разделить на последовательные, параллельные и последовательно-параллельные. Структуры процессоров параллельного типа повторяют структуры графов БПУ и для их реализации подходят все алгоритмы быстрого преобразования, однако при этом требуются большие аппаратные затраты. Процессоры

последовательного типа значительно проще. Последовательно-параллельные процессоры используются для вычисления мгновенного спектра.

Преобразование Уолша осуществляется с помощью быстрых алгоритмов. К настоящему времени имеется определенное количество таких алгоритмов, которые получены в основном используя факторизации матриц Уолша в различных упорядочениях. Существует четыре системы упорядочений: Уолша-Адамара, Уолша-Пэли, Уолша-Качмажа и Уолша-Трахтмана. Однако свойства, а также вопросы генерирования и преобразования в различных системах упорядочения изучены не в одинаковой степени.

При рассмотрении алгоритмов быстрого преобразования Уолша выделяются так называемые «замечательные» алгоритмы быстрого преобразования Уолша.

Все алгоритмы быстрого преобразования Уолша требуют одинаковое количество арифметических операций, однако решение об использовании для конкретного применения того или иного алгоритма принимается на основе сравнения. «Замечательные» алгоритмы быстрого преобразования Уолша обладают свойствами симметрии, их граф для любой размерности может быть легко получен. Применяются «замечательные» графы, имеющие симметрию, одинаковые итерации, позволяют осуществить вычисления на местах. Известно, что алгоритмы Кули-Туки и Сэнди не требуют дополнительной памяти, поскольку вычисления осуществляются на местах. В то время алгоритм Кроузера-Радера-Рошфора не позволяет осуществить вычисления на местах и требует дополнительной памяти. Однако граф быстрого преобразования Уолша (алгоритм Гротера-Рейдера) имеет все одинаковые итерации, что дает определенное преимущество при осуществлении вычислений мгновенного спектра по Уолшу.

В магистерской работе рассматривается получение замечательных алгоритмов быстрого преобразования Уолша в различных системах упорядочения, основанные на представлении элементов матриц Уолша в экспоненциальной или показательной форме. На основе алгоритмов быстрых преобразований строятся процессоры БПУ.

При практическом использовании помехоустойчивых кодов осуществляются две операции: кодирование и декодирование. Основной проблемой при использовании корректирующих кодов является декодирование. Поэтому быстрое декодирование, заключающееся в сокращении числа операций, необходимых для декодирования, является актуальной задачей. Использование БПУ позволяет решать проблемы декодирования помехоустойчивых кодов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Разработчики сложных информационных систем стремятся увеличить надежность и помехоустойчивость отдельных элементов систем (средств обработки информации, устройств памяти, ввода-вывода, модуляции-демодуляции и др.), причем даже при очень высокой надежности элементов необходимо использовать общесистемные средства повышения помехоустойчивости.

Помехоустойчивым (корректирующим) кодированием называется кодирование, при котором осуществляется обнаружение либо обнаружение и исправление ошибок в принятых кодовых комбинациях.

При практическом использовании помехоустойчивых кодов осуществляются две операции: кодирование и декодирование. Основной проблемой при использовании корректирующих кодов является декодирование. Поэтому быстрое декодирование, заключающееся в сокращении числа операций, необходимых для декодирования, является актуальной задачей.

Степень разработанности проблемы

Теория кодирования возникла в конце 1940-х годов с появлением работ Голея, Хэмминга и Шеннона. Истоками теории являются инженерные задачи, но ее развитие приводит к все более и более уточненным математическим методам. Возможность помехоустойчивого кодирования основывается на базе теоремы, сформулированной Клодом Элвудом Шенноном в 1948. В работе Шеннона утверждается, что мощность сигнала, шум в канале и полоса частот ограничивают лишь скорость передачи, а не ее точность.

Однако доказательство Шеннона носило неконструктивный характер. Более поздние его исследования и исследования другого американского ученого С. О. Райса показали, что практически любой случайно выбранный код позволяет достичь теоретического предела помехоустойчивости приёма сообщений. Однако такой код имел высокую сложность декодирования: число операций, необходимых для декодирования принятой кодовой комбинации, возрастал экспоненциально росту его длины.

В результате широких исследований в области теории кодирования разработан ряд конструктивных методов синтеза корректирующих кодов.

Однако на текущий момент литература предполагает только теоретические изыскания в этой области.

