МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория радиосвязи

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные устройства передачи информации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	24	24	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	76	76	часов
5	Самостоятельная работа	68	68	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е.

Экзамен: 2 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 36326

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от « 26 » 6 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.01 Радиотехника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. РТС	_____	А. В. Новиков
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	_____	С. В. Мелихов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ	_____	К. Ю. Попова
Заведующий выпускающей каф. ТОР	_____	А. А. Гельцер

Эксперты:

Доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)	_____	С. И. Богомолов
Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС)	_____	В. А. Громов

Согласована на портале № 36326

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Формирование представлений об особенностях современных и перспективных систем радиосвязи.

1.2. Задачи дисциплины

– Изучение методов модуляции и кодирования, используемых в современных системах радиосвязи, а также способов формирования и обработки сигналов в системах радиосвязи.

– Приобретение навыков компьютерного моделирования систем радиосвязи.

– Овладение навыками чтения справочной документации, в том числе на английском языке.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория радиосвязи» (Б1.В.ДВ.3.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Устройства генерирования и формирования цифровых сигналов, Устройства приема и обработки дискретных и аналоговых сигналов, Цифровое телевидение.

Последующими дисциплинами являются: Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем, Проектирование элементов и устройств радиосвязи, Системы и сети передачи данных.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-4 способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области;

– ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;

– ПК-5 готовностью к составлению обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, подготовке научных публикаций и заявок на изобретения, разработке рекомендаций по практическому использованию полученных результатов;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** Роль модуляции в системах передачи информации. Различие между аналоговой и цифровой модуляцией. Роль формирующих фильтров и влияние межсимвольной интерференции. Смысл спектральной плотности мощности белого шума. Базовые методы модуляции: амплитудную (АМ), фазовую (ФМ) и частотную (ЧМ). Спектральный состав сигналов для основных методов модуляции: амплитудной, частотной и фазовой. Особенности ЧМ с непрерывной фазой. Взаимосвязь методов модуляции с классами выходных усилителей мощности. Принципы модуляции множества ортогональных поднесущих (OFDM). Роль OFDM при наличии многолучевости. Влияние фазового шума на производительность систем связи. Отношение сигнал-шум для цифровых систем связи. Про энергетическую и частотную эффективность систем связи. Принципы синхронизации в системах связи. Петлю Костаса. Детектор Гарднера. Об ухудшении степени однозначности фазы восстановленной несущей с ростом битовой скорости передачи. Принципы расширения спектра сигналов в системах связи. Структурные схемы и особенности трех поколений цифровых систем связи по методам формирования и обработки сигналов: аналоговые, гибридные и цифровые. Схемы автоматической цифровой регулировки усиления. Фундаментальное свойство линейных блочных кодов. Правило кодирования линейным блочным кодом. Структуру порождающих и проверочных матриц линейного блочного кода в систематической форме. Правило вычисления синдрома линейного блочного кода по проверочной матрице. Роль синдрома при обнаружении/исправлении ошибок, а также восстановлении стертых символов. Способ распределения синдромов по классам смежности. Правило определения кодового расстояния линейного блочного кода по кодовой таблице. Способ определения кратностей гарантированно обнаруживаемых, гарантированно исправляемых ошибок, а также гарантированно восстанавливаемых стертых символов. Границы Синглтона, Хемминга и неравенство Гилберта для корректирующих кодов. Фундаментальное свойство циклических кодов. Правило составления порождающих полиномов циклических кодов. Правило кодирования

Согласована на портале № 36326

циклическим кодом в систематической и несистематической формах. Связь порождающих и проверочных полиномов циклического кода с порождающими и проверочными матрицами соответствующего линейного блочного кода. Способ деления и умножения полиномов с помощью цифровых фильтров, соответственно, рекурсивных и трансверсальных. Роль остатка от деления при декодировании циклических кодов. Способ формирования порождающих полиномов кодов Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ). Связь между кодами БЧХ и кодами Рида-Соломона (РС). Способ кодирования кодом РС с помощью матрицы дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Способ вычисления обратной матрицы ДПФ над полем Галуа. Особенности сверточных кодов. Алгоритм Витерби декодирования сверточных кодов. Особенности кодов с разреженными проверками на четность (LDPC). Способ мягкого итеративного декодирования кодов LDPC. Определение энтропии источника. Способы вычисления энтропии источника. Связь между взаимной зависимостью символов и энтропией источника. Принципы векторного квантования сообщений. Способ построения кода Хаффмана. Способ построения кода Шеннона-Фано. Способ построения кода Лемпеля-Зива. Способ расчета нижней границы для средней длины кода. Способ вычисления избыточности до и после кодирования. Способ вычисления пропускной способности каналов.

