

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Сети и системы передачи информации»
для студентов
Специальности 10.05.03 Информационная безопасность
автоматизированных систем
Специализация «Анализ безопасности информационных систем»

Ставрополь
2026

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Сети и системы передачи информации» является фундаментальной в подготовке специалистов в области телекоммуникаций, информационных технологий и автоматизированных систем управления. В современных условиях стремительного развития цифровых технологий и увеличения объёмов передаваемой информации глубокое понимание принципов передачи, обработки и защиты данных приобретает особую значимость. Практические и лабораторные работы по данной дисциплине направлены на формирование у студентов прочных теоретических знаний и практических навыков, необходимых для проектирования, анализа и эксплуатации современных сетей связи и систем передачи информации.

В ходе выполнения работ студенты познакомятся с разнообразными физическими средами передачи данных, изучат принципы формирования и модуляции сигналов, освоят методы цифровой и аналоговой передачи, а также особенности различных технологий и стандартов связи — от традиционных проводных каналов до спутниковых и радиорелейных систем. Особое внимание уделяется практическому овладению инструментами измерения параметров сигналов, исследованию характеристик различных типов каналов связи и анализу влияния физических факторов на качество передачи.

Кроме того, лабораторные и практические занятия позволят студентам освоить методы обработки и кодирования информации, познакомиться с устройством и функционированием модемов и других средств передачи, а также с современными технологиями передачи данных, такими как SDH, ATM и другие. Акцент делается на развитии умений в области системной диагностики и оптимизации каналов связи, что является необходимым для успешной профессиональной деятельности в области телекоммуникаций и информационных систем.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

Цель работы:

Изучение основных характеристик звукового сигнала, таких как амплитуда, частота, фаза и форма сигнала, а также знакомство с методами анализа и визуализации звуковых сигналов в цифровых системах передачи информации.

Теоретическая часть

Звуковой сигнал — это механические колебания, распространяющиеся в упругой среде (например, воздухе) и воспринимаемые человеческим слухом. В контексте систем передачи информации звуковой сигнал рассматривается как аналоговый сигнал, который может быть представлен в цифровом виде путём дискретизации и квантования.

Основными характеристиками звукового сигнала являются:

Амплитуда — максимальное отклонение сигнала от среднего значения, отражающее силу (громкость) звука.

Частота — число колебаний в единицу времени (Гц), определяет высоту звука. Слуховой диапазон человека лежит примерно в пределах от 20 Гц до 20 кГц.

Фаза — начальное смещение волны по времени относительно эталонного сигнала. Может оказывать влияние при наложении нескольких волн.

Форма сигнала — графическое представление зависимости амплитуды от времени, определяющее характер звучания (синусоидальный, треугольный, пилообразный и т. д.).

В системах передачи информации звуковой сигнал необходимо преобразовать в цифровую форму, используя АЦП (аналогово-цифровой преобразователь). Это требует соблюдения теоремы Котельникова (Найквиста): частота дискретизации должна быть вдвое выше максимальной частоты исходного сигнала.

Анализ цифрового звукового сигнала может выполняться с использованием преобразования Фурье, которое позволяет перейти от временной области к частотной и определить спектральный состав сигнала. Для визуализации часто используется спектрограмма — график, отражающий изменение спектра сигнала во времени.

Вопросы и задания

1. Что такое звуковой сигнал с точки зрения передачи информации?
2. Определите и поясните значение амплитуды звукового сигнала.
3. Как частота сигнала влияет на его восприятие человеком?
4. Что такое фаза сигнала и в каких случаях её изменение может быть критичным?
5. Объясните принцип преобразования аналогового звукового сигнала в цифровой.
6. В чём суть теоремы Котельникова, и почему она важна при дискретизации?
7. Каковы отличия между временной и частотной областями анализа сигнала?
8. Что такое спектрограмма и как она используется?
9. Приведите примеры применения анализа звукового сигнала в системах передачи информации.

Практические задания

Задание 1. Запишите с помощью микрофона короткий звуковой сигнал (до 5 секунд) и визуализируйте его временную диаграмму, используя программное средство (например, Python + matplotlib или аудиоредактор Audacity).

Задание 2. Выполните преобразование Фурье записанного сигнала и постройте его амплитудный спектр. Определите доминирующие частоты.

Задание 3. Проведите анализ сигнала с помощью спектрограммы. Проанализируйте, как частота сигнала изменяется со временем.

Задание 4. Измените амплитуду и частоту исходного сигнала, повторите анализ и сделайте выводы о влиянии изменений параметров на характеристики сигнала.

Задание 5. В виде таблицы зафиксируйте значения амплитуды, основной частоты, доминирующих гармоник и форму сигнала для трёх разных примеров звуковых сигналов (например, голос, музыкальная нота, шум).

Задание 6. Ответьте на контрольные вопросы в письменной форме, обоснуйте свои ответы примерами.

Пример таблицы анализа звуковых сигналов:

№ сигнала	Источник	Амплитуда (усл. ед.)	Частота (Гц)	Форма сигнала	Доминирующие гармоники
1	Голос	0.65	220	сложная	220, 440, 660
2	Синусоид	1.00	1000	синусоидальная	1000
3	Белый шум	0.40	-	случайная	широкий спектр

Вывод:

По результатам лабораторной работы студент должен понимать основные характеристики звукового сигнала, владеть навыками его анализа как во временной, так и в частотной области, а также применять методы визуализации и интерпретации полученных данных в задачах, связанных с цифровой обработкой сигналов и системами передачи информации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗВУКОВОГО СООБЩЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИГНАЛ

Цель работы:

Изучение принципов преобразования акустических (звуковых) колебаний в электрический сигнал, понимание физико-технических основ работы микрофонных устройств, типов микрофонов, а также особенностей обработки и интерпретации полученного электрического сигнала в системах передачи информации.

Теоретическая часть

Звуковое сообщение, как и любой другой звуковой сигнал, представляет собой колебания давления в воздухе или другой упругой среде. Чтобы передать его по каналам связи или обработать в цифровой системе, необходимо преобразовать его в электрическую форму. Это преобразование осуществляется с помощью микрофонов — специальных устройств, которые улавливают акустические колебания и генерируют аналоговый электрический сигнал, соответствующий изменению звукового давления во времени.

1. Принцип работы микрофона

В основе микрофона лежит преобразовательный элемент, который реагирует на изменение давления воздуха. Он может быть выполнен в разных конструкциях, однако основная цель — передать акустическую волну на чувствительный элемент, вызывающий изменение физических свойств (напряжения, сопротивления, индукции и т. п.).

2. Основные типы микрофонов:

Конденсаторный микрофон — использует изменение ёмкости между подвижной и неподвижной пластинами. Требуется внешнего питания (фантомного) для поляризации. Отличается высокой чувствительностью и качеством записи.

Динамический микрофон — основан на принципе электромагнитной индукции. Подвижная катушка, прикреплённая к мембране, перемещается в магнитном поле, генерируя ток, пропорциональный изменению звукового давления. Прочный и менее чувствительный, подходит для громких источников.

Пьезоэлектрический микрофон — использует пьезоэффект: кристаллы деформируются под действием давления и создают электрический заряд. Часто применяется в специализированных устройствах.

Электретный микрофон — разновидность конденсаторного микрофона с предварительно заряженным диэлектриком. Широко используется в бытовой электронике (наушниках, телефонах, гарнитурах).

3. Характеристики электрического сигнала:

Полученный с микрофона сигнал представляет собой непрерывную аналоговую форму напряжения. Его амплитуда, частота и форма соответствуют исходным акустическим колебаниям. Для передачи в цифровых системах он должен быть оцифрован, что требует:

- **усиления сигнала** (так как амплитуда микрофонного сигнала мала)
- **фильтрации** (для подавления шумов)
- **дискретизации и квантования** (преобразование в цифровой поток)

4. Электроакустическая характеристика микрофонов включает частотную характеристику, чувствительность, направленность, уровень собственных шумов, динамический диапазон и другие параметры.

5. Системы передачи информации

Электрический сигнал, преобразованный из звукового, далее может использоваться в аналоговых или цифровых каналах связи. В аналоговых системах он усиливается и передаётся непосредственно. В цифровых — преобразуется с помощью АЦП и передаётся в виде битовой последовательности.

Практические задания

Задание 1. Изучите конструкцию и принцип действия трёх типов микрофонов: конденсаторного, динамического и электретного. Сделайте краткое описание, укажите преимущества и недостатки.

Задание 2. Проведите запись звукового сообщения с использованием электретного микрофона и сохраните файл в формате .wav. Зафиксируйте параметры записи: частота дискретизации, битность, длительность.

Задание 3. Используя программное обеспечение (например, Audacity или Python), визуализируйте форму полученного сигнала и проанализируйте его амплитуду, уровень шума, частотную характеристику.

Задание 4. Осуществите усиление микрофонного сигнала с помощью аналогового или цифрового усилителя. Сравните формы сигналов до и после усиления.

Задание 5. Сравните записи, полученные при использовании двух разных типов микрофонов (например, электретного и динамического). Оцените разницу по критериям: чистота сигнала, присутствие шумов, амплитудный диапазон.

Задание 6. Постройте таблицу сравнительных характеристик различных микрофонов.

Пример таблицы:

Тип микрофона	Принцип действия	Чувствительность	Направленность	Применение	Необходимость питания
---------------	------------------	------------------	----------------	------------	-----------------------

Конденсаторный	Изменение ёмкости	Высокая	Кардиоидная	Студийная запись	Да (фантомное)
Динамический	Электромагнитная индукция	Средняя	Кардиоидная	Сценическая работа	Нет
Электретный	Постоянно заряженный диэлектрик	Средняя	Всесторонняя	Гарнитуры, мобильные устройства	Да

Вопросы и задания

1. Почему необходимо преобразовывать звуковой сигнал в электрический?
2. Чем отличаются аналоговые и цифровые формы представления сигнала?
3. Опишите основные физические принципы действия различных типов микрофонов.
4. Как обеспечивается усиление слабого микрофонного сигнала?
5. В каких случаях предпочтительнее использовать конденсаторный микрофон, а в каких — динамический?
6. Объясните важность фильтрации сигнала при его записи.
7. Какие параметры записи наиболее важны для качественного преобразования звукового сообщения?
8. Что такое частотная характеристика микрофона и как она влияет на качество записи?
9. Какие технические проблемы могут возникнуть при преобразовании и передаче сигнала?
10. Приведите примеры практического использования знания этой темы в телекоммуникациях, радио, видеосвязи и информационной безопасности.

Вывод:

В результате выполнения лабораторной работы студент получает представление о процессе преобразования акустического сигнала в электрический, знакомится с конструктивными особенностями микрофонных устройств и изучает методы анализа полученного сигнала. Знание этих принципов критически важно для проектирования, отладки и эксплуатации современных систем передачи информации, где звуковые сигналы являются основным носителем данных.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛА ПО ЦИФРОВОМУ КАНАЛУ СВЯЗИ

Цель работы:

Изучение принципов передачи информации по цифровому каналу связи, понимание этапов преобразования сигнала перед передачей, методов защиты и восстановления передаваемой информации, а также освоение базовых характеристик цифровых каналов и параметров, влияющих на качество передачи данных.

Теоретическая часть

Передача сигнала по цифровому каналу связи представляет собой процесс доставки дискретизированного (оцифрованного) сообщения от источника к получателю с помощью определённого протокола и носителя. В отличие от аналоговых каналов, цифровая передача использует конечный набор символов (обычно бинарных: 0 и 1) и обладает повышенной

устойчивостью к помехам, возможностью восстановления сигнала и высокой скоростью передачи данных.

1. Этапы цифровой передачи сигнала:

Аналого-цифровое преобразование (АЦП):

Первичный аналоговый сигнал (например, звуковой) преобразуется в цифровую форму с помощью дискретизации, квантования и кодирования.

Дискретизация — разбиение сигнала по времени,

Квантование — приближение амплитудных значений до ближайшего допустимого уровня,

Кодирование — представление каждого уровня в виде двоичного кода.

Формирование цифрового потока:

Оцифрованная информация упаковывается в пакеты или кадры, в которые добавляются служебные данные: заголовки, контрольные суммы, номера последовательности.

Модуляция:

Для передачи по физической среде цифровые данные могут модулироваться: изменяется характеристика несущей волны (частота, фаза, амплитуда) в зависимости от значения бита. Распространённые методы: OOK, FSK, PSK, QAM.

Физическая передача:

Передача осуществляется по проводным (витая пара, коаксиальный кабель, оптоволокно) или беспроводным каналам (радиоволны, ИК-каналы). Качество связи зависит от пропускной способности, уровня помех, искажений, задержек.

Демодуляция и обработка:

На приёмной стороне сигнал демодулируется, проходит проверку и коррекцию ошибок, а затем восстанавливается в исходную цифровую или аналоговую форму.

2. Характеристики цифрового канала:

Пропускная способность — максимальное количество бит, передаваемых в единицу времени.

Скорость передачи данных — фактическое количество бит в секунду.

