



Московский государственный технический университет
Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра ИУ-1 «Системы автоматического управления»

Программа учебной дисциплины «Телекоммуникации»

для подготовки специалистов по направлению

24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами»

Автор программы: Масленников Андрей Леонидович, старший преподаватель
amas@bmstu.ru

Москва, 2021.

Аннотация

Дисциплина посвящена изучению основ телекоммуникационного обмена в технических системах, в частности: ознакомление с видами и характеристиками аналоговых и цифровых сигналов, методами и технологиями передачи аналоговой и цифровой информации, основными методами аналогового и цифрового кодирования данных, программно-аппаратными средствами построения систем телекоммуникаций, наиболее распространенными стандартами, протоколами и интерфейсами телекоммуникационного взаимодействия.

Структура дисциплины

Лекции	
1	Преобразования Фурье и алгоритм построения амплитудного спектра.
2	Спектральные характеристики сигналов.
3	Основы телекоммуникационного взаимодействия.
4	Кодирование данных на физическом уровне. Модуляции.
5	Кодирование данных на физическом уровне. Физическое кодирование.
6	Кодирование данных на логическом уровне.
7	Методы циклического кодирования
8	Распределенные системы обработки данных.
9	Технологии и протоколы межсетевое взаимодействие.
10	Методы вычисления контрольных сумм.
11	Стандарты цифровой передачи данных.
12	Стандарты беспроводной передачи данных.
13	Аппаратные средства телекоммуникационного обмена.
14	Представление цифровых данных в памяти вычислителя.
15	Программные средства телекоммуникационного обмена.
16	Распределенные системы обработки данных.
Лабораторные работы	
1	Исследование алгоритма построения амплитудного спектра.
2	Исследование методов аналоговой модуляции.
3	Исследование методов циклического кодирования.
4	Обработка телеметрической информации на примере данных альманаха GPS.
Домашние задания	
1	Методы кодирования цифровых данных.
2	Формирование пакетов для передачи цифровых данных.
Рубежные контроли	
1	По материалам лекций, лабораторных работ и домашнего задания модуля №1
2	По материалам лекций, лабораторных работ и домашнего задания модуля №1

Теоретические вопросы для подготовки к РК №1

1. Виды сигналов. Математическая модель дискретного сигнала.
2. Преобразования Фурье. Виды и отличительные особенности.
3. Непрерывное преобразование Фурье. Непрерывное преобразование Фурье для дискретного времени. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Квантование частоты.
4. Оконное преобразование Фурье. Виды и назначение оконной функции.
5. Спектр сигнала. Амплитудный и фазовый спектры. Графическое изображение спектра сигналов. Двусторонний и односторонний спектры.
6. Алгоритм построения амплитудного спектра. Разрешение по частоте.
7. Эффект наложения частот (спектров).
8. Теорема Котельникова-Найквиста-Шеннона. Частота Найквиста.
9. Характеристики сигнала во временной и частотной областях. Энергия и мощность сигнала. Спектральные плотности энергии и мощности сигнала. Равенство Парсеваля.
10. Соотношение сигнал-шум.
11. Сигнал в контексте телекоммуникационных систем. Структурные, идентифицирующие и информационные параметры сигналов.
12. Системы телекоммуникаций. Задачи и объекты телекоммуникационного обмена. Канал связи. Канал передачи. Линия связи. Базовые принципы разделения каналов связи.
13. Требования, предъявляемые к системам телекоммуникаций.
14. Классификация линий связи по физической среде передачи.
15. Характеристики линии связи как непрерывной системы. Амплитудно-частотная характеристика линии связи. Физическая и эффективная пропускные способности линии связи. Соотношение сигнал-шум. Помехоустойчивость линии связи. Связь физической пропускной способности линии связи с шириной полосы пропускания.
16. Симплексный, полудуплексный и дуплексный виды связи. Согласование параметров передачи.
17. Механизмы синхронизации при передаче цифровых данных.
18. Асинхронная и синхронная передача данных (интерфейсы). Старт-стопный формат. Проблемы реализации каждого из механизмов передачи.
19. Последовательная и параллельная передача данных. Достоинства и недостатки каждого из методов. Практическое применение.
20. Дифференциальная схема подключения приемника и передатчика.
21. Кодирование информации и данных.
22. Аналоговая модуляция. Амплитудная, частотная и фазовая модуляции. Квадратурная аналоговая модуляция. Спектры аналоговых видов модуляции.
23. Демодуляция амплитудно-, частотно- и фазово-модулированных сигналов. Метод двухполупериодного детектора. Метод синхронного детектирования.
24. Импульсная модуляция. Амплитудно-импульсная модуляция. Широко-импульсная модуляция. Частотно-импульсная модуляция. Фазово-импульсная модуляция.
25. Цифровая модуляция (манипуляция). Амплитудная цифровая модуляция. Частотная цифровая модуляция. Фазовая цифровая модуляция и ее вариации.
26. Квадратурная модуляция и квадратурная манипуляция.