– **уметь** Составлять кодовую таблицу линейного блочного кода по его матрице. Приводить матрицы линейных блочных кодов к систематической форме. Определять кодовое расстояние линейного блочного кода по его проверочной матрице, а также по кодовой таблице. Делить и умножать полиномы над полем Галуа GF(p) двумя способами: алгебраически и с помощью цифровых фильтров. Факторизовать полиномы с помощью программы компьютерной алгебры SymPy. Находить обратную матрицу дискретного преобразования Фурье над полем Галуа GF(p). Составлять диаграмму состояний и решетку сверточного кода. Составлять дерево кода Хаффмана. Составлять код Шеннона-Фано. Составлять таблицу кода Лемпеля-Зива. Вычислять энтропию заданного источника. Вычислять избыточность до и после кодирования сжимающим кодом. Вычислять пропускную способность двоичного симметричного канала связи и канала со стираниями. На качественном уровне изображать спектральные диаграммы сигналов с модуляциями: амплитудной (АМ), фазовой (ФМ), частотной (ЧМ) и OFDM. Вычислять спектральную плотность мощности по заданной функции корреляции цифрового потока. Определять уровень боковых лепестков в спектре сигнала. Анализировать "глазковые" диаграммы и сигнальные созвездия. Выбирать вид модуляции. Выбирать класс выходного усилителя мощности исходя из вида модуляции. Моделировать сигналы с АМ, ФМ, ЧМ и OFDM модуляциями и их спектральные плотности мощности.

– **владеть** Методами компьютерного моделирования современных и перспективных систем радиосвязи, а также элементами проектирования таких систем.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	76	76
Лекции	36	36
Практические занятия	24	24
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	68	68
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Проработка лекционного материала	17	17
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	9	9

Согласована на портале № 36326

Подготовка к практическим занятиям, семинарам	26	26
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	5.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр						
1 Модуляция. Спектральный состав.	2	3	4	9	18	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль.	3	4	0	7	14	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой.	0	0	4	4	8	ПК-4, ПК-5
4 Экономные (сжимающие) коды.	2	4	0	5	11	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
5 Пропускная способность каналов связи.	1	2	0	3	6	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи.	2	2	0	3	7	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано.	2	0	0	1	3	ОПК-4, ПК-4
8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча.	2	0	0	1	3	ОПК-4, ПК-4
9 Кодирование речи в системах радиосвязи.	0	0	0	3	3	ОПК-4, ПК-5
10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи.	2	0	0	1	3	ОПК-4, ПК-4
11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.	2	3	0	5	10	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи.	1	0	0	1	2	ОПК-4, ПК-4
13 Принципы модуляции OFDM.	3	3	0	3	9	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
14 Принципы MIMO.	1	0	0	0	1	ОПК-4, ПК-4
15 Линейные блочные коды.	2	3	0	3	8	ОПК-4, ПК-4, ПК-5

Согласована на портале № 36326

16 Циклические коды	2	0	4	5	11	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
17 Коды Рида-Соломона	2	0	0	1	3	ОПК-4, ПК-4
18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема.	0	0	0	6	6	ОПК-4, ПК-5
19 Низкоплотностные (LDPC) коды.	2	0	0	1	3	ОПК-4, ПК-4
20 Сверточные коды.	3	0	4	5	12	ОПК-4, ПК-4, ПК-5
21 Сигнально-кодовые конструкции.	2	0	0	1	3	ОПК-4, ПК-4
Итого за семестр	36	24	16	68	144	
Итого	36	24	16	68	144	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Модуляция. Спектральный состав.	Роль модуляции в системах передачи информации.Различие аналоговой и цифровой модуляции.Требования к спектрам сигналов в современных системах передачи информации.Тепловой шум.Спектральная плотность мощности сигнала.Спектры сигналов с АМ, ФМ, ЧМ и OFDM модуляциями.Три поколения цифровых систем связи: аналоговые, гибридные и цифровые.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль.	Спектральная плотность случайной последовательности импульсов прямоугольной формы.Скорость спада мощности в зависимости от частоты.Необходимость сглаживания фронтов импульсов.Фильтр "приподнятого" косинуса.Особенности реализации фильтра в цифровом виде: влияние на формируемый спектр факторов дискретности и ограниченности по времени импульсной характеристики; влияние цифро-аналогового преобразователя.Тепловой шум как ограничитель производительности систем связи.Согласованный фильтр как фильтр, доставляющий максимум отношению сигнал-шум при наличии аддитивного белого шума.Необходимость согласования амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) формирующего фильтра с АЧХ согласованного.Фильтр "корень" из "приподнятого" косинуса.	3	ОПК-4, ПК-4

Согласована на портале № 36326

	Итого	3	
4 Экономные (сжимающие) коды.	Собственная информация.Энтропия источника.Избыточность.Взаимная информация.Принципы векторного квантования источника.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
5 Пропускная способность каналов связи.	Скорость передачи информации.Пропускная способность.Пропускная способность двоичного симметричного канала связи.Пропускная способность канала со стираниями.	1	ОПК-4, ПК-4
	Итого	1	
6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи.	Связь между "аналоговым" и "цифровым" отношениями сигнал-шум.Нормированная пропускная способность канала.Скорость кодирования.Теорема Шеннона, ее иллюстрация.Предел Шеннона, предел двоичного канала связи: жесткие решения и мягкие решения.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано.	Построение кодового дерева кода Хаффмана по вероятностям символов.Построение кодовой таблицы кода Шеннона-Фано по вероятностям символов.Префиксное свойство кодов.Расчет средней длины кодового слова полученного кода.Расчет избыточности до и после кодирования.Принципы многобуквенного кодирования.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча.	Составление таблицы-словаря кода Лемпеля-Зива.Достоинства и недостатки кода Лемпеля-Зива.Составление таблицы-словаря кода Лемпеля-Зива-Уэлча.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи.	Когерентность при приеме и обработке сигнала.Восстановление несущей частоты.Петля Костаса.Восстановление тактовых импульсов.Детектор Гарднера.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.	Достоинства сигналов с расширенным спектром.Псевдослучайные последовательности (М-последовательности).Коды Голда.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи.	Каскады схем автоматической регулировки усиления в системах радиосвязи. Аналоговая регулировка и цифровая.Структурные схемы петель цифровой автоматической регулировки усиления: линейная и логарифмическая петли.	1	ОПК-4, ПК-4
	Итого	1	