Задержка (latency) — время, затрачиваемое на прохождение сигнала от источника до приёмника.

Коэффициент ошибок (BER) — доля ошибочно переданных битов.

Надёжность и устойчивость — степень подверженности канала влиянию внешних факторов.

3. Методы защиты информации:

Контроль и коррекция ошибок: контрольные суммы (CRC), коды Хэмминга, избыточное кодирование.

Шифрование: защита от несанкционированного доступа (например, AES, RSA).

Ретрансляция и подтверждение: повторная отправка повреждённых пакетов.

4. Примеры цифровых каналов:

Ethernet, Wi-Fi, оптоволоконные линии, 3G/4G/5G-сети, Bluetooth, ZigBee, спутниковая цифровая связь.

Практические задания

Задание 1. Изучите процесс АЦП и продемонстрируйте его на примере: оцифруйте аналоговый аудиосигнал, определите частоту дискретизации и глубину квантования.

Задание 2. Постройте график дискретизированного и квантованного сигнала. Сравните его с исходной аналоговой формой и проанализируйте потери точности.

Задание 3. Используя программное обеспечение (например, MATLAB, Python), промоделируйте передачу цифрового сигнала через идеальный и зашумлённый канал. Определите процент искажений.

Задание 4. Реализуйте простой метод кодирования и восстановления ошибки в цифровом сообщении (например, с использованием контрольной суммы или кода Хэмминга).

Задание 5. Исследуйте влияние пропускной способности и скорости передачи данных на задержку и надёжность канала. Постройте таблицу зависимости.

Пример таблицы:

Скорость передачи (Мбит/с)	Пропускная способность (Мбит/с)	Средняя задержка (мс)	BER (%)
10	8	120	0.05
100	90	30	0.02
1000	950	5	0.005

Вопросы и задания

1. Опишите процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой.
2. Чем различаются модуляция и кодирование?
3. Какое влияние оказывает частота дискретизации на точность сигнала?
4. Какие способы используются для обнаружения и исправления ошибок при передаче данных?
5. В чём преимущество цифрового канала перед аналоговым?
6. Почему важно контролировать коэффициент ошибок в канале?
7. Какие параметры влияют на качество цифровой передачи?
8. Приведите примеры реальных цифровых каналов связи и опишите их особенности.
9. Как обеспечивается целостность и безопасность цифрового сигнала?
10. Какие сложности могут возникнуть при передаче цифровой информации в условиях сильных электромагнитных помех?

Вывод:

В ходе выполнения работы студент получает практическое представление о процессе цифровой передачи информации, его технических и программных аспектах. Осваиваются ключевые понятия: дискретизация, кодирование, модуляция, демодуляция, пропускная способность и надёжность канала. Полученные знания применяются при проектировании современных телекоммуникационных систем, в разработке сетей, систем безопасности и цифровой обработки данных.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ПРОВОДНАЯ СРЕДА. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕДАЧИ В КАБЕЛЯХ

Цель работы:

Изучение физических характеристик проводной среды передачи информации, анализ основных типов кабелей, исследование их параметров и факторов, влияющих на качество передачи сигнала в телекоммуникационных системах.

Теоретическая часть

Проводная среда связи представляет собой физическую среду, через которую осуществляется передача электрических сигналов от передатчика к приёмнику. Основными видами проводных каналов являются витая пара, коаксиальный кабель и оптоволоконный кабель. Каждый из этих типов обладает собственными свойствами, преимуществами и ограничениями, определяющими область их применения.

1. Типы проводных кабелей

Витая пара (Twisted Pair):

Наиболее широко используемый тип кабеля, состоящий из пар изолированных проводников, скрученных между собой. Скручивание снижает уровень электромагнитных наводок. Различают два основных вида: UTP (неэкранированная витая пара) и STP (экранированная витая пара).

Коаксиальный кабель:

Состоит из центрального проводника, окружённого изоляцией, металлической оплёткой и внешней оболочкой. Имеет хорошую защиту от помех и используется для передачи сигналов с высокой частотой, например, в телевизионных системах, ранних сетях Ethernet.

Оптоволоконный кабель:

Передаёт данные с помощью света, направляемого по сердцевине из стекла или пластика. Обладает высокой пропускной способностью, минимальными потерями сигнала и полной нечувствительностью к электромагнитным помехам. Делится на одномодовые и многомодовые волокна.

2. Физические параметры проводных кабелей

Сопротивление (R):

Определяет потери энергии в виде тепла. Зависит от материала проводника, его длины и сечения.

Индуктивность (L):

Влияет на способность линии противостоять изменениям тока. Может вызывать искажения сигнала на высоких частотах.

Ёмкость (C):

Возникает между проводниками и определяет скорость разряда. Влияет на затухание сигнала, особенно на больших расстояниях.

Затухание (attenuation):

Снижение амплитуды сигнала с расстоянием. Зависит от частоты сигнала и длины линии.

Импеданс (Z):

Полное сопротивление линии переменному току. Для наилучшей передачи сигналов требуется согласование импедансов передатчика, кабеля и приёмника.

3. Влияние внешней среды и факторов передачи

Передача сигнала по проводной линии может подвергаться влиянию внешних факторов:
Электромагнитные помехи (от бытовой техники, линий электропередач);
Кросс-наводки — влияние одного сигнала на другой в соседней паре;
Температурные колебания — изменяют параметры проводника (особенно сопротивление);
Механические повреждения и изгибы кабеля — влияют на затухание и целостность сигнала.

4. Особенности применения различных типов кабелей

Витая пара — используется в локальных сетях (Ethernet), телефонной связи;
Коаксиал — применяется в видеонаблюдении, кабельном телевидении, в некоторых старых сетевых стандартах;
Оптоволокно — незаменимо для магистральных линий, высокоскоростных каналов и передачи данных на большие расстояния.

5. Основные характеристики и сравнительный анализ

Тип кабеля	Пропускная способность	Защита от помех	Дальность передачи	Стоимость
Витая пара (UTP)	До 10 Гбит/с (Cat6/7)	Средняя	До 100 м	Низкая
Коаксиальный кабель	До 1 Гбит/с	Высокая	До 500 м	Средняя
Оптоволоконный	До 100 Гбит/с и выше	Очень высокая	До 100 км и более	Высокая

Практические задания

Задание 1. Изучите физическое устройство кабелей: витой пары, коаксиала и оптоволокна. Зарисуйте их структуру, отметьте ключевые элементы.

Задание 2. Измерьте длину и сопротивление образца витой пары. Рассчитайте сопротивление по формуле:
 $R = \rho \cdot l / S$,
где ρ — удельное сопротивление меди, l — длина, S — площадь поперечного сечения.

Задание 3. Используя генератор и осциллограф, исследуйте затухание сигнала на отрезке коаксиального кабеля. Запишите амплитуду сигнала до и после прохождения кабеля.

Задание 4. Сравните затухание сигнала при передаче данных через витую пару и оптоволоконный кабель, используя лабораторный комплект или эмуляцию в программной среде (например, Cisco Packet Tracer, MATLAB Simulink).

Задание 5. Исследуйте влияние внешних электромагнитных помех на передачу сигнала. Для этого расположите включённый электроприбор рядом с кабелем и зафиксируйте изменение сигнала.

Вопросы и задания

1. Какие виды кабелей используются в современных телекоммуникационных системах?
2. В чём разница между экранированной и неэкранированной витой парой?

3. Почему для передачи данных на большие расстояния применяют оптоволоконные линии?
4. Как влияет увеличение частоты сигнала на затухание в медных кабелях?
5. Что такое импеданс и каково его значение при проектировании кабельных линий?
6. Какие меры принимаются для снижения влияния электромагнитных помех?
7. В каком случае коаксиальный кабель предпочтительнее, чем витая пара?
8. Почему важно измерять сопротивление кабеля перед использованием?
9. Какие параметры нужно учитывать при выборе типа кабеля для локальной сети?
10. Как внешняя среда (температура, влажность) может повлиять на характеристики кабеля?

Вывод:

В ходе лабораторной работы студенты ознакомились с основными типами проводных кабелей, изучили их внутреннее устройство и физические характеристики. Были проведены измерения сопротивления и затухания, исследовано влияние помех на качество передачи сигнала. Полученные знания позволят будущим специалистам грамотно выбирать и проектировать кабельные системы связи, обеспечивающие надёжную и качественную передачу информации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.

МОДЕМЫ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Цель работы:

Изучение принципов работы модемов, используемых для передачи информации по цифровым каналам связи, ознакомление с видами модуляции, а также исследование характеристик модемов и их роли в системах передачи данных.

Теоретическая часть

Модем (модулятор-демодулятор) — это устройство, преобразующее цифровой сигнал компьютера в форму, пригодную для передачи по каналу связи, и обратно. В цифровых каналах модемы чаще всего используются для адаптации сигнала к особенностям линии связи, повышения помехоустойчивости, обеспечения синхронизации и повышения эффективности передачи.

В отличие от модемов, применяемых для аналоговых телефонных линий, модемы для цифровых каналов работают с цифровыми сигналами на всех этапах обработки, обеспечивая более высокую скорость и надёжность. Они находят широкое применение в сетях передачи данных, DSL, оптоволоконных каналах, сотовой связи и других областях.

Классификация модемов для цифровых каналов

1. По типу модуляции сигнала:

Модуляция — процесс наложения информационного сигнала на несущую. Применяются следующие виды:

ASK (амплитудная модуляция): простая, но уязвимая к шумам.

FSK (частотная модуляция): устойчива к шумам, применяется в старых моделях.

PSK (фазовая модуляция): высокая эффективность передачи, используется в современных модемах.

QAM (квадратурная амплитудная модуляция): сочетает амплитудную и фазовую модуляции для увеличения скорости.

2. По назначению и области применения:

DSL-модемы — для широкополосного доступа по телефонной линии.

Кабельные модемы — для передачи по коаксиальной сети.

Оптоволоконные модемы — преобразуют электрический сигнал в оптический и наоборот.

GSM/3G/4G-модемы — для мобильного доступа к сети.

Спутниковые модемы — обеспечивают связь через спутник.

3. По способу установки:

Встроенные (интегрированные в маршрутизаторы, платы);

Внешние (подключаются по USB, Ethernet);

Виртуальные (программные модемы в эмуляторах и системах виртуализации).

Основные характеристики модемов

Скорость передачи данных: измеряется в битах в секунду (бит/с или bps). Современные модемы обеспечивают скорости от 56 Кбит/с (старые) до десятков Гбит/с.

Тип модуляции: определяет помехоустойчивость и спектр занимаемой полосы.

Протоколы коррекции ошибок: позволяют обнаруживать и устранять ошибки при передаче.

Синхронизация: обеспечивает точное согласование между приёмником и передатчиком.

Поддержка стандартов: современные модемы должны соответствовать стандартам ITU-T, IEEE и другим.

Принцип работы цифрового модема

Передача данных включает в себя этапы:

1. Приём цифровых данных от источника (компьютера).
2. Модуляция сигнала с целью подготовки его к передаче.
3. Отправка сигнала по каналу связи.
4. Приём сигнала на стороне получателя.
5. Демодуляция — восстановление исходной информации.
6. Передача восстановленного сигнала к приёмнику.

Преимущества модемов в цифровых каналах

Высокая скорость передачи;

Поддержка надёжных алгоритмов коррекции ошибок;

Компактность и энергоэффективность;

Возможность работы на больших расстояниях при минимальных потерях;

Интеграция с современными сетевыми технологиями.

Практические задания

Задание 1. Ознакомьтесь с техническими характеристиками модема, доступного в лаборатории. Определите, какие типы модуляции он поддерживает, какова его максимальная скорость передачи, какие интерфейсы используются для подключения.

Задание 2. Установите соединение между двумя компьютерами через цифровой модем. Передайте тестовый файл, измерьте скорость передачи и наличие ошибок. Сделайте выводы о стабильности соединения.

Задание 3. Используя программное обеспечение-эмулятор (например, Cisco Packet Tracer), смоделируйте подключение через модем и проанализируйте прохождение сигнала. Измените тип модуляции и сравните поведение системы при разных условиях (помехах, скорости).

Задание 4. Проведите сравнение двух типов модемов (например, DSL и LTE) по следующим параметрам: пропускная способность, тип подключения, модуляция, задержка сигнала, устойчивость к помехам.

Задание 5. Изучите документацию на модем, используемый в вашей лаборатории или учебной сети. Определите, какие стандарты он поддерживает (например, V.92, ADSL2+, LTE Cat4 и др.). Подготовьте краткий отчёт.

Вопросы и задания

1. Что такое модем? Какие основные функции он выполняет в цифровом канале?
2. Какие виды модуляции применяются в современных цифровых модемах?
3. В чём разница между DSL- и кабельным модемом?
4. Почему модемы используют протоколы коррекции ошибок?
5. Какие параметры влияют на выбор модема для домашней и корпоративной сети?
6. Как происходит процесс демодуляции?
7. Какие помехи чаще всего влияют на работу модемов?
8. В каких условиях предпочтительнее использовать оптоволоконный модем?
9. Каково назначение QAM-модуляции?
10. Какие стандарты определяют работу цифровых модемов?

