

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»
Программа повышение конкурентоспособности ННГУ им. Н.И. Лобачевского
Стратегическая инициатива 7 «Достижение лидирующих позиций в области
суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений»

УТВЕРЖДАЮ
Декан радиофизического факультета

_____ Матросов В.В.

« » _____ 2014 г.

Учебная программа

Дисциплины ДС.05.09 «Основы помехоустойчивого кодирования»

по специальности 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем»

Специализация – Системы подвижной цифровой помехозащищенной связи

Квалификация (степень) выпускника – специалист

Форма обучения – очная

Нижегород
2014 г.

1. Цели освоения дисциплины

- Изучение основных методов помехоустойчивого канального кодирования, применяемых в радиофизических системах связи;
- Подробное изучение различных подходов решения задачи помехоустойчивого декодирования

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы помехоустойчивого кодирования» относится к дисциплинам и курсам, устанавливаемым вузом, специализации «Системы подвижной цифровой помехозащищенной связи» специальности 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Данная дисциплина опирается на компетенции, приобретённые студентами в результате освоения дисциплины ЕН.Ф.05. «Теория информации и кодирование» федерального компонента общих математических и естественно-научных дисциплин по той же специальности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способность к логически-правильному мышлению, обобщению, анализу, критическому осмыслению информации, систематизации. Прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их решения на основании принципов научного познания (ОК-9);
- способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций, изменения вида своей профессиональной деятельности (ОК-10);
- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения (ПК-1)
- способность к эксплуатации современного телекоммуникационного оборудования и приборов (ПК-9);
- способность применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки и передачи информации (ПК-10);
- способность формулировать задачи и проводить исследования телекоммуникационных систем и оценивать их эффективность (ПК-15);
- способность оценивать технические возможности и выработать рекомендации по построению систем и сетей передачи информации общего и специального назначения (ПК-17)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать** основы теории помехоустойчивого канального кодирования и решение важнейших практических задач оптимального декодирования
- **Уметь** решать простейшие практические задачи оптимального декодирования;
- **Владеть** навыками построения помехоустойчивых кодов и их декодирования

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 108 часов.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
Общая трудоемкость дисциплины	108	11
Аудиторные занятия	30	30
Лекции	30	30
Практические занятия (ПЗ)		

Семинары (С)		
Лабораторные работы (ЛР)		
Другие виды аудиторных занятий		
Самостоятельная работа	78	78
Курсовой проект (работа)		
Расчетно-графическая работа		
Реферат		
Другие виды самостоятельной работы		
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет	зачет

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ (или С)
1.	Введение в теорию помехоустойчивого канального кодирования	2	
2.	Линейные блочные коды	10	
3.	Сверточные коды	10	
4.	Современные методы помехоустойчивого канального кодирования	8	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в теорию помехоустойчивого канального кодирования

1.1 Основные задачи теории помехоустойчивого канального кодирования. Основные понятия и определения. Статистическая модель системы связи. Критерии декодирования помехоустойчивых канальных кодов. Классификация схем помехоустойчивого кодирования. Границы помехоустойчивости и их геометрическая интерпретация.

1.2 Декодирование помехоустойчивых канальных кодов по критерию максимума правдоподобия для двоично-симметричного канала, двоичного канала с аддитивным белым гауссовским шумом. Примеры простейших кодов.

1.3 Введение в алгебру. Конечные поля. Метод построения поля $GF(p^m)$. Векторное пространство.

Раздел 2. Линейные блочные коды

2.1 Определение линейного блочного кода. Методы описания линейных блочных кодов. Порождающая и проверочная матрицы. Определение систематического линейного кода. Соотношение между порождающей и проверочной матрицами для систематического кода. Простейшие модификации линейного блочного кода.

2.2 Расстояние Хэмминга. Вес Хэмминга. Минимальное расстояние линейного блочного кода. Декодирование по минимуму расстояния. Связь минимального расстояния кода и количества исправляемых ошибок. Геометрическая интерпретация.

2.3 Свойства линейных блочных кодов. Стандартное расположение. Понятие синдрома. Синдромное декодирование линейных блочных кодов. Геометрическая интерпретация. Граница Синглтона и Хэмминга.

2.4 Коды Хэмминга. Построение и свойства кодов Хэмминга. Минимальное расстояние кодов Хэмминга.

2.5 Определение циклического кода. Алгебраическая связь вектора и его циклического сдвига. Свойства циклических кодов. Порождающая матрица циклического кода. Систематические циклические коды. Схемная реализация кодирования циклических кодов. Ускоренные методы кодирования циклических кодов. Практическое применение циклических кодов.

2.6 Декодирование циклических кодов. Вычисление синдрома циклических кодов. Теорема

Меггита. Декодер Меггита.

2.7 Коды Рида-Соломона. Построение и схемная реализация процедуры кодирования. Многочлен локаторов ошибок. Декодер Питерсона–Горенштейна–Цилера.

Раздел 3. Сверточные коды

3.1 Определение сверточного кода. Основные понятия. Методы представления сверточных кодов. Диаграмма состояний, решетчатая диаграмма. Алгоритмы кодирования. Матричное описание процедуры кодирования. Полиномиальное описание сверточного кодирования. Методы завершения кодирования. Примеры реализации схем сверточного кодирования.

3.2 Декодирование сверточных кодов. Метрика ребра, частичного пути и пути. Алгоритм Витерби. Вычислительная сложность алгоритма Витерби. Примеры применения алгоритмов декодирования Витерби для сверточных кодов. Процедура интерливинга и выкалывания для сверточных кодов.

