

Теория помехоустойчивого кодирования

Лекторы:



Язык:

Русский

Трудоемкость:

3 з.е.

Форма контроля:

Экзамен

Образовательная программа:

[Беспроводные технологии](#)

6 семестр

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
16	16	
*1 академический час = 45 минутам		

Рассматриваются основные методы помехоустойчивого кодирования, применяемые в современных системах передачи информации. В частности, приведено описание кодов БЧХ и Рида-Соломона, турбо-кодов, кодов с малой плотностью проверок на четность, полярных кодов. Представлены как теоретические положения, лежащие в основе рассматриваемых конструкций, так и вопросы их практической реализации. Приведены задачи и практические задания. Издание ориентировано как на студентов, так и на инженеров, занимающихся практической реализацией методов помехоустойчивого кодирования.

Содержание курса

План курса

Структура курса

I. Теоретические основы кодирования:

1. Основные понятия
 - 1.1. Кодирование в технических системах
 - 1.1.1. Системы хранения и передачи информации
 - 1.1.2. Стеганография и защита цифровых материалов
 - 1.1.3. Поисковые системы
 - 1.2. Модели каналов передачи информации
 - 1.2.1. Понятие канала
 - 1.2.2. q -ичный стирающий канал
 - 1.2.3. q -ичный симметричный канал
 - 1.2.4. Аддитивный гауссовский канал
 - 1.3. Кодирование и декодирование
 - 1.3.1. Виды канального кодирования
 - 1.3.2. Критерии декодирования
 - 1.3.3. Метрики
 - 1.3.4. Параметр Бхаттачарьи
 - 1.4. Теоретико-информационные предпосылки
 - 1.4.1. Теоремы кодирования
 - 1.4.2. Пропускная способность некоторых каналов
2. Блочные коды
 - 2.1. Основные понятия
 - 2.1.1. Параметры кодов
 - 2.1.2. Границы
 - 2.2. Линейные коды
 - 2.2.1. Основные понятия
 - 2.2.2. Синдромное декодирование
 - 2.2.3. Границы
 - 2.3. Анализ корректирующей способности
 - 2.3.1. Обнаружение ошибок
 - 2.3.2. Исправление ошибок
3. Универсальные алгоритмы декодирования
 - 3.1. Декодирование по информационным совокупностям
 - 3.1.1. Поиск ближайшего кодового слова
 - 3.1.2. Поиск кодового слова наименьшего веса
 - 3.2. Метод порядковых статистик
 - 3.2.1. Алгоритм
 - 3.2.2. Методы ускорения
 - 3.3. Декодирование по обобщенному минимальному расстоянию
 - 3.3.1. Исправление ошибок и стираний