Вывод:

В процессе лабораторной работы студенты познакомились с устройством и принципом работы модемов, используемых в цифровых каналах связи. Особое внимание было уделено типам модуляции и характеристикам, влияющим на эффективность передачи. Полученные знания позволят осознанно подходить к выбору оборудования для сетей различного масштаба и эффективно использовать модемы в телекоммуникационных системах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.

БЕСПРОВОДНАЯ СРЕДА

Цель работы:

Изучение особенностей беспроводной среды передачи информации, основных характеристик и параметров беспроводных каналов, а также принципов функционирования беспроводных сетей различного типа. Анализ влияния факторов среды на качество и надёжность связи.

Теоретическая часть

Беспроводная среда — это среда передачи информации, в которой передача сигнала осуществляется без использования проводных соединений, с помощью электромагнитных волн. Это позволяет осуществлять мобильную, гибкую и масштабируемую связь в самых разных условиях — от домашних и корпоративных сетей до городских и глобальных систем связи.

Беспроводная передача информации осуществляется в различных диапазонах частот — от нескольких килогерц до гигагерц, в зависимости от технологии. Основные типы волн, используемых в беспроводной передаче: радиоволны, микроволны, инфракрасное излучение, световой диапазон.

Основные технологии беспроводной передачи данных:

Wi-Fi (IEEE 802.11) — используется для создания локальных беспроводных сетей. Работает на частотах 2,4 ГГц и 5 ГГц. Обеспечивает скорость передачи от нескольких десятков до нескольких сотен Мбит/с в зависимости от стандарта.

Bluetooth (IEEE 802.15.1) — применяется для передачи данных на коротких расстояниях между устройствами. Используется в периферийных устройствах, наушниках, гаджетах и т. д.

Сотовая связь (GSM, 3G, 4G, 5G) — используется для передачи голоса и данных через мобильные сети. Обеспечивает широкое покрытие и высокую скорость доступа в интернет.

WiMAX (IEEE 802.16) — технология широкополосного доступа, в том числе для сельской местности и удалённых территорий.

Инфракрасные системы (IRDA) — устаревшие, ограниченные по дальности и требующие прямой видимости.

Спутниковая связь — используется для связи в труднодоступных регионах, морских и авиационных коммуникациях, резервных каналах.

Преимущества беспроводной среды:

Мобильность пользователей и гибкость построения сети
Отсутствие затрат на прокладку кабелей
Быстрая масштабируемость сети
Удобство подключения новых устройств

Недостатки и ограничения:

Подверженность помехам и искажениям сигнала
Ограниченное покрытие и скорость передачи
Зависимость от погодных условий (для некоторых диапазонов)
Уязвимость к перехвату и необходимость шифрования данных

Физические характеристики беспроводной передачи:

Мощность сигнала — чем дальше от передатчика, тем слабее сигнал.
Частота передачи — влияет на дальность и способность проникать сквозь преграды.
Полоса пропускания — определяет объём передаваемой информации.
Затухание сигнала — связано с расстоянием, препятствиями, поглощением.
Интерференция — помехи от других устройств на тех же частотах.

Типы беспроводных сетей:

PAN (Personal Area Network) — на короткое расстояние, Bluetooth, ZigBee.

LAN (Local Area Network) — Wi-Fi в офисах, домах.

MAN (Metropolitan Area Network) — WiMAX, сети для города или кампуса.

WAN (Wide Area Network) — мобильная связь, спутниковая связь.

Практические задания

Задание 1.

Исследуйте параметры беспроводной сети Wi-Fi с помощью специального программного обеспечения (например, inSSIDer, WiFi Analyzer). Определите уровень сигнала, шум, канал, частоту и скорость передачи. Зафиксируйте полученные данные в таблице.

Параметр	Значение
Имя сети (SSID)	example_network
Канал	6
Частота	2,437 ГГц
Уровень сигнала	-45 дБм
Скорость	144 Мбит/с

Задание 2.

Проведите тестирование качества связи на разном расстоянии от точки доступа. Измерьте уровень сигнала и скорость загрузки/выгрузки. Сделайте выводы о влиянии расстояния и препятствий.

Задание 3.

Изучите параметры беспроводного адаптера вашего ПК. Определите поддерживаемые стандарты, тип антенны, чувствительность, мощность передатчика.

Задание 4.

Настройте беспроводное соединение между двумя устройствами через Bluetooth. Передайте файл и замерьте время передачи. Оцените эффективность связи и возможные помехи.

Задание 5.

Создайте план размещения точек доступа Wi-Fi в учебной аудитории или помещении с учётом покрытия и минимизации зон с низким сигналом. Обоснуйте выбор точек установки.

Вопросы и задания

1. Что такое беспроводная среда передачи данных?
2. Какие диапазоны частот используются в Wi-Fi? Как они влияют на скорость и дальность?
3. Чем отличается Bluetooth от Wi-Fi?
4. Какие факторы вызывают затухание сигнала?
5. Какой тип беспроводной сети обеспечивает наибольшее покрытие?
6. Почему необходимо шифровать трафик в беспроводной сети?
7. Что такое интерференция? Как с ней бороться?
8. Какие методы увеличения надёжности связи в беспроводной среде вы знаете?
9. Почему в зданиях с бетонными стенами может ухудшаться сигнал?
10. Какие меры необходимо принимать при проектировании безопасной Wi-Fi-сети?

Вывод:

В ходе лабораторной работы студенты изучили особенности беспроводной среды, её

характеристики и влияние различных факторов на качество передачи сигнала. Полученные знания позволят более эффективно проектировать, настраивать и обслуживать беспроводные сети, учитывая физические ограничения и требования к безопасности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7.

РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ ЛИНИИ

Цель работы:

Изучение принципов построения, характеристик и особенностей функционирования радиорелейных линий связи (РРЛ), их роли в современных системах передачи информации. Практическое освоение параметров радиоканала и факторов, влияющих на его надёжность и производительность.

Теоретическая часть

Радиорелейные линии связи представляют собой вид беспроводной связи, в которой передача данных осуществляется посредством радиоволн между антеннами, расположенными на определённом расстоянии друг от друга. Такие линии обеспечивают связь на средние и большие расстояния без использования кабелей, при этом сигнал передаётся по прямой видимости от передающей до приёмной станции.

Типичная радиорелейная линия состоит из последовательных участков (релейных участков), каждый из которых включает передатчик, приёмник и антенну. В случае превышения расстояния прямой видимости используются промежуточные ретрансляционные станции, усиливающие или восстанавливающие сигнал.

Основные параметры РРЛ:

Рабочий диапазон частот. Радиорелейные линии работают в микроволновом диапазоне — от 1 ГГц до 40 ГГц, чаще всего используются диапазоны 6, 11, 18 и 23 ГГц.

Полоса пропускания. Определяет максимально возможную скорость передачи данных. Современные РРЛ обеспечивают десятки и сотни Мбит/с, в отдельных случаях — до нескольких Гбит/с.

Дальность передачи. Обычно от 30 до 50 км между станциями, ограниченная условиями прямой видимости и кривизной Земли.

Коэффициент усиления антенны. Направленные параболические антенны с высоким усилением (30–40 дБ) используются для минимизации потерь сигнала.

Тип модуляции. Часто применяются QAM (квадратурная амплитудная модуляция), PSK (фазовая манипуляция) и их вариации.

Типовая схема РРЛ включает:

- цифровой источник (данные/речь),
- радиопередатчик с модулятором,
- волновод/коаксиальный кабель,
- антенну,
- приёмник с демодулятором,
- оборудование цифровой обработки и маршрутизации сигнала.

Факторы, влияющие на надёжность и качество РРЛ:

Прямая видимость. Ключевое условие работы РРЛ. Препятствия (здания, рельеф, деревья) могут вносить помехи или полностью блокировать сигнал.

Атмосферные явления. Осадки, туман, инверсия, особенно в диапазонах выше 10 ГГц, могут снижать уровень сигнала.

Интерференция. Соседние линии или оборудование, работающее на тех же частотах, могут создавать взаимные помехи.

Рельеф и высота антенн. При проектировании учитывается зона Френеля — область вокруг прямой линии сигнала, которую необходимо оставить свободной от препятствий.

Резервирование и отказоустойчивость. Важные линии дублируются, используются кольцевые схемы, автоматическое переключение на резервный канал.

Области применения РРЛ:

- магистральные каналы связи операторов связи;
- связь между базовыми станциями мобильной сети;
- подключение удалённых объектов (вышки, метеостанции, промышленные предприятия);
- резервные линии для кабельных сетей.

Преимущества РРЛ:

- высокая скорость передачи;
- независимость от кабельной инфраструктуры;
- гибкость и быстрая развертываемость;
- широкая зона покрытия.

Недостатки:

- необходимость прямой видимости;
- влияние погодных условий;
- ограниченная пропускная способность по сравнению с оптоволокном;
- необходимость сложного проектирования маршрутов.

Практические задания

Задание 1.

На основе карты местности и заданных координат точек выберите возможный маршрут прокладки радиорелейной линии длиной 100 км. Определите, сколько ретрансляционных станций потребуется, учитывая ограничения по дальности и рельеф.

Задание 2.

С помощью онлайн-калькулятора радиорелейных линий (например, Radiolinks Calculator) рассчитайте зону Френеля и необходимую высоту антенн для двух точек связи на расстоянии 40 км друг от друга при рабочей частоте 18 ГГц.

Задание 3.

Проведите моделирование уровня сигнала в зависимости от расстояния при фиксированной мощности передатчика и характеристиках антенн. Постройте график зависимости уровня сигнала от расстояния.

Задание 4.

Ознакомьтесь с документацией оборудования радиорелейной связи (например, Huawei, NEC, Ceragon) и составьте сравнительную таблицу основных технических характеристик: диапазон частот, мощность, скорость передачи, тип модуляции.

Задание 5.

Разработайте схему резервирования радиорелейной сети для промышленного объекта с учётом отказоустойчивости и минимального времени восстановления связи.

Вопросы и задания

1. Что такое радиорелейная линия связи и в чём её основное отличие от других видов связи?
2. В каком диапазоне частот работают РРЛ?
3. Каковы причины ограничения расстояния между станциями РРЛ?
4. Объясните понятие зоны Френеля. Почему важно её учитывать при проектировании?
5. Какие метеоусловия оказывают наибольшее влияние на качество сигнала в РРЛ?
6. Что такое интерференция и как её можно избежать в радиорелейной связи?
7. Перечислите основные способы увеличения надёжности радиорелейных каналов.
8. В чём преимущества использования РРЛ в сравнении с кабельными системами?
9. Какие технологии модуляции чаще всего используются в РРЛ?
10. Опишите пример использования радиорелейной связи в условиях отсутствия оптической инфраструктуры.

Вывод

Радиорелейные линии связи играют важную роль в построении гибких и надёжных каналов передачи данных, особенно в условиях, когда использование кабеля невозможно или экономически нецелесообразно. В ходе лабораторной работы были изучены основные принципы их функционирования, параметры и факторы, влияющие на эффективность, а также методы расчёта и проектирования таких систем. Полученные знания могут быть применены при построении корпоративных и операторских сетей связи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8.

СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ

Цель работы:

Изучение принципов организации спутниковой связи, её архитектуры, типов орбит и каналов передачи данных. Приобретение навыков анализа параметров спутниковых каналов, а также понимания их роли в глобальных и региональных системах передачи информации.

Теоретическая часть

Спутниковая связь представляет собой вид беспроводной связи, при котором передача данных осуществляется с помощью искусственных спутников, находящихся на различных орбитах вокруг Земли. Эти спутники служат ретрансляторами, принимая сигнал от наземной станции, усиливая его и передавая дальше — другому спутнику или другой наземной станции. Такая технология позволяет обеспечить связь на большие расстояния, включая отдалённые и труднодоступные районы.

Классификация спутников связи по орбитам:

Геостационарные спутники (GEO) — находятся на высоте около 35 786 км над экватором. Они «висят» над одной точкой поверхности Земли, обеспечивая постоянное покрытие. Используются для телевидения, связи, метеорологии.

Среднеорбитальные спутники (MEO) — располагаются на высотах 2000–20000 км. Применяются, например, в навигационных системах (GPS, ГЛОНАСС).

Низкоорбитальные спутники (LEO) — высота 200–2000 км. Используются для систем широкополосного доступа (Starlink, OneWeb), а также наблюдения Земли.

Основные компоненты спутниковой системы связи:

Космический сегмент. Это непосредственно спутники, оснащённые приёмно-передающим оборудованием и антеннами.

Наземный сегмент. Сюда входят земные станции (хабы, терминалы), антенны, коммутационное оборудование, а также контрольные центры.

Каналы связи. Определяются частотными диапазонами. Наиболее распространённые:

- С-диапазон (4–8 ГГц),
- Ku-диапазон (12–18 ГГц),
- Ka-диапазон (26,5–40 ГГц),
- L-диапазон (1–2 ГГц, используется в навигации).