Согласована на портале № 36326

13 Принципы модуляции OFDM.	Иллюстрация недостатка частотного разделения каналов.Иллюстрация ортогональности несущих при выполнении операции дискретного преобразования Фурье (ДПФ).Необходимость циклического префикса для снижения вредного влияния многолучевости.Параметры модуляции OFDM в системах связи 4G LTE.Структурные схемы передатчика и приемника с OFDM.	3	ОПК-4, ПК-4
	Итого	3	
14 Принципы MIMO.	Классификация MIMO: SISO (классический вариант), SIMO (разнесенный прием), MISO (разнесенная передача), SU-MIMO (однопользовательское пространственное уплотнение), MU-MIMO (многопользовательское пространственное уплотнение).Структурные схемы MIMO согласно классификации.	1	ОПК-4, ПК-4
	Итого	1	
15 Линейные блочные коды.	Порождающая матрица.Кодовая таблица.Кодовое расстояние.Кратность обнаружения, исправления и восстановления стертых символов.Определение кодового расстояния по кодовой таблице.Систематическая форма порождающей матрицы.Проверочная матрица.Синдром.Разложение векторного пространства на смежные классы.Определение кодового расстояния по проверочной матрице.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
16 Циклические коды	Фундаментальное свойство циклических кодов.Нуль-полином и его факторизация.Порождающий полином и его единственность для заданного кода.Связь порождающего полинома и порождающей матрицы.Проверочный полином, его связь с проверочной матрицей.Систематический циклический код.Систематический кодер на основе цифрового фильтра.Роль остатка от деления двух полиномов.Декодирование с исправлением ошибки.Декодирование с восстановлением стертых символов.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
17 Коды Рида-Соломона	Элементы поля Галуа GF(p^q), где p - простое число (2, 3, 5, 7, 11...) как q-мерные вектора из p-значных символов.Операции умножения и сложения.Порождающий полином кодов Рида-Соломона.Граница Синглтона.Проверочный полином кодов Рида-Соломона.Способ кодирования через дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Способ обращения матрицы ДПФ.Декодирование кода Рида-Соломона с исправлением ошибок.	2	ОПК-4, ПК-4

Согласована на портале № 36326

	Итого	2	
19 Низкоплотностные (LDPC) коды.	Принцип построения проверочных матриц.Способ вычисления порождающей матрицы по проверочной.Принцип итеративного декодирования с мягкими решениями.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
20 Сверточные коды.	Порождающие полиномы.Схема кодирующего устройства.Диаграмма состояний кодера.Разрешенные кодовые последовательности.Свободное расстояние кода.Пороговое декодирование кода.Решетка кода.Алгоритм декодирования по Витерби.	3	ОПК-4, ПК-4
	Итого	3	
21 Сигнально-кодовые конструкции.	Иллюстрация выигрыша, даваемого сигнально-кодовыми конструкциями, на примерах.	2	ОПК-4, ПК-4
	Итого	2	
Итого за семестр		36	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Предшествующие дисциплины																					
1 Устройства генерирования и формирования цифровых сигналов	+	+	+								+		+	+							
2 Устройства приема и обработки дискретных и аналоговых сигналов	+	+								+	+	+	+	+							
3 Цифровое телевидение	+	+		+	+	+	+		+	+		+	+				+	+	+	+	
Последующие дисциплины																					
1 Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем	+	+	+		+	+				+	+			+							
2 Проектирование элементов и	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+							+

Согласована на портале № 36326

устройств радиосвязи																					
3 Системы и сети передачи данных	+			+	+	+				+											

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-4	+			+	Конспект самоподготовки, Собеседование, Тест
ПК-4	+	+	+	+	Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-5		+	+	+	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Тест, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Модуляция. Спектральный состав.	Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией. Показывается влияние формы импульса-носителя и функции корреляции битовой последовательности на спектр формируемого сигнала.	4	ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой.	Изучение Simulink-модели некогерентного демодулятора частотно-манипулированного сигнала с непрерывной фазой.	4	ПК-4, ПК-5