Цель и задачи исследования

Целью магистерской работы является разработка метода быстрого декодирования М-кодов, на основе использования быстрых алгоритмов

спектральных преобразований в различных системах упорядочений функций Уолша.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

–составление быстрых алгоритмов спектральных преобразований Уолша в различных упорядочениях,

–определение взаимосвязи матриц корректирующих кодов и матриц Уолша

–разработка метода быстрого декодирования М-кодов на программируемых линейных интегральных микросхемах (ПЛИС).

Объектом исследования является быстрое декодирование М-кодов.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легла работа моего научного руководителя Будько А. А., Лосев В. В., «Процессоры быстрого преобразования по Уолшу последовательного и последовательно-параллельного типа».

Разработка макета основывалась на официальной документации ПЛИС фирмы Altera, и моего личного опыта.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке декодера на ПЛИС с использованием быстрого преобразования Уолша.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что разработан конечный продукт – декодер, и показано практически значимое его применение.

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, четырех глав и заключения, библиографического списка. Общий объем диссертации составляет 96 страниц, включая 41 иллюстрацию, таблиц 16, библиографический список из 55 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе 1 рассмотрена структурная схема процесса передачи и хранения информации, применение кодов, исправляющих ошибки и методы декодирования низкоскоростных кодов.

В главе 2 приведены функции Уолша, их свойства, связь между номерами функций Уолша в различных системах упорядочения, использован метод извлечения алгоритмов быстрых спектральных преобразований в базисе Уолша для различных систем упорядочений и на основе этого метода получены два варианта алгоритмов быстрого преобразования Уолша в системе упорядочений Уолша-Пэли, которые относятся к «замечательным» алгоритмам.

В главе 3 установлены основные принципы преобразования М-последовательности в последовательность Уолша в различных системах упорядочения функций Уолша с помощью определенных перестановок и определены эти перестановки.

В главе 4 реализован метод быстрого декодирования М-кодов на ПЛИС.

По результатам работы сделано заключение.

Практическое применение полученных результатов продемонстрированы в лабораторном макете выполняющую роль декодера М-кода с помощью быстрого преобразования Уолша. Данная задача является актуальной для современных систем передачи и обработки информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской работы рассмотрены все системы упорядочений функций Уолша, показана взаимосвязь между М-кодами и функциями Уолша в различных системах упорядочения.

В результате выполнения работы был продемонстрирован метод извлечения алгоритмов быстрых спектральных преобразований в базисе Уолша для различных систем упорядочений, основанный на представлении элементов матриц Уолша в экспоненциальной или показательной форме. На основе этого метода получены два варианта алгоритмов быстрого преобразования Уолша в системе упорядочений Уолша-Пэли, которые относятся к «замечательным» алгоритмам. Эти алгоритмы быстрого преобразования Уолша обладают свойствами симметрии, их граф для любой размерности может быть легко получен, что дает определенное преимущество при осуществлении вычислений мгновенного спектра по Уолшу.

Один из полученных алгоритмов быстрого преобразования Уолша был применен в макете декодера.

В магистерской работе установлены основные принципы преобразования М–последовательности в последовательность Уолша в различных системах упорядочения функций Уолша. В макете декодера использовались системы упорядочения Уолша-Адамара. Так же можно применять системы упорядочения Уолша-Пэли, Уолша-Качмажа и Уолша-Трахтмана. Преобразование М–последовательности в последовательность Уолша осуществляется с помощью определенных перестановок и в работе определены эти перестановки.

Быстрое преобразование дает возможность использовать быстрое декодирование корректирующих кодов. Практической частью данной работы является синтез схемы декодера на ПЛИС с использованием быстрого преобразования Уолша. Это демонстрирует возможность создания декодеров с использованием ПЛИС. Данная задача является актуальной для современных систем передачи и обработки информации.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1] Сидоренко Н.А. 3-D Моделирование в SOLIDWORKS / 50-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов. – Минск: БГУИР, 2014г.

[2] Сидоренко Н.А., Малиновский К.Е. Модифицирующее влияние гольмия на алюминиевую металлизацию интегральных микросхем / Физика конденсированного состояния: материалы XXVI международной научно-практической конференция аспирантов, магистрантов и студентов. – Гродно: ГрГУ им. Янки Купалы, 2018г.

Библиотека БГУИР