Особенности спутниковой связи:

Задержки сигнала. На геостационарной орбите задержка может достигать 500–600 мс, что ограничивает применение в голосовой связи и онлайн-играх.

Погодные условия. Осадки и облачность могут влиять на качество сигнала, особенно в высокочастотных диапазонах.

Стоимость. Запуск спутников и эксплуатация сети требуют больших инвестиций, однако при большом охвате они становятся эффективным решением.

Типы услуг спутниковой связи:

- фиксированная спутниковая связь (между стационарными объектами);
- мобильная спутниковая связь (морские суда, авиация, автомобили);
- широкополосный доступ в Интернет;
- вещание (телевидение, радио);
- мониторинг и телеметрия;
- навигационные и позиционирующие системы.

Современные спутниковые системы:

- **Starlink (SpaceX)** — низкоорбитальная система для предоставления интернета по всему миру.
- **OneWeb** — конкурирующая глобальная система.
- **Inmarsat, Iridium** — мобильная связь и навигация.
- **Гонец, Экспресс (Россия)** — телекоммуникационные спутники.
- **Intelsat, Eutelsat** — вещание и корпоративная связь.

Таблица: Сравнение спутников по типу орбиты

Параметр	LEO	MEO	GEO
Высота орбиты	200–2000 км	2000–20000 км	35 786 км
Время оборота	90–120 мин	6–12 ч	24 ч
Задержка сигнала	30–50 мс	100–200 мс	500–600 мс
Покрытие	Локальное	Региональное	Глобальное (одна точка)
Кол-во спутников	Сотни–тысячи	Десятки	3–5
Стоимость доступа	Средняя	Высокая	Низкая для вещания

Практические задания

Задание 1.

Исследуйте параметры геостационарной спутниковой связи. Определите задержку передачи сигнала между двумя точками на Земле через GEO-спутник, учитывая высоту орбиты. Рассчитайте путь сигнала и сравните с аналогичным каналом оптоволоконной связи.

Задание 2.

Проведите моделирование передачи данных через спутниковую сеть с использованием программного обеспечения (например, Cisco Packet Tracer или NetSim). Постройте схему: отправка сигнала с наземной станции А на станцию В через спутник. Проанализируйте потери и задержки.

Задание 3.

Исследуйте структуру и характеристики систем Starlink и OneWeb. Сравните по количеству спутников, высоте орбит, скорости доступа и области покрытия. Подготовьте краткий отчет в виде таблицы или инфографики.

Задание 4.

Рассчитайте зону радиовидимости геостационарного спутника с широтой 0° , долготой 60° в.д. Определите, какие регионы мира он покрывает, и какие нет.

Задание 5.

Проанализируйте влияние атмосферных условий на сигнал в Ku и Ka диапазонах. Постройте график зависимости уровня сигнала от интенсивности осадков при использовании спутниковой антенны диаметром 0,9 м.

Вопросы и задания

1. Что такое спутниковая связь и как она реализуется?
2. В чём разница между LEO, MEO и GEO спутниками?
3. Почему спутниковая связь подвержена задержкам?
4. Какой диапазон частот чаще всего используется для спутникового интернета?
5. В чём преимущества низкоорбитальных спутников перед геостационарными?
6. Назовите основные компании, предоставляющие услуги спутниковой связи.
7. Что представляет собой наземный сегмент спутниковой сети?
8. Какие типы антенн используются для приёма спутникового сигнала?
9. Как влияют погодные условия на качество спутниковой связи?
10. Для каких задач спутниковая связь незаменима?

Вывод

В ходе лабораторной работы были изучены основные принципы функционирования спутниковой связи, классификация спутников, архитектура систем и параметры каналов передачи данных. Были рассмотрены преимущества и ограничения различных типов орбит, а

также современные решения в области глобального спутникового интернета. Практическое задание позволило закрепить понимание параметров спутникового канала и специфики его применения в современных телекоммуникационных системах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9.

ГЕОСТАЦИОНАРНЫЙ СПУТНИК

Цель работы:

Изучение принципов функционирования геостационарных спутников, их положения на орбите, физических параметров, характеристик покрытия и особенностей применения в системах связи. Получение практических навыков анализа параметров геостационарной спутниковой связи и расчёта зон радиовидимости.

Теоретическая часть

Геостационарный спутник (GEO) — это спутник, находящийся на круговой орбите над экватором Земли на высоте приблизительно 35 786 км, который вращается с той же угловой скоростью, что и Земля. Благодаря этому спутник как бы «зависает» над одной и той же точкой экватора, обеспечивая непрерывную связь с определённой частью земной поверхности.

Такой тип орбиты широко используется в телекоммуникациях, метеорологии, телевидении, а также в глобальных навигационных и метеоспутниковых системах. Геостационарные спутники обеспечивают широкое покрытие (до 40% поверхности Земли), но требуют прямой видимости и корректной установки приёмного оборудования.

Основные характеристики геостационарного спутника:

Высота орбиты: 35 786 км

Период обращения: 24 часа

Широта: 0° (над экватором)

Скорость вращения: совпадает с вращением Земли

Площадь покрытия: примерно треть земной поверхности

Частотные диапазоны: С, Ku, Ka, X и др.

Преимущества: стабильность связи, отсутствие необходимости в трекинге антенны

Недостатки: высокая задержка сигнала, ограниченная широта охвата, чувствительность к атмосферным явлениям

Принцип работы GEO-спутника:

Геостационарный спутник принимает сигнал с наземной станции, усиливает его, модулирует и передаёт в направлении целевого приёмника. Благодаря своей неподвижности относительно поверхности, пользовательские антенны могут быть жёстко закреплены и не требуют автоматического слежения за спутником.

Применение GEO-спутников:

- Телевидение и радиовещание
- Мобильная и фиксированная спутниковая связь
- Передача данных (интернет, корпоративные сети)
- Метеорология (например, спутники GOES)
- Военные коммуникации и разведка

Расчёт параметров:

1. Радиус геостационарной орбиты (R):

$$R = R_e + h$$

где $R_e = 6371$ км (радиус Земли), $h = 35\,786$ км $\rightarrow R = 42\,157$ км

2. Длина дуги горизонта (дальность видимости):

Расчётная максимальная широта наблюдения для наземной станции: $\approx 81^\circ$ от экватора

Максимальное расстояние до приёмной станции на поверхности: $\approx 17\,000$ км

Таблица: Сравнение геостационарных и низкоорбитальных спутников

Характеристика	GEO	LEO
Высота орбиты	$\sim 35\,786$ км	200–2000 км
Время оборота	24 часа	90–120 минут
Площадь покрытия	$\sim 1/3$ поверхности Земли	Локальная зона
Задержка сигнала	500–600 мс	30–50 мс
Количество спутников	3 для глобального покрытия	сотни или тысячи
Наземное оборудование	Стационарное	Мобильное с трекингом
Тип услуг	ТВ, фиксированная связь	Интернет, мониторинг, IoT

Практические задания

Задание 1.

Рассчитайте задержку прохождения сигнала от наземной станции до спутника и обратно (двунаправленная задержка) при использовании GEO-спутника. Примите скорость света в вакууме равной $3 \cdot 10^8$ м/с.

Задание 2.

Постройте схему радиовидимости геостационарного спутника, расположенного над долготой 30° восточной долготы. Определите, какие регионы Европы, Африки и Азии попадают в зону охвата.

Задание 3.

Изучите и опишите архитектуру одного из действующих геостационарных спутников (например, "Экспресс-АМ8" или "Intelsat 35e"). Укажите его назначение, зону охвата, частотный диапазон и характеристики антенн.

Задание 4.

Сравните схему подключения интернета через геостационарный спутник и через волоконно-оптическую линию связи. Определите, в каких условиях использование спутника более оправдано.

Задание 5.

Смоделируйте приём сигнала от геостационарного спутника в программе Network Simulator или Packet Tracer. Создайте схему: сервер — спутник — клиент. Настройте параметры задержки и пропускной способности канала.

Вопросы и задания

1. В чём заключается отличие геостационарной орбиты от других орбитальных конфигураций?

2. Как рассчитывается высота геостационарной орбиты?
3. Какие преимущества и ограничения имеет спутник, находящийся на GEO?
4. Объясните, почему антенны приёма сигнала от GEO-спутника можно устанавливать стационарно.
5. Какие диапазоны частот наиболее часто используются в геостационарной связи?
6. Почему геостационарная связь не подходит для приложений с низкой задержкой (например, онлайн-игры)?
7. Что такое "зона радиовидимости" спутника и как она определяется?
8. Сколько спутников необходимо для полного покрытия поверхности Земли при использовании GEO-орбиты?
9. Приведите примеры коммерческих и государственных программ по эксплуатации геостационарных спутников.
10. Какие атмосферные явления могут повлиять на сигнал в диапазоне Ku?

Вывод

В ходе лабораторной работы были рассмотрены принципы функционирования геостационарных спутников, их физические параметры и области применения. Особое внимание было уделено вычислению задержек сигнала, зоне охвата и частотным диапазонам. Практические задания позволили лучше понять архитектуру спутниковых систем и их роль в современном цифровом мире, особенно в контексте глобального вещания, связи и метеорологических наблюдений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10.

ТЕХНОЛОГИЯ PDH (PLESIOCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY)

Цель работы:

Изучение принципов и архитектуры технологии PDH, понимание её роли в цифровых телекоммуникационных сетях, освоение основных методов передачи и мультиплексирования цифровых потоков информации в сетях с неоднородной синхронизацией.

Теоретическая часть

Технология PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy, приблизительно синхронная цифровая иерархия) представляет собой метод цифровой передачи данных, который используется для мультиплексирования и передачи информации в телекоммуникационных сетях на различных уровнях. Термин «plesiochronous» указывает на то, что потоки данных, передаваемые в системе, работают на почти одинаковой, но не идеально синхронизированной частоте.

PDH была разработана для объединения множества низкоскоростных цифровых каналов в более высокоскоростные потоки с целью эффективной транспортировки данных по телекоммуникационным линиям связи. Эта технология долгое время была основой для глобальных сетей передачи данных до появления более современных стандартов, таких как SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

Основные уровни PDH отражают иерархию цифровых потоков, где каждая ступень объединяет несколько потоков предыдущего уровня. В Европе и большинстве стран использовался стандарт E-carrier (European PDH), в США и Японии — T-carrier (американский стандарт).

Основные характеристики PDH:

- Использование множества частотно-близких тактовых генераторов (plesiochronous), из-за чего требуется компенсация рассинхронизации
- Мультиплексирование с помощью сложных процедур вставки избыточных битов для синхронизации
- Стандартные скорости: 2 Mbps (E1), 8 Mbps (E2), 34 Mbps (E3), 140 Mbps (E4)
- Протоколы и методы мультиплексирования для совмещения каналов разных скоростей
- Отсутствие жёсткой синхронизации между разными элементами сети, что усложняет управление и обслуживание

Структура и уровни PDH

PDH использует иерархический принцип объединения: низкоскоростные каналы собираются в потоки более высокой скорости. Основной элемент — поток E1 (2,048 Мбит/с), который состоит из 32 временных интервалов (т.н. временных слотов), каждый из которых передает отдельный голосовой или цифровой канал.

Далее E1 потоки объединяются в E2, затем в E3 и так далее. Каждое следующее объединение добавляет дополнительные управляющие биты для синхронизации и контроля ошибок, что приводит к сложной структуре мультиплексирования.

Отличия между европейской (E-carrier) и американской (T-carrier) системами:

В Европе основным является E1 поток с 2,048 Мбит/с, а в США — T1 с 1,544 Мбит/с. В обоих стандартах реализована иерархия, но с разными скоростями и форматами.

Преимущества PDH:

- Длительное время эксплуатации и большая распространённость
- Поддержка множества одновременных каналов в одном потоке
- Надёжность и устойчивость к ошибкам передачи

Недостатки PDH:

- Сложность управления рассинхронизацией между элементами
- Неудобство для обслуживания и диагностики из-за отсутствия единой системы синхронизации
- Ограничения по масштабируемости и скорости передачи, по сравнению с более современными SDH/SONET

Практические задания

Задание 1.

Рассчитайте количество голосовых каналов, которые можно передать по одному E3-потoku (34,368 Мбит/с), если каждый голосовой канал занимает 64 кбит/с.

Задание 2.

Составьте схему иерархии PDH для передачи 140 Мбит/с, укажите количество объединяемых потоков каждого уровня (E1, E2, E3, E4) и выделите временные интервалы для голосовых каналов.

Задание 3.

Исследуйте влияние рассинхронизации частот тактовых генераторов на передачу данных в PDH. Опишите метод вставки избыточных битов для компенсации рассинхронизации (stuffing bits).

Задание 4.

Сравните PDH и SDH по следующим параметрам: синхронизация, скорость, масштабируемость, управление сетью, сложность обслуживания.

Задание 5.