Согласована на портале № 36326

	Итого	4	
16 Циклические коды	Изучение циклических кодов (7, 4). Систематическое кодирование и декодирование с исправлением однократных ошибок. Моделирование двоичного симметричного канала с независимыми ошибками. Оценка вероятности ошибки после декодирования.	4	ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
20 Сверточные коды.	Изучение сверточных кодов со скоростью кодирования 1/2: кодирование, пороговое декодирование и декодирование по Витерби.	4	ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Модуляция. Спектральный состав.	Расчет спектральной плотности импульсов треугольной формы на основе известной спектральной плотности импульсов прямоугольной формы.Расчет корреляционных функций для некоторых видов модуляции: с линейным преобразованием битов (сумма и разность), с чередованием полярности (AMI, ЧПИ), с циклическим преобразованием (MLT-3).Расчет спектральных плотностей по корреляционным функциям.Построение соответствующих графиков, их анализ.	3	ПК-4, ПК-5
	Итого	3	
2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль.	Вычисление предельных значений частотной характеристики (ЧХ) фильтра "приподнятого" косинуса для особенных частот.Построение "от руки" графиков амплитудной ЧХ и импульсной характеристики (ИХ) фильтра.Расчет на компьютере с помощью дискретного преобразования Фурье амплитудной ЧХ фильтра по дискретной и финитной ИХ фильтра.Построение "от руки" отклика формирующего фильтра (до цифро-аналогового преобразователя) на заданную битовую последовательность.Расчет предельных значений частотной характеристики (ЧХ) фильтра типа "корень" из "приподнятого" косинуса для	4	ПК-4, ПК-5

Согласована на портале № 36326

	особенных частот с помощью программы компьютерной алгебры SymPy.Построение "от руки" графиков амплитудной ЧХ и импульсной характеристики (ИХ) фильтра.Расчет на компьютере с помощью дискретного преобразования Фурье амплитудной ЧХ фильтра по дискретной и финитной ИХ фильтра.Построение "от руки" отклика согласованного фильтра (в цифровом виде) на заданный входной сигнал.		
	Итого	4	
4 Экономные (сжимающие) коды.	Определение собственной информации.Определение энтропии источника.Определение избыточности источника.Определение взаимной информации.Изучение принципов векторного квантования источника.	4	ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
5 Пропускная способность каналов связи.	Вычисление пропускной способности различных каналов связи.	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи.	Построение с помощью компьютера графиков зависимости предельной энергетической эффективности кода (дБ) от скорости кодирования (от 0 до 1) для двоичной модуляции (жесткие решения и мягкие решения) и при отсутствии модуляции как таковой.Иллюстрация с помощью компьютера предельного энергетического выигрыша от кодирования.	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.	Генерация псевдослучайных последовательностей (М-последовательностей) с помощью цифровых фильтров.Свойства М-последовательностей.Коды Голда.Расчет полосы частот систем с расширенным спектром.	3	ПК-4, ПК-5
	Итого	3	
13 Принципы модуляции OFDM.	Детальная "от руки" прорисовка сигнала с OFDM для малого числа несущих: отрисовка отдельных несущих и результата их суммирования.Компьютерное моделирование сигнала с OFDM с помощью дискретного преобразования Фурье. Обсуждение особенностей такого сигнала.Моделирование эффекта от многолучевости для двух лучей. Вставка циклического префикса; обсуждение положительного эффекта.	3	ПК-4, ПК-5
	Итого	3	
15 Линейные блочные коды.	Составление кодовой таблицы.Определение кодового расстояния по кодовой	3	ПК-4, ПК-5

Согласована на портале № 36326

	таблице.Определение кратности гарантированного обнаружения, исправления и восстановления стертых символов.Приведение порождающей матрицы к систематической форме.Связь порождающей матрицы с проверочной.Синдром. Декодирование с исправлением однократных ошибок.Разложение векторного пространства на смежные классы.		
	Итого	3	
Итого за семестр		24	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Модуляция. Спектральный состав.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-4, ПК-5, ОПК-4	Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
2 Формирующий и согласованный фильтры. Их роль.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-4, ПК-5, ОПК-4	Домашнее задание, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	7		
3 Частотная манипуляция с непрерывной фазой.	Оформление отчетов по лабораторным работам	4	ПК-4, ПК-5	Отчет по лабораторной работе, Тест
	Итого	4		
4 Экономные (сжимающие) коды.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-4, ПК-5, ОПК-4	Домашнее задание, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
5 Пропускная способность каналов связи.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-4, ПК-5, ОПК-4	Домашнее задание, Тест

Согласована на портале № 36326

	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
6 Частотная и энергетическая эффективность систем радиосвязи.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-4, ПК-5, ОПК-4	Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
7 Коды Хаффмана и Шеннона-Фано.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4	Тест
	Итого	1		
8 Коды Лемпеля-Зива и Лемпеля-Зива-Уэлча.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4	Тест
	Итого	1		
9 Кодирование речи в системах радиосвязи.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	3	ОПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки, Тест
	Итого	3		
10 Принципы синхронизации в системах радиосвязи.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4	Тест
	Итого	1		
11 Принципы расширения спектра в системах радиосвязи.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-4, ПК-5, ОПК-4	Домашнее задание, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
12 Автоматическая регулировка усиления в системах радиосвязи.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4	Тест
	Итого	1		
13 Принципы модуляции OFDM.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-4, ПК-5, ОПК-4	Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
14 Принципы MIMO.	Проработка лекционного материала	0	ОПК-4, ПК-4	Тест
	Итого	0		
15 Линейные блочные коды.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-4, ПК-5, ОПК-4	Домашнее задание, Тест