3.3 Алгоритмы декодирования сверточных кодов с мягкими и жесткими решениями. Вычисление LLR для амплитудно-фазовых модуляций, кодируемых кодом Грея. Применение высокопроизводительных алгоритмов для декодирования сверточных кодов.

Раздел 4. Современные методы помехоустойчивого кодирования

4.1 Итеративные высокопроизводительные алгоритмы. Коды с малой плотностью проверки на четность (LDPC коды). Методы построения и описания кодов с помощью двудольного графа. Регулярные коды. Построение кодов Галлагера и Мак-Кея. Декодирование кодов с малой плотностью проверки на четность, их вычислительная сложность. Применение высокопроизводительных алгоритмов для декодирования LDPC кодов с очень большой длиной блоков.

4.2 Турбо коды. Алгоритмы декодирования по критерию максимума апостериорной информации. BCJR алгоритм декодирования. Турбо кодирование. Реализация высокопроизводительных алгоритмов декодирования на примере параллельного соединения нескольких сверточных кодов.

5. Образовательные технологии

В рамках данного учебного курса предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний Intel, Nokia Siemens Networks и др. с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, решения прикладных задач с помощью компьютерных симуляций, стимулирования внеаудиторной работы.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.
2. Как оценочный способ контроля самостоятельной работы студентов и одновременно разновидность интерактивного обучения используется форма групповой консультации по отдельным разделам дисциплины в виде семинаров по современным проблемам радиофизики, проводимым на кафедре факультативно.

6.1 Критерии оценок

Зачтено	В целом хорошая подготовка с некоторыми ошибками.
Незачтено	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.

6.2. Вопросы для контроля

- 1. Основные критерии декодирования помехоустойчивых кодов.** Декодирование по критерию минимального расстояния для двоично-симметричного канала и двоичного канала с аддитивным белым гауссовским шумом.
- 2. Основные задачи теории помехоустойчивого канального кодирования.** Расстояние и вес Хэмминга. Статистическая модель системы связи. Классификация схем помехоустойчивого кодирования. Границы помехоустойчивости и их геометрическая интерпретация.
- 3. Введение в алгебру.** Построение поля $GF(p^m)$. Понятие векторного пространства.
- 4. Определение линейного блочного кода.** Порождающая и проверочная матрицы. Процедура кодирования систематического кода. Соотношение между порождающей и проверочной матрицами. Процедуры выкалывания, расширения и выбрасывания для модификации линейных блочных кодов.
- 5. Свойства линейных блочных кодов.** Минимальное расстояние линейного блочного кода. Связь минимального расстояния кода и количества исправляемых ошибок. Геометрическая интерпретация.
- 6. Синдромное декодирование линейных блочных кодов.** Понятие синдрома. Стандартное расположение. Таблица синдромов.
- 7. Границы помехоустойчивости линейных блочных кодов.** Границы Синглтона и Хэмминга.
- 8. Примеры построения линейных блочных кодов.** Коды Хэмминга и их свойства. Минимальное расстояние кодов Хэмминга.
- 9. Определение циклического кода.** Алгебраическая связь вектора и его циклического сдвига. Свойства циклических кодов. Порождающая матрица циклического кода. Систематические циклические коды.
- 10. Кодирование циклических кодов.** Схемная реализация кодирования циклических кодов. Ускоренные методы кодирования циклических кодов. Практическое применение циклических кодов.
- 11. Декодирование циклических кодов.** Вычисление синдрома циклических кодов. Теорема Меггита. Структурная схема декодера Меггита.
- 12. Определение кодов Рида-Соломона.** Построение и схемная реализация процедуры кодирования.
- 13. Декодирование кодов Рида-Соломона.** Декодер Питерсона–Горенштейна–Цилера.
- 14. Определение сверточного кода.** Диаграмма состояний, решетчатая диаграмма, ребро, путь. Процедура кодирования. Завершение кодирования в нулевое состояние и сверточный код с циклической структурой. Простейшие примеры сверточного кодирования.
- 15. Декодирование сверточных кодов.** Метрика ребра, частичного пути и пути. Алгоритм Витерби. Вычислительная сложность алгоритма Витерби. Пример декодирования Витерби для простейших сверточных кодов.
- 16. Практические особенности применения сверточных кодов в системах связи.** Процедура блочного и сверточного интерливинга. Повышение скорости кодирования сверточных кодов с помощью процедуры выкалывания.
- 17. Декодирование сверточных кодов с мягкими решениями.** Вычисление LLR для 16-QAM модуляции.
- 18. Турбо кодирование.** Структурная схема процедуры кодирования, на примере параллельного соединения двух сверточных кодов. Декодирования по критерию максимума апостериорной информации. BCJR алгоритм декодирования.
- 19. Коды с малой плотностью проверки на четность.** Методы построения и описания кодов с помощью двудольного графа. Регулярные коды. Построение кодов Галлагера и Мак-Кея. Декодирование кодов с малой плотностью проверки на четность.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. М.: Мир, 1986.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Вильямс, 2003.

б) дополнительная литература:

1. Прокис Джон Цифровая связь. М.: Радио и связь. 2000.
2. Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. А. Теория кодов, исправляющих ошибки, М.:Связь, 1979.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Не предусмотрено.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом по специальности 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Автор программы _____ Давыдов А.В.

Программа рассмотрена на заседании кафедры 26 мая 2014 года протокол № 21

Заведующий кафедрой _____ Мальцев А.А.

Программа одобрена методической комиссией факультета 19 июня 2014 года
протокол № _____

Председатель методической комиссии _____ Миловский Н.Д.