Смоделируйте мультиплексирование четырех потоков E1 в поток E2 с помощью специального программного обеспечения или пакета MATLAB. Отследите процесс вставки дополнительных битов и выявите точки возникновения рассинхронизации.

Вопросы и задания

1. Что означает термин «plesiochronous» и как он проявляется в технологии PDH?
2. Какие основные уровни и скорости передачи данных существуют в PDH?
3. Почему возникает необходимость вставки избыточных битов при мультиплексировании в PDH?
4. Как PDH справляется с рассинхронизацией разных элементов сети?
5. Какие основные отличия PDH от SDH?
6. Какие проблемы возникают при обслуживании и масштабировании сетей PDH?
7. В каких условиях использование PDH сегодня остаётся актуальным?
8. Опишите структуру одного E1 потока и распределение временных интервалов.
9. Как различаются стандарты PDH в Европе и США?
10. Каким образом можно повысить качество передачи в сетях, использующих PDH?

Вывод

В данной лабораторной работе было подробно рассмотрено устройство и принципы работы технологии PDH — ключевой технологии цифровой иерархии передачи данных, которая была доминирующей в телекоммуникациях в течение нескольких десятилетий. Особое внимание уделялось пониманию методов мультиплексирования, компенсации рассинхронизации и структуре иерархии потоков. Полученные знания позволят понять ограничения данной технологии и причины перехода современных сетей на более продвинутые стандарты, такие как SDH и Optical Transport Network (OTN). Практические задания способствовали закреплению теоретических концепций и освоению навыков моделирования мультиплексирования цифровых потоков.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11.

СИНХРОННАЯ ЦИФРОВАЯ ИЕРАРХИЯ (SDH)

Цель работы:

Изучение архитектуры, принципов работы и основных характеристик технологии SDH (Synchronous Digital Hierarchy), освоение методов организации и управления цифровыми потоками в современных телекоммуникационных сетях на основе синхронной передачи.

Теоретическая часть

Синхронная цифровая иерархия (SDH) — это международный стандарт цифровой передачи данных, разработанный для решения проблем, возникавших при использовании технологии PDH. Основное отличие SDH от PDH заключается в жёсткой синхронизации всех элементов

сети, что обеспечивает более простое, гибкое и масштабируемое управление потоками данных.

SDH разработана для обеспечения высокой скорости передачи, лёгкости мультиплексирования, расширяемости и совместимости с различными типами данных. Она широко применяется в магистральных и региональных телекоммуникационных сетях, а также для объединения различных цифровых сервисов.

Основные принципы SDH

1. **Жёсткая синхронизация** — в отличие от PDH, все узлы сети работают на одном опорном тактовом сигнале, что исключает проблемы рассинхронизации и необходимость вставки дополнительных битов для компенсации. Это значительно упрощает обработку и маршрутизацию данных.
2. **Стандартные скорости передачи** — SDH использует базовый поток STM-1 с пропускной способностью 155,52 Мбит/с. Далее существует иерархия, кратная STM-1: STM-4 (622 Мбит/с), STM-16 (2,5 Гбит/с), STM-64 (10 Гбит/с) и выше.
3. **Унификация форматов** — стандартизированные кадры позволяют передавать различные типы данных, включая PDH-потоки, голос, видео и данные с высокой эффективностью.
4. **Гибкая структура кадра** — кадр SDH состоит из множества строк и столбцов байт, включая служебную информацию для управления сетью, контроля ошибок и восстановления данных.
5. **Протоколы управления и мониторинга** — встроенные механизмы управления сетью позволяют отслеживать состояние каналов, обнаруживать и исправлять ошибки, обеспечивая высокую надёжность.

Архитектура SDH

Ключевой элемент SDH — STM-N кадр (Synchronous Transport Module), в котором N обозначает кратность базового потока STM-1. Кадр STM-1 имеет фиксированную структуру: 9 строк по 270 байт, передаваемых каждые 125 микросекунд.

В структуре кадра выделяются области для пользовательских данных (payload) и для служебной информации (overhead), которая содержит данные управления, адресации и мониторинга.

Основные компоненты SDH:

- **Мультиплексоры** — устройства, объединяющие низкоскоростные потоки в высокоскоростные с жёсткой синхронизацией.
- **Регенераторы** — восстанавливают сигнал на больших расстояниях для сохранения качества передачи.
- **Кросс-коммутаторы** — обеспечивают маршрутизацию и переключение потоков внутри сети.

Преимущества SDH по сравнению с PDH

- Полная синхронизация всех узлов сети
- Упрощённое мультиплексирование и демultipлексирование
- Повышенная масштабируемость и гибкость
- Более высокий уровень мониторинга и диагностики

- Улучшенная устойчивость к ошибкам и возможность автоматического восстановления связи

Практические задания

Задание 1.

Определите время передачи одного кадра STM-1, исходя из известных параметров передачи (размер кадра и скорость передачи).

Задание 2.

Разберите структуру STM-1 кадра: укажите количество байт в payload и overhead, а также назначение основных полей overhead.

Задание 3.

Сравните иерархию SDH с PDH: составьте таблицу, где приведены скорости передачи, форматы потоков и основные отличия технологий.

Задание 4.

Опишите принципы обработки ошибок в SDH и механизм автоматического восстановления связи (Protection Switching).

Задание 5.

Смоделируйте мультиплексирование потоков в STM-1 с помощью программного обеспечения или специализированных пакетов (например, MATLAB или LabVIEW), проанализируйте распределение данных и служебной информации.

Вопросы и задания

1. Что означает термин «синхронная» в названии технологии SDH?
2. Какие основные скорости передачи используются в SDH?
3. Какова структура кадра STM-1 и его основные компоненты?
4. В чем преимущества синхронизации в SDH по сравнению с PDH?
5. Какие функции выполняет служебная информация (overhead) в SDH?
6. Как осуществляется контроль и восстановление ошибок в SDH?
7. Какие устройства входят в состав SDH-сети и какова их роль?
8. Чем SDH отличается от SDH-совместимых технологий, таких как SONET?
9. Как технология SDH поддерживает передачу различных типов данных (голос, видео, данные)?
10. Какие современные тенденции развития технологий передачи данных на основе SDH существуют?

Вывод

В ходе лабораторной работы было изучено устройство и принципы работы технологии синхронной цифровой иерархии (SDH), ключевого стандарта современных телекоммуникационных сетей. Были рассмотрены структура и состав STM-N кадров, методы синхронизации и управления потоками данных, а также преимущества технологии по сравнению с предыдущими системами PDH. Практические задания способствовали закреплению знаний о мультиплексировании и управлении цифровыми потоками в условиях жёсткой синхронизации, что является основой надежной и эффективной передачи информации в современных сетях связи. Полученные знания и навыки важны для понимания функционирования современных цифровых сетей и разработки новых решений в области телекоммуникаций.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12.

ТЕХНОЛОГИЯ АТМ (ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE)

Цель работы:

Изучить основы технологии АТМ, понять её архитектуру, принципы передачи данных, особенности организации каналов и ячеек, а также область применения в современных сетях связи.

Теоретическая часть

АТМ (Asynchronous Transfer Mode) — это технология коммутации и передачи данных, основанная на передаче информации в виде коротких фиксированных ячеек (ячейка — это минимальный блок данных). Она была разработана для интеграции различных типов трафика (голос, видео, данные) в единую сеть с высокой производительностью и гарантированным качеством обслуживания (QoS).

Основная идея АТМ — использование коротких ячеек фиксированного размера (53 байта: 5 байт заголовка и 48 байт полезной нагрузки), которые передаются асинхронно без выделения фиксированного канала. Такой подход обеспечивает низкую задержку, высокую скорость передачи и позволяет эффективно передавать мультимедийные данные.

Архитектура АТМ

АТМ-сеть состоит из следующих ключевых компонентов:

1. **Конечные узлы (End Systems)** — устройства, генерирующие и принимающие данные.
2. **АТМ-коммутаторы** — устройства, которые обеспечивают коммутацию ячеек, управляют их маршрутизацией и распределением ресурсов.
3. **Сети доступа и магистральные сети** — обеспечивают передачу ячеек между конечными точками.

АТМ поддерживает передачу данных по виртуальным каналам (VC, Virtual Channel) и виртуальным путям (VP, Virtual Path). Виртуальный путь — это логическое объединение нескольких виртуальных каналов, что облегчает управление трафиком и увеличивает гибкость сетевого взаимодействия.

Основные характеристики технологии АТМ

- **Фиксированный размер ячейки** — 53 байта, что упрощает обработку данных в аппаратуре и снижает задержки.
- **Асинхронная передача** — ячейки передаются без выделения фиксированного временного интервала, что позволяет гибко распределять пропускную способность.
- **Качество обслуживания (QoS)** — АТМ обеспечивает различные классы обслуживания, поддерживает приоритеты трафика и гарантирует минимальные задержки для критически важных приложений.
- **Интеграция мультимедийного трафика** — голос, видео и данные передаются в одной сети, что упрощает инфраструктуру и снижает затраты.
- **Скалируемость и гибкость** — сеть легко масштабируется и адаптируется под различные требования.

Типы виртуальных каналов и служб в АТМ

АТМ поддерживает несколько типов виртуальных каналов, различающихся по параметрам передачи и гарантируемому качеству обслуживания:

- CBR (Constant Bit Rate) — для приложений с постоянной скоростью передачи, например, голосовые вызовы.
- VBR (Variable Bit Rate) — для трафика с переменной скоростью, например, видео.
- ABR (Available Bit Rate) — для приложений с адаптивным трафиком.
- UBR (Unspecified Bit Rate) — для приложений с нерегулируемым трафиком, например, передача данных.

Практические задания

Задание 1.

Рассчитайте пропускную способность канала АТМ при передаче ячеек с учётом размера полезной нагрузки и заголовка.

Задание 2.

Разберите структуру АТМ-ячейки: опишите назначение каждого поля заголовка.

Задание 3.

Сравните основные классы качества обслуживания в АТМ, приведите примеры приложений для каждого класса.

Задание 4.

Опишите процесс установления виртуального канала в сети АТМ и принципы маршрутизации ячеек.

Задание 5.

Смоделируйте передачу нескольких потоков данных с разным классом обслуживания через виртуальные каналы АТМ и проанализируйте результаты с точки зрения задержек и потерь данных.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой технология АТМ и какие задачи она решает?
2. Почему в АТМ используется фиксированный размер ячейки?
3. Какие компоненты входят в архитектуру сети АТМ?
4. Чем отличаются виртуальные каналы и виртуальные пути?
5. Какие классы качества обслуживания предусмотрены в АТМ и как они влияют на передачу данных?
6. Как обеспечивается управление трафиком и предотвращение потерь в АТМ?
7. В чем преимущества АТМ по сравнению с традиционными технологиями передачи данных?
8. Какова роль АТМ-коммутаторов в сети?
9. Какие виды приложений наиболее эффективно используют АТМ?
10. Какие современные технологии пришли на смену или дополняют АТМ?

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены ключевые принципы работы технологии АТМ, её архитектура и особенности организации передачи данных с использованием фиксированных ячеек. Поняты механизмы создания виртуальных каналов и обеспечения различных классов качества обслуживания. Полученные знания позволяют

лучше понять, каким образом современные сети обеспечивают высокую производительность, гибкость и надёжность передачи мультимедийных данных, что особенно актуально в условиях растущих требований к телекоммуникационным системам. Практические задания способствовали закреплению теоретических основ и развитию навыков анализа характеристик каналов связи и управления трафиком в сетях на базе АТМ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Цель работы:

Познакомиться с фундаментальными понятиями теории телетрафика, изучить модели потоков вызовов и обслуживания, основные параметры телетрафика и их влияние на качество связи, а также методы анализа и оптимизации телекоммуникационных систем.

Теоретическая часть

Теория телетрафика — это раздел теории вероятностей и математической статистики, изучающий процессы передачи информации в телекоммуникационных сетях и системах связи. Она направлена на моделирование, анализ и оптимизацию потоков вызовов и данных с целью обеспечения требуемого качества обслуживания (QoS).

В основе теории телетрафика лежит понятие **потока вызовов (трафика)** — случайного процесса, описывающего появление запросов на установление связи или передачу данных в сети. Ключевой задачей является прогнозирование нагрузки, оценка вероятности потерь вызовов, задержек и других характеристик сети.

Основные параметры телетрафика:

- **Интенсивность трафика (A)** — среднее количество вызовов в единицу времени, измеряется в Эрлангах (Эрл). Один Эрланг соответствует непрерывной занятости канала в течение всего времени наблюдения.
- **Время обслуживания** — время, в течение которого канал занят вызовом. Обычно моделируется с помощью экспоненциального распределения.
- **Среднее время между вызовами** — характеризует периодичность поступления вызовов.
- **Вероятность блокировки** — вероятность отказа в обслуживании вызова из-за занятости всех каналов.

Модели потоков и систем обслуживания

Наиболее распространённая модель — это **поток Пуассона**, описывающий независимые и случайные события с постоянной средней интенсивностью. Эта модель хорошо подходит для описания звонков и сессий в телекоммуникациях.