Согласована на портале № 36326

	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
16 Циклические коды	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4, ПК-5	Отчет по лабораторной работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	5		
17 Коды Рида-Соломона	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4	Тест
	Итого	1		
18 Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ОПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки, Собеседование, Тест
	Итого	6		
19 Низкоплотностные (LDPC) коды.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4	Тест
	Итого	1		
20 Сверточные коды.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4, ПК-5	Отчет по лабораторной работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	5		
21 Сигнально-кодовые конструкции.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-4, ПК-4	Тест
	Итого	1		
Итого за семестр		68		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		104		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Домашнее задание	4	4	4	12
Конспект		4	4	8

Согласована на портале № 36326

самоподготовки				
Отчет по лабораторной работе		8	8	16
Отчет по практическому занятию	5	5	6	16
Собеседование		3	3	6
Тест	4	4	4	12
Итого максимум за период	13	28	29	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	13	41	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Галкин, Вячеслав Александрович. Цифровая мобильная радиосвязь [Текст] : учебное пособие для вузов / В. А. Галкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - 592 с. : ил. - (Учебное пособие. Специальность для высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 580-581. - Предм. указ.: с. 582-585. - ISBN 978-5-9912-0185-8 : 774.40 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

2. Волков, Лев Николаевич. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики : Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М. : Экотрендз, 2005. - 390[2] с. : ил., табл., портр. - (Библиотека МТС & GSM). - Библиогр.: с.

Согласована на портале № 36326

388-390. - ISBN 5-88405-071-2 : 269.01 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Рихтер, С.Г. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной радиосвязи [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Г. Рихтер. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 304 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/76502. — Загл. с экрана. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/76502 (дата обращения: 02.07.2018).
2. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи: Учебное пособие / В.Т. Першин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 614 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-006703-2, 600 экз. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/405030 (дата обращения: 02.07.2018).
3. Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи: Учебное пособие / Варгаузин В.А., Цикин И.А. - СПб:БХВ-Петербург, 2013. - 352 с. ISBN 978-5-9775-0878-0 [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/943520 (дата обращения: 02.07.2018).
4. Теория электрической связи: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. С. - 2015. 196 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5858 (дата обращения: 02.07.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Сборник компьютерных лабораторных работ по системам связи: Методические указания к лабораторным работам / Новиков А. В. - 2018. 151 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7149 (дата обращения: 02.07.2018).
2. Демодуляция цифровых сигналов. Статистический и сигнальный подходы: Учебное пособие / Новиков А. В. - 2018. 51 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7150 (дата обращения: 02.07.2018).
3. Теория электрической связи: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Акулиничев Ю. П. - 2012. 202 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1758 (дата обращения: 02.07.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению

Согласована на портале № 36326

дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория информационных технологий

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader
- Google Chrome
- LibreOffice
- Mozilla Firefox
- OpenOffice
- PTC Mathcad13, 14
- Scilab

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория информационных технологий

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader
- Google Chrome

Согласована на портале № 36326

- LibreOffice
- OpenOffice
- PTC Mathcad13, 14
- Scilab

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

Согласованный фильтр обеспечивает:

- Минимально короткий по времени отклик на своем выходе

Согласована на портале № 36326

- Максимальное отношение сигнал-шум на своем выходе в определенный момент времени, при условии, что шум — белый
- Снятие закона модуляции (демодуляцию)
- Максимум шенноновской информации на своем выходе

Формирующий фильтр обеспечивает:
- Формирование квадратурных сигналов с заданной формой спектральной плотности
- Формирование узкополосного сигнала на некоторой несущей частоте
- Формирование ортогональных по времени квадратурных сигналов
- Формирование тактовых импульсов для символьной синхронизации

Согласованный фильтр является:
- Линейным фильтром с постоянными параметрами
- Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
- Линейным фильтром с переменными параметрами
- Нелинейным фильтром с переменными параметрами

Формирующий фильтр является:
- Линейным фильтром с постоянными параметрами
- Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
- Линейным фильтром с переменными параметрами
- Нелинейным фильтром с переменными параметрами

Параметр Roll-off factor формирующего фильтра типа "приподнятый" косинус позволяет:
- Изменить уровень межсимвольной интерференции на своем выходе
- Изменить ширину спектра формируемого сигнала
- Изменить скорость спада мощности вне основной полосы формируемого сигнала
- Изменить амплитуду формируемого сигнала

Межсимвольная интерференция — это:
- Когда время прихода импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
- Когда импульс влияет на соседние импульсы, накладываясь на них своими "хвостами"
- Когда длительность импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
- Процесс формирования группового сигнала в системах с кодовым разделением каналов

Межсимвольная интерференция является:
- Вредной
- Полезной
- Зависит от способа формирования сигнала
- Нейтральной

Согласованный фильтр, бывает, заменяют:
- Фильтром нижних частот
- Коррелятором
- Коррелятором с фильтром нижних частот
- Фильтром верхних частот

Коррелятор — это устройство, которое вычисляет:
- Интеграл по времени от входного сигнала
- Произведение опорного сигнала и входного
- Интеграл по времени от произведения опорного сигнала и входного
- Свертку опорного сигнала с входным

Когерентный прием обязательно включает в себя:
- Амплитудный детектор
- Схему выделения сигнала "пилот-тон"
- Контур фазовой автоподстройки частоты
- Процесс формирования опорного колебания с точностью до фазы для последующего снятия закона модуляции