3.3.2. Метод Форни

3.4. Метод Чейза

II. Алгебраические методы кодирования:

4. Конечные поля

4.1. Некоторые алгебраические структуры

4.1.1. Кольца, тела, поля

4.1.2. Идеалы

4.2. Алгебраические свойства конечных полей

4.2.1. Основные факты о конечных полях

4.2.2. Минимальные многочлены

4.3. Вычисления в конечных полях

4.3.1. Логарифмы

4.3.2. Стандартный базис

5. Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема

5.1. Циклические коды

5.1.1. Основные понятия

5.1.2. Декодер Меггитта

5.1.3. Корни порождающего многочлена

5.2. Коды БЧХ

5.2.1. Свойства и конструкция кодов

5.2.2. Декодирование кодов БЧХ

5.2.3. Спектральное описание декодера кодов БЧХ

5.2.4. Алгоритм Берлекэмп-Месси

5.2.5. Алгоритм Сугиямы

5.2.6. Вопросы реализации

6. Коды Рида-Соломона и производные от них

6.1. Коды Рида-Соломона

6.1.1. Конструкции кодов

6.2. Декодирование до половины минимального расстояния

6.2.1. Алгоритм Гао

6.2.2. Декодирование с помощью многомерной интерполяции

6.3. Списочное декодирование

6.3.1. Алгоритм Гурусвами-Судана

6.3.2. Быстрая интерполяция

6.3.3. Быстрый поиск функциональных корней

6.4. Альтернативные коды

6.4.1. Конструкция кодов

6.4.2. Коды Гоппы

6.4.3. Криптосистема Мак-Элиса

7. Коды Рида-Маллера

7.1. Конструкция кодов

7.1.1. Построение с помощью полиномов Жегалкина

7.1.2. Построение с помощью конструкции Плоткина

7.2. Декодирование

7.2.1. Жесткое декодирование

7.2.2. Мягкое декодирование

8. Полярные коды

8.1. Поляризация канала

8.1.1. Основная идея

8.1.2. Общий случай

8.2. Декодирование полярных кодов

8.2.1. Алгоритм последовательного исключения

8.2.2. Списочный алгоритм Тала-Варди

8.2.3. Последовательное декодирование

8.3. Усовершенствованные конструкции

8.3.1. Полярные коды с CRC

8.3.2. Полярные подкоды

8.4. Полярные коды с ядром Арикана

8.4.1. Декодирование

8.4.2. Оценка надежности подканалов

8.4.3. Сравнение кодов

III. Коды на графах:

9. Сверточные коды

9.1. Конструкция кодов

9.1.1. Основные понятия

9.1.2. Порождающая матрица

9.1.3. Весовые свойства сверточных кодов

9.2. Методы декодирования

9.2.1. Алгоритм Витерби

9.2.2. Алгоритм Бала-Коке-Елинека-Равива

9.2.3. Анализ вероятности ошибки

10. Коды с малой плотностью проверок на четность

10.1. Основные понятия

10.2. Декодирование

10.2.1. Алгоритм инвертирования битов

10.2.2. Алгоритм распространения доверия

10.2.3. Эволюция плотностей

10.3. Методы построения кодов

10.3.1. Конструкция Галлагера

10.3.2. Прогрессивное наращивание ребер

10.3.3. Протографы

10.3.4. Повторительно-накопительные коды

10.3.5. Конструкция на базе кодов Рида-Соломона

10.3.6. Сравнительный анализ

11. Коды для стирающего канала

11.1. Надежная доставка данных по ненадежным каналам

11.1.1. Потери в сетях с коммутацией пакетов

11.1.2. Цифровой фонтан

11.2. Конструкции кодов

11.2.1. Преобразование Луби

11.2.2. Волновые распределения

11.2.3. Хищные коды

IV. Составные коды:

12. Методы комбинирования кодов

12.1. Простые преобразования кодов

12.1.1. Укорочение линейных блочных кодов

12.1.2. Выкалывание

12.1.3. Расширение

12.2. Составные коды

12.2.1. Чередувание кодов

12.2.2. Прямая сумма кодов

12.2.3. Конструкция Плоткина

12.3. Каскадные коды

12.3.1. Прямое произведение кодов

12.3.2. Каскадные коды

13. Турбо-коды

13.1. Конструкция

13.1.1. Мотивация

13.1.2. Кодирование

13.1.3. Построение перемежителя

13.2. Декодирование

13.2.1. Турбо-декодер

14. Кодовая модуляция

14.1. Решетчатая кодовая модуляция

14.1.1. Сигнальные множества

14.1.2. Конструкция Унгербёка

14.1.3. Хорошие решетчатые коды

14.2. Многоуровневые коды

14.2.1. Основные понятия

14.2.2. Правила выбора компонентных кодов

Рекомендуемые ресурсы

Трифонов П.В., Основы помехоустойчивого кодирования – СПб: Университет ИТМО, 2022. – 231 с.

Политика оценивания

В качестве курсовой работы предлагается выполнить программную реализацию одного из нижеперечисленных алгоритмов декодирования, соответствующий алгоритм кодирования и исследовать их поведение в некотором канале передачи данных (например, двоичном симметричном, аддитивном гауссовском) методом статистического моделирования. Полученные результаты (вероятность ошибки, сложность декодирования) необходимо сравнить с известными теоретическими оценками, приведенными в соответствующих статьях.

Знания, умения и навыки обучающихся при промежуточной аттестации в форме экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

«Отлично» – обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать

материал, не допуская ошибок.

«Хорошо» – обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

«Удовлетворительно» – обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

«Неудовлетворительно» – обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.