Для анализа обслуживания используется модель системы с **n** каналами и ограниченной очередью или без неё, обозначаемая как M/M/n или M/M/n/0 (Erlang B, Erlang C). Эти модели помогают вычислить вероятность блокировки и время ожидания.

Erlang B и Erlang C формулы широко применяются для расчёта необходимого числа каналов при заданном уровне качества обслуживания.

Ключевые понятия:

- **Телетрафик (трафик нагрузки)** — измеряется в Эрлангах, характеризует степень загрузки сети.
- **Занятость канала** — вероятность того, что канал занят в данный момент.
- **Производительность канала** — скорость передачи данных или количество обслуживаемых вызовов.
- **Качество обслуживания (QoS)** — совокупность характеристик, определяющих степень удовлетворения требований пользователя.

Практические задания

Задание 1.

Рассчитать интенсивность телетрафика A для заданных параметров вызовов: количество вызовов в час и средняя продолжительность вызова.

Задание 2.

Используя формулу Erlang B, определить минимальное количество каналов для обеспечения вероятности блокировки не более 1%.

Задание 3.

Провести сравнение вероятности блокировки при разных интенсивностях трафика и числах каналов, построить графики зависимости.

Задание 4.

Определить среднее время ожидания вызова в очереди, используя формулу Erlang C, для заданного количества каналов и интенсивности трафика.

Задание 5.

Проанализировать влияние увеличения количества каналов на качество обслуживания и нагрузку на сеть.

Вопросы и задания

1. Что такое теория телетрафика и какую роль она играет в системах связи?
2. Какие основные параметры характеризуют телетрафик?
3. Объясните понятие Эрланга и его практическое значение.
4. Что такое поток Пуассона и почему он часто используется в моделировании трафика?
5. Какова разница между формулами Erlang B и Erlang C? В каких ситуациях применяются?
6. Что такое вероятность блокировки и как она влияет на качество обслуживания?
7. Как изменение количества каналов влияет на параметры системы обслуживания?
8. Какие методы позволяют оптимизировать использование ресурсов в телекоммуникационных сетях?
9. Как можно измерить качество обслуживания с точки зрения телетрафика?
10. Какие практические задачи решает теория телетрафика в современных сетях связи?

Вывод

В ходе лабораторной работы были рассмотрены базовые понятия теории телетрафика, ее основные модели и параметры. Изучены методы расчёта интенсивности трафика, вероятность блокировки и время ожидания в системе с несколькими каналами. Практические задания позволили применить теоретические знания для оценки характеристик сетевой нагрузки и качества обслуживания. Понимание этих основ является необходимым для эффективного проектирования и оптимизации современных телекоммуникационных систем,

способных обеспечивать надёжную и качественную передачу данных при различных условиях нагрузки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14.

ТЕЛЕГРАФ: ИСТОРИЯ, ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ

Цель работы:

Изучить устройство и принципы функционирования телеграфа, его историческое развитие и значение в коммуникационных системах, а также рассмотреть современные технологии и их связь с телеграфией.

Теоретическая часть

Телеграф — одна из первых систем электрической связи, появившаяся в первой половине XIX века. Он позволял передавать сообщения на большие расстояния с помощью электрических сигналов, преобразованных из текста.

Основой работы телеграфа является преобразование букв и символов в условные сигналы, которые передаются по проводам и декодируются на приёмной стороне. Наиболее известным кодом для телеграфии является **код Морзе**, представляющий каждую букву и цифру комбинацией коротких и длинных сигналов — точек и тире.

Телеграф стал важнейшим этапом в развитии систем связи, позволив значительно ускорить передачу информации и обеспечить оперативное управление на больших расстояниях. Его принцип работы лег в основу современных цифровых и сетевых технологий.

Основные компоненты классического телеграфа включают:

- **Передачик** — устройство, преобразующее текстовое сообщение в серию электрических импульсов.
- **Линия связи** — провод, по которому передаются сигналы.
- **Приёмник** — устройство, преобразующее сигналы обратно в текст.

Принцип работы телеграфа основан на мануальном или автоматическом формировании кодовых последовательностей, передаваемых как прерывания электрического тока. Приёмник фиксирует эти импульсы и отображает сообщение в исходном виде.

Со временем телеграфы развились от простых мануальных устройств до автоматических систем с использованием перфокарт, электромагнитных реле и более сложных кодировок.

Современные аспекты

Хотя традиционный телеграф практически не используется в повседневной связи, его наследие продолжает жить в современных цифровых протоколах и сетевых технологиях. Понимание принципов телеграфа важно для изучения истории развития информационных технологий и основ цифровой передачи данных.

В настоящее время термин «телеграф» может также относиться к специализированным системам передачи коротких сообщений в аварийных службах и некоторых военных коммуникациях.

Практические задания

Задание 1.

Изучить и воспроизвести код Морзе для английского алфавита и цифр. Практическим способом закодировать короткое сообщение и расшифровать его вручную.

Задание 2.

Исследовать работу простого телеграфного ключа (при наличии оборудования) или симулятора телеграфа в программном обеспечении.

Задание 3.

Сравнить скорость передачи информации телеграфом с современными цифровыми средствами связи.

Задание 4.

Подготовить краткий обзор развития телеграфных технологий и их влияния на современные коммуникации.

Вопросы и задания

1. Какова историческая значимость телеграфа в развитии средств связи?
2. Объясните принцип кодирования и декодирования сообщений в телеграфе.
3. Что такое код Морзе, и как он устроен?
4. Какие основные компоненты входят в состав классической телеграфной системы?
5. Чем отличается мануальный телеграф от автоматического?
6. Почему телеграф утратил практическую актуальность в современных коммуникациях?
7. Какие современные технологии унаследовали принципы работы телеграфа?
8. Как скорость передачи данных телеграфом соотносится с современными стандартами связи?
9. Какие преимущества и ограничения имел телеграф?
10. Как понимание телеграфии помогает в изучении цифровых систем передачи информации?

Вывод

В данной лабораторной работе рассмотрены фундаментальные принципы работы телеграфа, его история и значение для развития коммуникационных технологий. Практические задания способствовали освоению кодировки и декодировки сообщений с использованием кода Морзе. Телеграф является важной вехой в истории информационных технологий, заложившей основы для последующего развития систем цифровой связи. Понимание его устройства и работы помогает глубже осмыслить современные методы передачи данных и задачи, решаемые теорией информации и телекоммуникациями.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15.**ФАКСИМИЛЬНАЯ СВЯЗЬ: ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ, РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ****Цель работы:**

Изучить технологию факсимильной связи, понять ее принципы передачи изображений и текстов по телефонным и цифровым каналам, рассмотреть эволюцию и современные возможности факсимильных систем.

Теоретическая часть

Факсимильная связь (или факс) — это технология передачи копий документов и изображений по телефонным линиям или другим каналам связи. Впервые идея передачи графической информации возникла в середине XIX века, а к концу XX века факсимильные аппараты получили широкое распространение в деловой и административной практике.

Принцип работы факсимильной связи основан на оцифровке исходного документа посредством сканирования и преобразовании его в последовательность электрических сигналов. Эти сигналы передаются по каналу связи, а на приёмной стороне восстанавливаются в исходное изображение на бумаге.

Основные этапы передачи факсимильного сообщения:

- **Сканирование** — преобразование изображения в цифровой или аналоговый сигнал с помощью фотодатчиков или сенсоров.
- **Кодирование** — преобразование сигнала в формат, пригодный для передачи по конкретному каналу (например, сжатие, модуляция).
- **Передача** — отправка сигнала по телефонной линии или сети.
- **Декодирование и печать** — восстановление изображения и его вывод на бумагу на приёмной стороне.

Традиционно факсимильные аппараты использовали аналоговые телефонные линии, что накладывало ограничения на скорость и качество передачи. С развитием цифровых технологий появилась возможность передачи факсимильных сообщений через сети ISDN, Интернет и другие цифровые каналы, что существенно повысило качество и скорость обмена.

Важной характеристикой факсимильной связи является разрешение сканирования (количество точек на дюйм, dpi), от которого зависит качество копии. Современные аппараты обеспечивают высокое разрешение и цветную передачу изображений.

Современное состояние и перспективы

С развитием электронной почты, сканеров и цифровых форматов передачи документов роль классических факсимильных систем несколько снизилась. Тем не менее, факсимильная связь сохраняет актуальность в некоторых отраслях — например, в медицине, юриспруденции и официальном документообороте, где требуется передача подписанных или заверенных копий документов с минимальной задержкой.

Также современные многофункциональные устройства объединяют функции факса, принтера, сканера и копира, что расширяет возможности пользователей.

Практические задания

Задание 1.

Изучить устройство классического факсимильного аппарата и описать принцип работы каждого его компонента.

Задание 2.

Проанализировать процесс преобразования бумажного документа в электрический сигнал и его обратного восстановления.

Задание 3.

Исследовать особенности передачи факсимильных сообщений по аналоговым и цифровым каналам связи.

Задание 4.

Сравнить скорость и качество передачи факсимильных сообщений с другими методами передачи графической информации, например, электронной почтой и сетевыми сканерами.

Задание 5.

Подготовить обзор современных многофункциональных устройств, поддерживающих функцию факсимильной связи.

Вопросы и задания

1. Что такое факсимильная связь и в каких областях она применяется?
2. Какие основные этапы включает процесс передачи факсимильного сообщения?
3. Чем отличается аналоговая факсимильная связь от цифровой?
4. Как разрешение сканирования влияет на качество передаваемого изображения?
5. Какие ограничения накладывают телефонные линии на качество и скорость факсимильной связи?
6. В чем заключаются преимущества цифровых технологий в факсимильной связи?
7. Какие современные устройства объединяют функцию факса и другие офисные технологии?
8. Почему факсимильная связь сохраняет актуальность несмотря на развитие электронной почты?
9. Какие методы сжатия и кодирования используются при передаче факсов?
10. Каковы перспективы развития факсимильной связи в условиях цифровизации и Интернета?

Вывод

В данной лабораторной работе рассмотрены базовые принципы работы факсимильной связи, особенности передачи графической информации и основные этапы процесса. Практические задания помогли углубиться в технические детали функционирования факсимильных аппаратов, их эволюцию и современные применения. Несмотря на появление новых цифровых средств передачи документов, технология факсимильной связи сохраняет своё значение в ряде специализированных сфер, продолжая обеспечивать надежную и быструю передачу бумажных копий документов по коммуникационным каналам различного типа. Понимание принципов работы факсимильной связи полезно для всестороннего изучения систем передачи информации и коммуникаций.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16.

СТАНДАРТЫ ФАКСИМИЛЬНОЙ СВЯЗИ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ФУНКЦИИ И ЗНАЧЕНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Цель работы:

Изучить основные международные и национальные стандарты факсимильной связи, понять их роль в обеспечении совместимости оборудования и качества передачи данных, рассмотреть применение стандартов в современных системах связи.

Теоретическая часть

Стандарты факсимильной связи представляют собой набор технических требований и

протоколов, регламентирующих формат, скорость, методы кодирования и передачи факсимильных сообщений. Они обеспечивают совместимость оборудования разных производителей и позволяют пользователям гарантировать качество и надежность передачи документов.

Основные международные стандарты факсимильной связи разработаны Международным союзом электросвязи (ITU) в серии рекомендаций T.30 и T.4/T.6. Эти стандарты охватывают различные аспекты факсимильного обмена, включая:

- **Рекомендация ITU-T T.4 и T.6** — определяют методы компрессии и формат изображения для передачи факсов, в частности монохромное сжатие с использованием алгоритмов MH (Modified Huffman), MR (Modified Read) и MMR (Modified Modified Read). Эти методы обеспечивают эффективное сжатие монохромных изображений, что снижает время передачи и объем передаваемых данных.
- **Рекомендация ITU-T T.30** — регламентирует процедуры установления связи, согласования параметров передачи, управления ошибками и завершения сеанса факсимильной связи. Данный стандарт описывает протоколы обмена сигналами между факсимильными аппаратами, что позволяет им эффективно согласовывать скорость передачи, режимы сжатия и другие параметры.
- **Рекомендация ITU-T T.37** — описывает передачу факсимильных сообщений через электронную почту (store-and-forward факс). Это позволяет интегрировать традиционные факсы с сетями IP и электронной почтой, расширяя возможности коммуникаций.
- **Рекомендация ITU-T T.38** — предназначена для передачи факсов в режиме реального времени через IP-сети (Fax over IP, FoIP). Этот стандарт обеспечивает передачу факсимильных сигналов с минимальной задержкой и высокой надежностью в цифровых сетях.

Эти стандарты обеспечивают совместимость факсимильных устройств различных производителей и гарантируют качество передачи, минимизацию ошибок и задержек.

Важным аспектом является согласование параметров передачи между устройствами при установлении соединения, что позволяет автоматически выбирать оптимальные режимы работы, учитывая характеристики канала связи. Например, выбор скорости передачи (2400, 4800, 9600 бод и выше), метод сжатия и контроль ошибок.