27. Физическое кодирование. Виды физического кодирования. Требования, предъявляемые к физическому кодированию.
28. Методы потенциального кодирования. Кодирование без возврата к нулю (NRZ) и его вариации. Кодирование без возврата к нулю с переходом при «нуле» или «единице». Трехуровневый биполярный код AMI. Четырехуровневый код 2B1Q.
29. Методы импульсного кодирования. Код с возвращением к нулю (RZ) и его вариации. Манчестерский код. Манчестерский дифференциальный код.
30. Цифровое кодирование информации. Основная идея, виды кодов, условия декодирования. Помехоустойчивое кодирование. Виды помехоустойчивых кодов. Протоколы коррекции ошибок.
31. Блочные коды. Кодовое расстояние. Корректирующая способность кода. Линейные коды.
32. Циклический код для двоичного кодирования. Порождающий полином. Выбор порождающего полинома. Алгоритм реализации циклического кодирования и декодирования последовательности бит. Полиномы CRC (Cyclic Redundancy Check). Систематические и несистематические коды.
33. Код Рида-Соломона.

Темы практических заданий для подготовки к РК №1

1. Для заданного графически непрерывного сигнала и частоты дискретизации нарисовать вид дискретного сигнала.
2. Для заданной аналитически непрерывной функции вычислить непрерывное преобразование Фурье.
3. Для заданной дискретной функции вычислить непрерывное преобразование Фурье для дискретного времени.
4. Привести графический пример, иллюстрирующий применение заданной оконной функции к заданному сигналу.
5. Показать примерный вид одностороннего и двустороннего спектра для заданного аналитически сигнала.
6. Определить разрешение по частоте для заданного сигнала и частоты дискретизации.
7. Для заданного дискретного сигнала вычислить значение энергии или мощности сигнала.
8. Определить величину соотношения сигнал-шум для данных мощностей полезного сигнала и шума, или для заданного графически сигнала с аддитивным белым шумом.
9. По величине соотношения сигнал-шум определить во сколько раз среднеквадратичная амплитуда полезной составляющей сигнала превышает среднеквадратичную амплитуду шума.
10. Оценить величину физической пропускной способности по формуле Шеннона-Хартли или формуле Найквиста для заданной ширины полосы пропускания и числу возможным значений дискретного сигнала.
11. Показать примерный вид амплитудно-модулированного (частотно-модулированного или фазово-модулированного) сигнала для заданных параметров информационного и несущего сигналов и значения коэффициента модуляции.