Некогеретный прием обязательно включает в себя:
- Процесс формирования опорного колебания с точностью до частоты для последующего снятия закона модуляции
- Схему выделения сигнала "пилот-тон"

Согласована на портале № 36326

- Контур фазовой автоподстройки частоты
- Частотный детектор

Петля Костаса предназначена для:
- Автоматической подстройки частоты формируемого опорного колебания
- Снятия дифференциального кодирования символов
- Автоматической подстройки частоты формируемого опорного колебания с точностью до фазы
- Удвоения частоты формируемого колебания

Модуляция QPSK позволяет передать:
- 1.5 бита на символ
- 4 бита на символ
- 1 бит на символ
- 2 бита на символ

Модуляция GMSK позволяет передать:
- 1.5 бита на символ
- 4 бита на символ
- 1 бит на символ
- 2 бита на символ

Модуляция QAM-16 позволяет передать:
- 1.5 бита на символ
- 4 бита на символ
- 1 бит на символ
- 2 бита на символ

Более требовательна к отношению сигнал-шум модуляция:
- GMSK
- QPSK
- QAM-16
- BPSK

Более требовательна к линейности выходного усилителя мощности модуляция:
- QAM-16
- OQPSK
- GMSK
- QPSK-pi/4

Усилители мощности по степени линейности делятся на классы:
- A,B,C
- A,B,C; D,E,F
- I, II, III
- 0, 1, 2

Мощность теплового шума на входе малошумящего усилителя приемника прямо пропорциональна:
- Коэффициенту шума малошумящего усилителя
- Полосе частот принимаемого радиосигнала
- Несущей частоте принимаемого радиосигнала
- Существует сама по себе и ни от чего не зависит

Коэффициент шума малошумящего усилителя это:
- Отношение сигнал-шум на входе усилителя, деленное на отношение сигнал-шум на его выходе
- Уровень собственного шума усилителя, в dBm
- Величина kT, где T — температура окружающей среды, k — постоянная Больцмана
- Разница коэффициентов усиления усилителя (в dB), измеренных для двух опорных температур

Коды Голда примечательны:
- Идеальной автокорреляционной функцией
- Трехзначной функцией взаимной корреляции

Согласована на портале № 36326

- Своей ортогональностью
- Тем, что их изобрел мистер Голд

М-последовательности примечательны:
- Максимальным периодом
- Хорошими взаимно корреляционными свойствами
- Своей ортогональностью
- Равенством количества нулей и единиц

Коды Уолша примечательны:
- Идеальной автокорреляционной функцией
- Наличием последовательности типа "меандр"
- Своей абсолютной независимостью
- Своей ортогональностью

Для систем радиосвязи с расширенным спектром характерна:
- Лучшая защита от непреднамеренных помех и многолучевого распространения сигнала
- Более высокая битовая скорость передачи информации
- Большая плотность мощности излучаемого сигнала
- Заметность в радиоэфире

Системы с кодовым разделением каналов:
- Вытеснили другие технологии разделения каналов ввиду своей исключительности
- Применяются одновременно с другими технологиями разделения каналов
- Практически не применяются ввиду своей сложности
- Отдали "козырную масть" технологии OFDM

Коэффициент расширения спектра в современных (4G) системах радиосвязи варьируется в пределах:
- (4-512)
- (256-1024)
- (4-64)
- (32-128)

Коэффициент расширения спектра равен 256. Отношение сигнал-шум после сжатия (по времени) сигнала с расширенным спектром увеличится на:
- 110 dB
- 48 dB
- 24 dB
- 55 dB

Помехоустойчивое кодирование основано на:
- Дублировании символов
- Введении избыточности по определенным правилам
- Скремблировании сообщений псевдослучайными кодами
- Введении избыточности по случайным правилам

Кодирование источника основано на:
- Скремблировании сообщений псевдослучайными кодами
- Методах шифрования
- Существовании избыточности, мера которой может быть выражена шенноновской энтропией
- Неравновероятности символов сообщения

Линейные блочные коды примечательны тем, что полностью определяются:
- Набором порождающих полиномов
- Порождающим полиномом
- Порождающей матрицей
- Кодовой таблицей

Энтропия некоторого источника информации определяется как:
- Среднее значение собственной информации
- Максимальное значение собственной информации
- Минимальное значение собственной информации

Согласована на портале № 36326

- Медианное значение собственной информации

Помехоустойчивые коды бывают:

- Блочными и потоковыми
- Регулярными и нерегулярными
- Однородными и неоднородными
- Статическими и динамическими

Информация по К. Шеннону выражается как:

- Логарифм обратной вероятности
- Величина обратной вероятности
- Логарифм вероятности
- Логарифм модуля вероятности

Сверточные коды примечательны тем, что полностью определяются:

- Набором порождающих полиномов
- Кодовой таблицей
- Порождающей матрицей
- Порождающим полиномом

Строки порождающей матрицы линейного блочного кода должны быть:

- Ненулевыми
- Разными
- Линейно-независимыми
- Линейно-зависимыми

Число строк проверочной матрицы линейного блочного кода определяется:

- Количеством проверочных символов
- Количеством информационных символов
- Зависит от дополнительных условий
- Кодовым расстоянием кода

Свойство префикса некоторого кода (например, кодов Хаффмана или Шеннона-Фано) заключается в том, что:

- Ни одна приставка некоторого кодового слова не является кодовым словом
- Все приставки являются кодовыми словами
- Кодовые слова имеют одинаковую длину
- Кодовые слова имеют разную длину

Код Лемпеля-Зива (Lempel-Ziv) является:

- Словарным кодом
- Древовидным кодом подобно коду Хаффмана
- Кодом с хеш-таблицей (hash table)
- Кодом с линейным предсказанием

Коды Рида-Соломона примечательны тем, что они:

- Дают максимально возможное кодовое расстояние и являются недвоичными
- Являются недвоичными
- Имеют порождающий полином, который не раскладывается на множители
- Имеют кодовое расстояние, равное количеству проверочных символов

Столбцы проверочной матрицы линейного блочного кода фактически являются:

- Запрещенными кодовыми словами
- Разрешенными кодовыми словами
- Синдромами для однократных ошибок
- Векторами однократных ошибок

Кодовое расстояние линейного блочного кода можно определить по проверочной матрице кода как:

- Количество ненулевых столбцов
- Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы минус единица
- Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы
- Максимальное количество линейно-независимых столбцов матрицы плюс единица

Величина взаимной информации по К. Шеннону определяется как логарифм отношения

Согласована на портале № 36326

вероятностей:

- P(x/y) / P(x)
- P(x) / P(x/y)
- P(x/y) / P(x,y)
- P(x,y) / P(x)

14.1.2. Экзаменационные вопросы

ЛИНЕЙНЫЕ БЛОЧНЫЕ КОДЫ:

Порождающая матрица. Кодовая таблица. Кодовое расстояние. Кратность обнаружения, исправления и восстановления стертых символов. Определение кодового расстояния по кодовой таблице. Систематическая форма порождающей матрицы. Проверочная матрица. Синдром. Определение кодового расстояния по проверочной матрице.

ЦИКЛИЧЕСКИЕ КОДЫ:

Фундаментальное свойство циклических кодов. Нуль-полином и его факторизация. Порождающий полином и его единственность для заданного кода. Связь порождающего полинома и порождающей матрицы. Проверочный полином, его связь с проверочной матрицей. Систематический циклический код. Систематический кодер на основе цифрового фильтра. Роль остатка от деления двух полиномов. Декодирование с исправлением ошибки. Декодирование с восстановлением стертых символов.

ЭКОНОМНЫЕ КОДЫ:

Собственная информация. Энтропия источника. Избыточность. Взаимная информация. Принципы векторного квантования источника.

Коды Хаффмана, Шеннона-Фано и Лемпеля-Зива.

ЧАСТОТНАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ СВЯЗИ:

Связь между "аналоговым" и "цифровым" отношениями сигнал-шум. Нормированная пропускная способность канала. Скорость кодирования. Теорема Шеннона, ее иллюстрация. Предел Шеннона, предел двоичного канала связи: жесткие решения и мягкие решения.

КОДЫ РИДА-СОЛОМОНА:

Элементы поля Галуа GF(p^q), где p - простое число (2, 3, 5, 7, 11...) как q-мерные вектора из p-значных символов. Операции умножения и сложения. Порождающий полином кодов Рида-Соломона. Граница Синглтона. Проверочный полином кодов Рида-Соломона. Способ кодирования через дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Способ обращения матрицы ДПФ. Декодирование кода Рида-Соломона с исправлением ошибок.

LDPC КОДЫ:

Принцип построения проверочных матриц. Способ вычисления порождающей матрицы по проверочной. Принцип итеративного декодирования с мягкими решениями.

МОДУЛЯЦИЯ. СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ:

Роль модуляции в системах передачи информации.

Различие аналоговой и цифровой модуляции.

Требования к спектрам сигналов в современных системах передачи информации.

Тепловой шум.

Спектральная плотность мощности сигнала.

Спектры сигналов с АМ, ФМ, ЧМ и OFDM модуляциями.

Три поколения цифровых систем связи: аналоговые, гибридные и цифровые.

ФОРМИРУЮЩИЙ ФИЛЬТР. ЕГО РОЛЬ:

Спектральная плотность случайной последовательности импульсов прямоугольной формы.

Скорость спада мощности в зависимости от частоты.

Необходимость сглаживания фронтов импульсов.

Фильтр "приподнятого" косинуса.

Особенности реализации фильтра в цифровом виде: влияние на формируемый спектр факторов дискретности и ограниченности по времени импульсной характеристики; влияние цифро-аналогового преобразователя.

СОГЛАСОВАННЫЙ ФИЛЬТР. ЕГО РОЛЬ:

Тепловой шум как ограничитель производительности систем связи.

Согласованный фильтр как фильтр, доставляющий максимум отношению сигнал-шум при

Согласована на портале № 36326

наличии аддитивного белого шума.

Необходимость согласования амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) формирующего фильтра с АЧХ согласованного.

Фильтр "корень" из "приподнятого" косинуса.

ПРИНЦИПЫ СИНХРОНИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ:

Когерентность при приеме и обработке сигнала.

Восстановление несущей частоты.

Петля Костаса.

Восстановление тактовых импульсов.

Детектор Гарднера.

ПРИНЦИПЫ РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ:

Достоинства сигналов с расширенным спектром.