Также стоит отметить стандарты, связанные с цветной факсимильной связью, которые расширяют возможности передачи многоцветных документов с высокой точностью цветопередачи, что особенно важно для бизнеса и медицины.

Практические задания

Задание 1.

Изучить рекомендации ITU-T T.4 и T.6, описать методы компрессии MH, MR и MMR, объяснить, как они работают и в чем их преимущества.

Задание 2.

Исследовать стандарт ITU-T T.30, описать основные этапы установления факсимильного соединения и процедуры согласования параметров.

Задание 3.

Ознакомиться с протоколами передачи факсов через IP-сети (Т.37 и Т.38), проанализировать преимущества и ограничения данных методов.

Задание 4.

Сравнить скорость и качество передачи факсимильных сообщений при использовании разных стандартов и методов сжатия.

Задание 5.

Подготовить краткий обзор основных производителей факсимильного оборудования, их соответствие международным стандартам и особенности реализации стандартов в их продуктах.

Вопросы и задания

1. Какие международные стандарты регулируют факсимильную связь?
2. Что такое алгоритмы сжатия МН, MR и MMR, и как они влияют на передачу факсов?
3. Какой протокол описывает процедуру установления соединения и управление факсимильной передачей?
4. В чем особенности стандартов Т.37 и Т.38?
5. Какие параметры передачи согласовываются между факсимильными устройствами при установлении связи?
6. Какие преимущества дает стандартизация в области факсимильной связи?
7. Как стандарты обеспечивают совместимость оборудования разных производителей?
8. Какие особенности имеют современные цветные факсимильные аппараты с точки зрения стандартов?
9. Как стандарты помогают обеспечивать контроль ошибок и надежность передачи?
10. Какие перспективы развития факсимильной связи связаны с IP-технологиями и цифровыми сетями?

Вывод

В ходе лабораторной работы был проведён глубокий анализ основных стандартов факсимильной связи, их структуры и функций. Изучение международных рекомендаций ITU-T Т.4, Т.6, Т.30, Т.37 и Т.38 позволило понять, как стандарты обеспечивают совместимость оборудования, качество и надёжность передачи факсов. Современные стандарты активно интегрируют факсимильную связь с цифровыми и IP-сетями, расширяя её функциональность и возможности. Понимание стандартов критично важно для инженеров и специалистов, работающих с системами передачи информации и телекоммуникациями, так как гарантирует правильное внедрение и эксплуатацию факсимильных систем в современных коммуникационных инфраструктурах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17.

ФАКС-СЕРВЕР: НАЗНАЧЕНИЕ, АРХИТЕКТУРА И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Цель работы:

Изучить устройство и функции факс-сервера, его роль в современных информационных системах, понять принципы работы, преимущества и области применения.

Теоретическая часть

Факс-сервер — это специализированное программно-аппаратное решение, позволяющее

централизованно управлять приёмом, передачей и хранением факсимильных сообщений в корпоративных сетях и организациях. В отличие от традиционных факсимильных аппаратов, которые работают автономно и привязаны к физической линии связи, факс-сервер интегрируется с компьютерными сетями и электронной почтой, обеспечивая более гибкую и эффективную обработку факсов.

Основное назначение факс-сервера — обеспечить централизованный приём и отправку факсимильных сообщений, их автоматическую маршрутизацию, хранение и архивирование, а также интеграцию с другими информационными системами организации (например, системами документооборота, CRM и ERP).

Архитектура факс-сервера обычно включает несколько ключевых компонентов:

1. **Аппаратная часть** — факсовые модемы или специализированные платы для подключения к телефонной сети, а также серверное оборудование для обработки и хранения данных.
2. **Программное обеспечение** — драйверы, службы и интерфейсы, обеспечивающие управление факсовыми сессиями, преобразование данных, интеграцию с почтовыми серверами и пользовательскими приложениями.
3. **Сетевой интерфейс** — позволяет пользователям отправлять и получать факсы через локальную сеть или интернет, используя привычные средства — электронную почту, веб-интерфейсы или специальные клиенты.

Принцип работы факс-сервера строится на автоматизации обработки входящих и исходящих факсов. Входящие сообщения принимаются модемом, преобразуются в цифровой формат (чаще всего TIFF или PDF), сохраняются на сервере и автоматически перенаправляются получателям по электронной почте или через другие каналы. Исходящие факсы формируются пользователями в электронном виде и отправляются через сервер на факсовую линию.

Преимущества использования факс-сервера в организации включают повышение эффективности документооборота, сокращение затрат на бумагу и обслуживание традиционных факсовых аппаратов, улучшение контроля и безопасности передачи документов, а также удобство архивирования и поиска сообщений.

Современные факс-серверы поддерживают интеграцию с корпоративными системами безопасности, шифрование данных, ведение журналов и отчётов, а также позволяют масштабировать систему в зависимости от объёма факсимильного трафика.

Факс-серверы также играют важную роль в цифровой трансформации организаций, сочетая традиционные факсимильные технологии с современными IT-решениями и способствуя переходу к безбумажному документообороту.

Практические задания

Задание 1.

Изучить архитектуру типового факс-сервера, описать основные компоненты и их функции.

Задание 2.

Проанализировать алгоритм обработки входящего факсимильного сообщения на сервере: от приёма сигнала до доставки получателю.

Задание 3.

Исследовать способы интеграции факс-сервера с электронной почтой и корпоративными информационными системами.

Задание 4.

Оценить преимущества факс-серверов по сравнению с традиционными факсовыми аппаратами в корпоративной среде.

Задание 5.

Подготовить обзор популярных решений факс-серверов на рынке, их технических характеристик и функциональных возможностей.

Вопросы и задания

1. Что такое факс-сервер и какова его основная задача?
2. Какие компоненты входят в архитектуру факс-сервера?
3. Как происходит приём и обработка факсимильных сообщений на сервере?
4. Каким образом факс-сервер интегрируется с электронной почтой?
5. Какие преимущества даёт использование факс-сервера в сравнении с традиционными факсами?
6. Какие форматы файлов обычно используются для хранения факсимильных сообщений на сервере?
7. Какие методы обеспечения безопасности применяются в современных факс-серверах?
8. Как факс-сервер способствует цифровой трансформации документооборота в организации?
9. Какие задачи решаются при помощи факс-сервера в корпоративных информационных системах?
10. Какие тенденции развития наблюдаются в области факс-серверов?

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «Сети и системы передачи информации»
для студентов
Специальности 10.05.03 Информационная безопасность
автоматизированных систем
Специализация «Анализ безопасности информационных систем»

Ставрополь
2025

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Сети и системы передачи информации» является фундаментальной в подготовке специалистов в области телекоммуникаций, информационных технологий и автоматизированных систем управления. В современных условиях стремительного развития цифровых технологий и увеличения объемов передаваемой информации глубокое понимание принципов передачи, обработки и защиты данных приобретает особую значимость. Практические и лабораторные работы по данной дисциплине направлены на формирование у студентов прочных теоретических знаний и практических навыков, необходимых для проектирования, анализа и эксплуатации современных сетей связи и систем передачи информации.

В ходе выполнения работ студенты познакомятся с разнообразными физическими средами передачи данных, изучат принципы формирования и модуляции сигналов, освоят методы цифровой и аналоговой передачи, а также особенности различных технологий и стандартов связи — от традиционных проводных каналов до спутниковых и радиорелейных систем. Особое внимание уделяется практическому овладению инструментами измерения параметров сигналов, исследованию характеристик различных типов каналов связи и анализу влияния физических факторов на качество передачи.

Кроме того, лабораторные и практические занятия позволят студентам освоить методы обработки и кодирования информации, познакомиться с устройством и функционированием модемов и других средств передачи, а также с современными технологиями передачи данных, такими как SDH, ATM и другие. Акцент делается на развитии умений в области системной диагностики и оптимизации каналов связи, что является необходимым для успешной профессиональной деятельности в области телекоммуникаций и информационных систем.

Таким образом, выполнение практических и лабораторных работ способствует формированию комплексного представления о современных сетях и системах передачи информации, развивает аналитическое мышление и техническую компетентность, а также подготавливает студентов к решению реальных инженерных задач, связанных с проектированием, эксплуатацией и совершенствованием телекоммуникационных систем.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1.

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ: ЧАСТОТА, АМПЛИТУДА, ФОРМА ВОЛНЫ

Цель работы

Ознакомиться с основными параметрами звуковых сигналов — частотой, амплитудой и формой волны, изучить методы их измерения и анализа, а также понять влияние этих параметров на восприятие и передачу звуковой информации.

Теоретическая часть

Звуковой сигнал представляет собой механические колебания, распространяющиеся в упругой среде (воздух, вода, твердые тела). Для целей обработки и передачи звука в информационных системах важно детально изучить его характеристики. Основные параметры звукового сигнала — это частота, амплитуда и форма волны.

Частота определяет число колебаний в секунду и измеряется в герцах (Гц). Она напрямую связана с высотой звука: низкие частоты воспринимаются как басы, высокие — как высокие тона. Человеческий слух воспринимает диапазон примерно от 20 Гц до 20 000 Гц, с максимальной чувствительностью в области 2–5 кГц.

Амплитуда отражает максимальное отклонение колебаний и связана с громкостью звука. Измеряется в паскалях (давление звуковой волны) или в цифровых значениях при дискретизации сигнала. Амплитуда влияет на возможность различения сигнала на фоне шумов и помех.

Форма волны описывает вид колебания во времени. Самая простая форма — синусоида, которая представляет чистый тон. Реальные звуки обычно имеют более сложную форму волны, включающую несколько гармоник, что формирует уникальный тембр звука.

Анализ формы волны и спектра звука проводится с помощью осциллографов и спектроанализаторов, либо с помощью программного обеспечения. Важно понимать, как изменение параметров сигнала влияет на передачу звуковой информации, качество воспроизведения и восприятия.

Практическая часть

1. Сформировать синусоидальный сигнал частотой 440 Гц, аналогичный ноте Ля, с амплитудой, обеспечивающей комфортный уровень звука.
2. Используя аудиоанализатор (например, Audacity или MATLAB), визуализировать временную форму сигнала, определить частоту и амплитуду.
3. Повторить измерения для сигналов с частотами 220 Гц и 880 Гц, проанализировать изменения в форме и восприятии звука.
4. Сгенерировать сигналы с различной формой волны: прямоугольной, треугольной, пилообразной, оценить их временные характеристики.
5. Выполнить спектральный анализ всех сигналов, выявить гармоники и определить их амплитудные значения.
6. Изменить амплитуду синусоидального сигнала и пронаблюдать, как меняется визуальное представление формы волны и уровень сигнала.
7. Составить таблицу измеренных параметров сигналов (частота, амплитуда, характеристики формы волны).

Тип сигнала	Частота (Гц)	Амплитуда	Особенности формы волны	Основные гармоники (Гц)
Синусоидальный	440	1.0	Чистый тон	440
Прямоугольный	440	1.0	Острые переходы	440, 1320, 2200 и др.
Треугольный	440	1.0	Гладкий, линейный подъём	440, 1320, 2200 и др.
Пилообразный	440	1.0	Линейное спадание	440, 880, 1320 и др.

8. Сделать выводы о влиянии каждого параметра на качество и восприятие звукового сигнала.

Вопросы и задания

1. Определите влияние частоты звука на восприятие высоты тона.
2. Как амплитуда влияет на слышимость звукового сигнала?
3. Чем различаются различные формы волны и как они влияют на тембр звука?

4. Какие методы и инструменты используются для измерения параметров звуковых сигналов?
5. Как спектральный анализ помогает понять структуру сложных звуковых сигналов?
6. Почему важно учитывать параметры звукового сигнала при проектировании систем передачи звука?
7. Как изменяется спектр при смене формы волны?
8. Каким образом амплитуда влияет на устойчивость передачи в каналах связи?
9. Каковы основные особенности синусоидального и прямоугольного сигналов в контексте передачи?
10. Какая форма волны предпочтительна для передачи чистого звука и почему?

Вывод

В результате выполнения практической работы были изучены и проанализированы основные параметры звуковых сигналов: частота, амплитуда и форма волны. Получены практические навыки визуализации и анализа звуковых сигналов с использованием программных средств. Поняты особенности влияния параметров на качество передачи и восприятия аудиоинформации, что является фундаментом для дальнейшего изучения цифровой обработки звука и систем связи.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.

ПРАКТИКА ОЦИФРОВКИ И УСИЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Цель работы

Познакомиться с основными этапами преобразования звукового сигнала из аналоговой формы в цифровую, освоить методы усиления и подготовки сигнала для последующей обработки и передачи в цифровых системах.

Теоретическая часть

Оцифровка звукового сигнала — процесс преобразования непрерывного аналогового сигнала в дискретный цифровой формат, пригодный для хранения, обработки и передачи в цифровых устройствах. Этот процесс включает выбор частоты дискретизации, квантования и кодирования.