12. Показать примерный вид спектра амплитудно-модулированного (частотно-модулированного или фазово-модулированного) сигнала для заданных параметров информационного и несущего сигналов и значения коэффициента модуляции.
13. Показать вид амплитудно-импульсного (частотно-импульсного или фазово-импульсного) сигнала для заданных параметров информационного и несущего сигналов.
14. Показать примерный вид амплитудной (частотной или фазовой) цифровой модуляции заданной битовой последовательности.
15. Показать результат физического кодирования заданной битовой последовательности одним из следующих методов потенциального кодирования: код без возвращения к нулю (однополярное и биполярное), код без возвращения к нулю с инверсией (при нуле и при единице), биполярный код с альтернативной инверсией, код 2B1Q.
16. Показать результат физического кодирования заданной битовой последовательности одним из следующих методов импульсного кодирования: код с возвращением к нулю, Манчестерский код (по Томасу и по стандартам IEEE), Манчестерский дифференциальный код.
17. Определить кодовое расстояние для заданных закодированных сообщений.
18. Определить корректирующую способность кода.
19. Решить задачу кодирования и декодирования заданного сообщения линейным кодом с моделированием ошибки при передаче.
20. Решить задачу кодирования и декодирования заданного сообщения циклическим кодом с моделированием ошибки при передаче.

Теоретические вопросы для подготовки к РК №2

1. Распределенные системы обработки данных (РСОД). Виды ресурсов РСОД. Основные функции РСОД. Классификация РСОД по архитектурным особенностям, по степени распространенности.
2. Архитектура РСОД. Логическая структура РСОД. Понятие сетевой службы. Физическая и программная структуры РСОД. Требования к программному обеспечению.
3. Сетевые топологии. Полносвязная сетевая топология. Неполносвязные топологии на примере «шина», «звезда», «кольцо», «дерево». Ячеистая топология.
4. Концепция открытых систем. Модель открытых систем (Модель OSI). Уровни взаимодействия. Понятие объекта, протокола, интерфейса.
5. Физические устройства для построения локальных вычислительных сетей: маршрутизатор, коммутатор, мост, сетевая карта, хаб, повторитель.
6. Механизмы формирования пакетов данных. Понятие кадра, дейтаграммы, сегмента, пакета.
7. Канальный уровень модели OSI. Выполняемые функции, механизм работы.
8. Сетевой уровень модели OSI. Виды протоколов. Выполняемые функции.
9. Транспортный уровень модели OSI.
10. Сетезависимые уровни модели OSI. Выполняемые функции.
11. Виды протоколов: с и без предварительного установления соединения.
12. Формат пакетов протоколов IP, TCP, UDP. Информация, передаваемая в одном пакете.
13. Универсальный асинхронный приемопередатчик (UART). Принцип работы. Обобщенная временная диаграмма. USART.
14. Принцип работы стандартов RS-232/422/423/485. Общие характеристики стандарта, механизм передачи данных, механизм взаимодействия приемника и передатчика, скорость передачи данных. Временные диаграммы. Схема подключения контактов 9-rip разъема RS-232. Схема подключения нескольких ведомых к одному ведущему устройству в RS-485.
15. Serial Peripheral Interface (SPI). Принцип работы. Виды реализаций. Общие характеристики, механизм передачи данных, механизм взаимодействия приемника и передатчика. Кольцевая и радиальная схемы подключения нескольких устройств. Механизм адресации ведомого. Усовершенствованные варианты SPI: Dual SPI, Quad SPI.
16. Inter Integrated Circuit (I²C). Принцип работы. Общие характеристики, механизм передачи данных, механизм взаимодействия приемника и передатчика. Кольцевая и радиальная схема подключения нескольких устройств. Механизм адресации ведомого. Усовершенствование стандарта I²C до стандарта I³C
17. Universal Serial Bus (USB). Общие характеристики, механизм передачи данных. Схема подключения разъемов различных стандартов. Различные стандарты USB 1.1/2.0/3.0/3.1 и их характеристики.
18. Методы и проблемы организации беспроводных каналов связи.
19. Принципы организации сотовой связи. Используемые методы разделения каналов.
20. Построение беспроводных сетей по стандартам Wi-Fi. Построение беспроводных сетей по стандартам Bluetooth. Инфракрасные системы передачи данных.

