Вопросы к экзамену

1. Сигнал в аналоговой и цифровой форме. Квадратурная модуляция радиосигнала. Основные характеристики сигнала (амплитуда, фаза, частота, пик-фактор, p.d.f, c.d.f мощности). Представление сигнала (осциллограмма, спектр, спектрограмма). Физический смысл сигнала (напряжение, ток в антенне и т.д.). Квадратурный модулятор (схема, принцип работы). Квадратурный модулятор как основа технологии SDR (классические и современные виды модуляции).

2. Радиоканал. Мешающие факторы при передаче радиосигнала (ослабление амплитуды, неопределённость фазы, смещение частоты). Мешающие факторы (AWGN, шум в полосе приёма, отличие SNR от Eb/N0). Мешающие факторы (замирания в канале, допплеровское рассеяние частоты). Многолучевость (как мешающий и помогающий фактор, межсимвольная интерференция). Импульсные помехи. Гармонические помехи. Взаимные помехи.

3. Полосовая модуляция цифровых данных. Теорема Шеннона-Хартли, пропускная способность канала.  Разница между сигналами с «ограниченной полосой» и «ограниченной мощностью». Последовательный модем (формирование сигнала на baseband, выбор полосы и частоты baseband дискретизации, длительность символа, глазковая диаграмма, диаграмма рассеяния, сигнальное созвездие). Параллельный модем (OFDM-сигнал: формирование, спектр, физический смысл).

4. Передача цифровых данных с максимальной помехозащищённостью. Виды модуляции для помехоустойчивых модемов (многочастотная телеграфия (МЧТ), DSSS-CDMA (коды Баркера, шумоподобные символы), FHSS-CDMA). Кодовое разделение абонентов (синхронное ортогональное (матрица Адамара), неортогональное (M-seq), асинхронное (ZC, M-seq)). ППРЧ. Скорость скачков (убегание от помехи «вслед»). Скачки в полосе оцифровки или во всём диапазоне). Отличие ППРЧ от FHSS-CDMA.

5. Помехоустойчивое кодирование. Коды с обнаружением и коррекцией ошибок (блочные, свёрточные). Исправление групповых и одиночных ошибок, связь со структурой модулятора. Перемежение.

6. Помехоустойчивая связь. Преднамеренные помехи. РЭБ. Два ключевых вопроса РЭБ: анализ (селекция целей) и противодействие. Работа РЭБ (анализ и пространственная селекция целей): 3D-пространство «время-частота-направление». Работа РЭБ (преднамеренные помехи): пространственное и частотное формирование подавляющего сигнала. Выбор формы сигнала (тон, шумовая энергия или «ключ-замок»). Пример пространственной обработки сигнала: пространственный спектр, селекция цели, пространственная фильтрация. Сверхразрешение по Кейпону.

7. Многоантеные системы связи, MIMO. MIMO: источник выигрыша в пропускной способности. MIMO: 3 направления (кодирование, мультиплексирование, beamforming). Плохо обусловленные задачи (на примере MIMO). Решение переопределённой СЛАУ (псевдоинверсия Мура-Пенроуза, QR-разложение).

8. Вопросы построения систем связи. Факторы, мешающие выполнению задач: несинхронность приёмника и передатчика по времени и частоте, отношение сигнал-шум, непреднамеренные и преднамеренные помехи, множественный доступ к среде. Сигнальные конструкции для а) зондирования канала б) цифровой радиосвязи.

9. ВременнАя, частотная, кадровая синхронизация. Тело неопределённости. Сигналы для синхронизации: ЛЧМ, Задова-Чу, M-последовательность. Связь полосы синхросигнала и точности синхронизации.

10. Служебный помехозащищённый канал связи. Задачи, решаемые с помощью служебного канала связи. Идеологии множественного доступа к среде: ALOHA, тактируемая ALOHA, CSMA/CD (для проводного Ethernet), CSMA/CA. Сигнально-кодовые конструкции для служебного канала связи: многопозиционная частотная манипуляция.

11. Модемные технологии. Оценка канала связи для когерентного приёма. Одномодовый канал: стационарный и нестационарный. Многомодовый канал. Связь многомодовости и частотной селективности канала. Оценка канала по пилотным символам. Трекинг (отслеживание состояния) канала.

12. Модемные технологии. Эквалайзер канала. Предназначение эквалайзера канала. Общий принцип работы эквалайзера. Линейный эквалайзер Zero Forcing: принцип работы и недостатки. Линейный эквалайзер MMSE: применение оценки дисперсии шума в эквалайзере MMSE.

13. Модемные технологии. Демодуляция с мягкими решениями. Демодулятор n-PSK и n-QAM с жёсткими и мягкими решениями. Понятие логарифма отношения правдоподобия (Log Likelihood Ratio, LLR). Математика преобразования LLR символов в LLR бит.

14. Модемные технологии. Декодирование с мягкими решениями. Свёрточные кодеры. Итеративное декодирование с мягкими решениями. Турбокод.