Псевдослучайные последовательности (М-последовательности).

Коды Голда.

ПРИНЦИПЫ МОДУЛЯЦИИ OFDM:

Иллюстрация недостатка частотного разделения каналов.

Иллюстрация ортогональности несущих при выполнении операции дискретного преобразования Фурье (ДПФ).

Необходимость циклического префикса для снижения вредного влияния многолучевости.

Параметры модуляции OFDM в системах связи 4G LTE.

Структурные схемы передатчика и приемника с OFDM.

ПРИНЦИПЫ MIMO:

Классификация MIMO: SISO (классический вариант), SIMO (разнесенный прием), MISO (разнесенная передача), SU-MIMO (однопользовательское пространственное уплотнение), MU-MIMO (многопользовательское пространственное уплотнение).

Структурные схемы MIMO согласно классификации.

СВЕРТОЧНЫЕ КОДЫ:

Порождающие полиномы.

Схема кодирующего устройства.

Диаграмма состояний кодера.

Разрешенные кодовые последовательности.

Свободное расстояние кода.

Пороговое декодирование кода.

Решетка кода.

Алгоритм декодирования по Витерби.

СИГНАЛЬНО-КОДОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ:

Иллюстрация выигрыша, даваемого сигнально-кодовыми конструкциями, на примерах.

14.1.3. Вопросы на собеседование

В чем особенность кодов Боуза-Чоудхури-Хоквингема?

Являются ли коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема циклическими?

Является ли циклический код Хемминга (7, 4) кодом БЧХ?

14.1.4. Темы домашних заданий

Задана функция корреляции битовой последовательности. Определить спектральную плотность мощности и построить ее график на одном периоде.

Код Голда задан двумя полиномами. Записать два произвольных кодовых слова кода Голда.

Дана импульсная характеристика формирующего фильтра. Рассчитать и построить отклик этого фильтра на входную битовую последовательность.

Дана функция корреляции битовой последовательности. Рассчитать спектральную плотность мощности и построить ее график.

С помощью компьютера промоделировать модуляцию MLT-3 с оценкой и построением спектральной плотности мощности.

Задана порождающая матрица некоторого линейного блочного кода. Определить, составляя кодовую таблицу, параметры (n, k, d) кода, а также избыточность.

Задана порождающая матрица линейного блочного кода. Привести ее к систематической

Согласована на портале № 36326

форме и найти проверочную матрицу.

Дан порождающий полином циклического кода. Записать порождающую и проверочную матрицы соответствующего линейного блочного кода.

Троичный источник задан вероятностями символов. Построить код Хаффмана для однобуквенных сочетаний, а также для двухбуквенных сочетаний символов.

14.1.5. Вопросы на самоподготовку

Чем коды Рида-Соломона отличаются от кодов Боуза-Чоудхури-Хоквингема?

В чем особенность кодов с низкой плотностью проверок на четность (LDPC)? Почему при их использовании отпадает надобность в интерливинге?

В чем особенность кода Лемеля-Зива-Уэлча (LZW) по сравнению с кодом Лемпеля-Зива (LZ77, LZ78)?

Почему техника OFDM не была реализована сразу после ее теоретического обоснования? Какой "трюк" позволил сделать это в настоящее время?

Почему пропускная способность канала с мягкими решениями выше (не ниже) пропускной способности канала с жесткими решениями?

Чем платят за повышение частотной эффективности (перечислите известные вам параметры)?

Перечислите известные вам способы восстановления несущей частоты в приемнике.

Расскажите о природе неоднозначности работы петли Костаса на примере модуляции BPSK (ФМн)?

Зачем восстанавливать фазу тактовых импульсов и чем отличается фаза от частоты следования?

Дайте формулу детектора Гарднера. Графически объясните принцип работы этого детектора.

Какие детекторы, кроме детектора Гарднера, вам известны?

Перечислите основные достоинства и недостатки модуляции OFDM.

14.1.6. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Построение с помощью компьютера графиков зависимости предельной энергетической эффективности кода (дБ) от скорости кодирования (от 0 до 1) для двоичной модуляции (жесткие решения и мягкие решения) и при отсутствии модуляции как таковой.

Иллюстрация с помощью компьютера предельного энергетического выигрыша от кодирования.

Детальная "от руки" прорисовка сигнала с OFDM для малого числа несущих: отрисовка отдельных несущих и результата их суммирования.

Компьютерное моделирование сигнала с OFDM с помощью дискретного преобразования Фурье. Обсуждение особенностей такого сигнала.

Моделирование эффекта от многолучевости для двух лучей. Вставка циклического префикса; обсуждение положительного эффекта.

14.1.7. Темы лабораторных работ

Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией. Показывается влияние формы импульса-носителя и функции корреляции битовой последовательности на спектр формируемого сигнала.

Изучение Simulink-модели некогерентного демодулятора частотно-манипулированного сигнала с непрерывной фазой.

Изучение циклических кодов (7, 4). Систематическое кодирование и декодирование с исправлением однократных ошибок. Моделирование двоичного симметричного канала с независимыми ошибками. Оценка вероятности ошибки после декодирования.

Изучение сверточных кодов со скоростью кодирования 1/2: кодирование, пороговое декодирование и декодирование по Витерби.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Согласована на портале № 36326

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 36326