21. Организация программного обеспечения с телекоммуникационным обменом данными. Три основных механизма работы микроконтроллеров в системах с датчиками. Виды управляющих команд.
22. Хранение цифровой информации в памяти компьютера. Целочисленные знаковые и беззнаковые типы данных. Хранение в памяти чисел с плавающей точкой. Число одинарной точности. Число двойной точности. Побитные и побайтные операции над данными.
23. Механизмы обработки информации для полученных байт данных.
24. ПО для получения сплошного потока данных.
25. ПО для получения данных по методу «запрос-ответ».
26. ПО для отправки сплошного потока данных (прямое управление).
27. Построение многопоточных приложений для обработки данных с устройств.

Темы практических заданий для подготовки к РК №2

1. Для заданного списка сетевого оборудования нарисовать структурную схему объединения устройств в сеть по топологии «шина», «звезда», «кольцо», «дерево».
2. Нарисовать схему, иллюстрирующую формирование пакета данных для передачи по локальной вычислительной сети в модели OSI.
3. Показать временной диаграммой механизм синхронизации приемника и передатчика при асинхронном или синхронном виде связи.
4. Нарисовать временную диаграмму передачи одного байта информации по одному из стандартов RS-232/422/423/485, считая технические параметры известными.
5. Нарисовать временную диаграмму передачи одного байта информации по стандарту SPI, считая режимы SPI заданным.
6. Нарисовать временную диаграмму передачи одного байта информации по стандарту I²C, полагая известным адрес ведомого устройства.
7. Нарисовать временную диаграмму передачи одного байта информации по стандарту USB 2.0, полагая, что соответствующий токен на отправку данных уже был отправлен по каналу связи.
8. Для заданного целого числа показать его представление в двоичном виде как беззнакового или знакового целого различных типов данных.
9. Для заданного дробного числа показать его представление в двоичном виде как как числа с одинарной или двойной точностью.

Список литературы по телекоммуникациям

1. Бройдо В.Л., Ильина О.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Учебник для вузов. 2-е издание. И.: Питер. 2004. 703 с.
2. Галкин В.А., Григорьев Ю.А. Телекоммуникации и сети. Учебное пособие для вузов. И.: МГТУ имени Н.Э. Баумана. 2003. 608 с.
3. Иванов М.Т., Сергиенко А.Б., Ушаков В.Н. Теоретические основы радиотехники. Учебное пособие. И.: Высшая школа. 2002. 306 с.
4. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космических аппаратов. Учебное пособие. И.: МГТУ имени Н.Э. Баумана. 2014. 245 с.
5. Куроуз Дж. Ф., Росс К.У. Компьютерные сети: Нисходящий подход. 6-е издание, пер. с английского. И.: Издательство «Э». 2016. 912 с.
[Kurose J.F., Ross K.W. Computer Networking: A Top-Down Approach. Pearson. 2013]
6. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для вузов. 5-е издание. И.: Издательство Питер. 2016. 992 с.
7. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие. 3-е издание. И.: БХВ-Петербург. 2011. 768 с.

Список литературы по программно-аппаратным средствам

1. Агуров П.В. Интерфейсы USB. Практика использования и программирования. И.: БХВ-Петербург. 2004. 576 с.
2. Агуров П.В. Последовательные интерфейсы ПК. Практика программирования. И.: БХВ-Петербург. 2004. 496 с.
3. Блум Д. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. Пер. с английского. И.: БХВ-Петербург. 2015. 336 с.
[Blum. J. Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry. Willey. 2013]
4. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации. Пер. с английского. И.: Техносфера. 2011. 904 с.
[Goldsmith A. Wireless Communications. Cambridge University Press. 2005]
5. Магда Ю. Программирование последовательных интерфейсов. И.: БХВ-Петербург. 2009. 304 с.

Список литературы по методам кодирования информации

1. Вернер М. Основы кодирования. Учебник для вузов. Пер. с немецкого. И.: Техносфера. 2004. 288 с.
2. Вильямс Р.Н. Элементарное руководство по CRC-алгоритмам обнаружения ошибок. пер. с английского. Электронное издание. 1993. 36 с.
[Williams R.N. A painless guide to CRC error detection algorithms. Internet publication]