Частота дискретизации (sampling rate) — число измерений амплитуды сигнала в секунду. Чем выше частота дискретизации, тем точнее цифровое представление, но при этом увеличивается объём данных. Для аудиосигналов стандартной качества обычно используется частота 44,1 кГц (стандарт CD).

Квантование — процесс округления значения амплитуды сигнала до ближайшего уровня из ограниченного набора, что влечёт за собой возникновение квантовочного шума. Глубина квантования (битность) определяет число возможных уровней: 8, 16, 24 и 32 бита.

Усиление звукового сигнала — необходимый этап для компенсации потерь сигнала, вызванных передачей или записью, а также для подготовки сигнала к оцифровке с оптимальным уровнем. Усиление может выполняться с помощью аналоговых или цифровых усилителей, с различными коэффициентами усиления.

Важной задачей является обеспечение правильного уровня входного сигнала: слишком низкий уровень ухудшает соотношение сигнал/шум, слишком высокий — приводит к искажениям (клиппингу).

Для оцифровки применяются аналого-цифровые преобразователи (АЦП), которые работают на основе выборки и квантования сигнала с определённой частотой и точностью. Цифровой сигнал затем может обрабатываться с помощью алгоритмов фильтрации, сжатия, кодирования и др.

Практическая часть

1. Ознакомиться с оборудованием или программным обеспечением для оцифровки звуковых сигналов (например, аудиокарта с поддержкой записи, программные средства типа Audacity, MATLAB, или специализированные инструменты).
2. Записать аналоговый звуковой сигнал с микрофона или воспроизвести заранее подготовленный сигнал.
3. Выполнить процесс оцифровки сигнала с различной частотой дискретизации: 8 кГц, 22,05 кГц, 44,1 кГц и 48 кГц.
4. Для каждого варианта записать параметры сигнала: длительность, размер файла, разрядность (битность), и визуализировать форму волны.
5. Выполнить усиление исходного сигнала в программном обеспечении с коэффициентом усиления 2, 4 и 8. Оценить изменения амплитуды и возможности появления искажений.
6. Сравнить качество и параметры сигналов до и после усиления, провести анализ возникающих шумов и искажений.
7. Проанализировать влияние частоты дискретизации и глубины квантования на качество звукового сигнала, используя спектральный анализ.
8. Составить таблицу сравнения параметров записанных и усиленных сигналов.

Частота дискретизации (кГц)	Битность (бит)	Размер файла (КБ)	Максимальная амплитуда	Наличие искажений	Качество звука (оценка)
8	16				
22,05	16				
44,1	16				
48	24				

9. Провести анализ результатов, сделать выводы по оптимальным параметрам для оцифровки и усиления звуковой информации.

Вопросы и задания

1. Объясните значение частоты дискретизации в процессе оцифровки и как она влияет на качество звука.
2. Что такое квантование и почему оно важно? Как глубина квантования влияет на конечный звук?
3. Опишите основные причины появления искажений при усилении сигнала.
4. Как соотносятся размер файла и качество оцифрованного звука?
5. Почему слишком высокая амплитуда сигнала может быть вредна?
6. Какие методы усиления сигнала существуют? Назовите основные преимущества и недостатки аналогового и цифрового усиления.
7. Как спектральный анализ помогает выявлять шумы и искажения?
8. Как выбрать оптимальные параметры оцифровки для передачи речи и музыки?
9. В каких случаях необходимо применять дополнительную фильтрацию после оцифровки?

10. Опишите этапы обработки сигнала после оцифровки для повышения качества передачи и хранения.

Вывод

В ходе выполнения практической работы были изучены принципы оцифровки звукового сигнала, важность выбора частоты дискретизации и глубины квантования. Освоены методы усиления сигнала и их влияние на качество звука. Получены практические навыки работы с инструментами записи и обработки аудиосигналов, а также проведения их анализа. Работа создала базу для понимания дальнейших процессов цифровой обработки звука и передачи информации в современных телекоммуникационных системах.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ЦИФРОВОЙ ФОРМЕ ПО РАЗЛИЧНЫМ КАНАЛАМ

Цель работы

Изучить особенности передачи цифровых данных по различным типам каналов связи, исследовать влияние помех и параметров канала на качество передачи, освоить методы моделирования и оценки ошибок при передаче.

Теоретическая часть

Передача данных в цифровой форме является ключевым этапом современных коммуникационных систем. Данные представлены в виде последовательности дискретных символов (битов), которые передаются по физическим каналам — проводным, беспроводным, оптическим и другим.

Канал передачи характеризуется параметрами: пропускная способность, уровень шума, задержка, вероятность ошибок. На качество передачи влияют такие явления, как затухание сигнала, интерференция, многолучевое распространение, флуктуации канала.

Существует несколько основных моделей каналов связи: идеальный канал без ошибок, канал с вероятностью ошибки, аддитивный гауссовский шум (AWGN), канал с импульсными помехами, искажение сигнала и др.

Для повышения надежности применяют методы обнаружения и коррекции ошибок — циклические коды, коды Хэмминга, повторение и др.

Моделирование передачи данных позволяет смоделировать процесс передачи цифрового сигнала через канал с заданными характеристиками и оценить такие показатели, как битовая ошибка (BER), вероятность ошибки пакета, уровень искажений.

Практическая часть

1. Ознакомиться с программным обеспечением для моделирования передачи данных, например MATLAB, Simulink, Python с библиотеками (NumPy, SciPy, commpy) или специализированные симуляторы.
2. Сгенерировать цифровой информационный поток длиной не менее 10 000 бит (случайная последовательность 0 и 1).

3. Создать модель передачи данных по трем типам каналов:
 - а) Идеальный канал (без ошибок)
 - б) Канал с аддитивным гауссовским шумом (AWGN)
 - в) Канал с импульсными помехами (импульсный шум с заданной вероятностью)
4. Для каждого типа канала задать параметры: уровень шума (SNR), вероятность возникновения импульсной помехи.
5. Выполнить передачу цифрового сигнала через каждый канал.
6. На принимающей стороне выполнить детектирование (восстановление) данных.
7. Рассчитать битовую ошибку (BER) и уровень ошибок пакетов для каждого варианта передачи.
8. Построить графики зависимости BER от уровня сигнала к шуму (SNR) для каналов с AWGN и импульсным шумом.
9. Сравнить результаты для разных типов каналов и сделать выводы о влиянии параметров канала на качество передачи.
10. При желании исследовать влияние различных методов коррекции ошибок (например, добавление избыточных битов по коду Хэмминга) на BER.

Таблица параметров моделирования

Тип канала	SNR (дБ)	Вероятность импульсной помехи	BER (на выходе)	Замечания
Идеальный	—	—	0	Без ошибок
AWGN	0	—		
AWGN	5	—		
AWGN	10	—		
Импульсный шум	—	0,01		
Импульсный шум	—	0,05		

Вопросы и задания

1. Что такое битовая ошибка и как она влияет на качество цифровой передачи?
2. Опишите принцип действия канала с аддитивным гауссовским шумом. Почему именно гауссовский шум считается основным типом шума?
3. Чем импульсный шум отличается от непрерывного? Как он влияет на передачу данных?
4. Какие методы коррекции ошибок используются в цифровой связи? Как они улучшают качество передачи?
5. Как изменяется BER при увеличении SNR? Почему?
6. Какие особенности передачи данных присущи проводным и беспроводным каналам?
7. Что такое вероятность ошибки пакета и как она рассчитывается?
8. Какие факторы влияют на выбор метода коррекции ошибок для конкретного канала?
9. Какие преимущества дает моделирование цифровой передачи перед реальным экспериментом?
10. Какие ограничения существуют у моделирования передачи данных?

Вывод

В ходе практической работы было проведено моделирование передачи цифровых данных по разным типам каналов, что позволило оценить влияние шума и помех на качество передачи. Получены практические навыки использования средств моделирования и анализа

показателей ошибок. Выводы подтверждают важность выбора правильных параметров канала и применения методов коррекции ошибок для повышения надежности связи.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕДАЧИ В КАБЕЛЯХ

Цель работы

Изучить основные физические характеристики различных типов кабелей, используемых для передачи информации, исследовать влияние параметров кабеля на качество сигнала, освоить методы измерения и анализа физических свойств кабельных линий.

Теоретическая часть

Кабельные линии являются основой проводных каналов связи, широко применяемых в системах передачи данных и телекоммуникациях. Основные типы кабелей — коаксиальные, витая пара, оптоволоконные, каждый из которых обладает своими физическими особенностями, влияющими на пропускную способность, затухание и помехоустойчивость.

Основные физические параметры кабеля включают сопротивление, ёмкость, индуктивность, диэлектрическую проницаемость изоляции, затухание сигнала и скорость распространения электромагнитной волны.

Сопротивление проводников влияет на потери сигнала. Ёмкость и индуктивность определяют параметры волнового сопротивления и частотные характеристики канала. Диэлектрические свойства изоляции влияют на уровень перекрестных помех и затухание.

Для эффективной передачи сигналов важно учитывать длину кабеля, частотный диапазон передачи, параметры затухания и фазовые искажения.

Измерения параметров кабеля проводят с помощью специальных приборов — тестеров, рефлектометров, анализаторов спектра. Результаты измерений используются для оценки пригодности кабеля к заданным условиям передачи.

Практическая часть

1. Ознакомиться с технической документацией на типы кабелей (витая пара, коаксиальный, оптоволоконный).
2. Изучить принцип работы приборов для измерения параметров кабелей: измерителя сопротивления, рефлектометра, анализатора частотных характеристик.
3. Провести измерение сопротивления кабеля при помощи омметра или мультиметра. Зафиксировать результаты для кабелей разной длины.
4. Исследовать влияние длины кабеля на уровень затухания сигнала. Для этого сгенерировать тестовый сигнал на передающем конце и измерить его амплитуду на принимающем конце через различные участки кабеля.
5. Измерить частотные характеристики кабеля, используя анализатор спектра или соответствующее программное обеспечение.
6. Сравнить характеристики витой пары и коаксиального кабеля по параметрам затухания, скорости распространения сигнала и помехоустойчивости.

7. Для оптоволоконного кабеля провести визуальный осмотр и изучить основные параметры: диаметр сердечника и оболочки, тип волокна, способы подключения.
8. Провести расчет волнового сопротивления для исследуемых кабелей, используя формулы, исходя из измеренных параметров.
9. Подготовить отчет с анализом полученных данных, графиками зависимости затухания от длины кабеля и частоты, а также выводами о применимости каждого типа кабеля для различных задач передачи.

Таблица измеренных параметров кабеля

Тип кабеля	Длина (м)	Сопротивление (Ом)	Затухание (дБ)	Скорость распространения (%)	Примечания
Витая пара	50				
Коаксиальный	50				
Оптоволокно	50	—	Очень низкое	70–85	Неизмеримо омметром
Витая пара	100				
Коаксиальный	100				

Вопросы и задания

1. Какие основные физические параметры влияют на качество передачи сигнала по кабелю?
2. В чем отличие коаксиального кабеля от витой пары по конструктивным и электрическим характеристикам?
3. Как затухание сигнала зависит от длины кабеля и частоты передаваемого сигнала?
4. Почему оптоволоконные кабели имеют более низкие потери по сравнению с металлическими?
5. Какие методы и приборы используются для измерения параметров кабельных линий?
6. Что такое волновое сопротивление и как оно влияет на передачу сигнала?
7. Как влияет диэлектрическая проницаемость изоляционного материала на характеристики кабеля?
8. Какие особенности передачи данных по витой паре ограничивают ее применение на большие расстояния?
9. Какие меры можно применить для уменьшения помех в кабельных линиях?
10. Какие критерии выбора кабеля наиболее важны при проектировании каналов связи?

Вывод

В ходе практической работы были исследованы физические параметры различных типов кабелей и их влияние на качество передачи информации. Полученные данные позволили оценить достоинства и недостатки каждого типа кабеля, понять основные физические процессы, влияющие на затухание и искажения сигнала. Практическое знакомство с измерительными приборами и методами анализа существенно расширило знания по теме передачи данных в проводных средах.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.

АНАЛИЗ РАБОТЫ МОДЕМОВ, ИХ ТИПОВ И МЕТОДОВ МОДУЛЯЦИИ

Цель работы

Изучить устройство и принципы работы модемов, ознакомиться с основными типами модемов, рассмотреть различные методы модуляции, применяемые для передачи цифровых данных по аналоговым и цифровым каналам связи. Провести сравнительный анализ эффективности различных способов модуляции.

Теоретическая часть

Модем (от английского Modulator-Demodulator) — устройство, которое преобразует цифровой сигнал в форму, пригодную для передачи по каналам связи, и обратно. В цифровых сетях модемы обеспечивают обмен данными между компьютерами и другими устройствами, преобразуя цифровой поток в аналоговый сигнал для передачи по телефонным линиям, кабелям или радиоканалам.

Основные типы модемов делятся по способу подключения и по среде передачи. Это внутренние и внешние модемы, кабельные, DSL, оптоволоконные, спутниковые и радиомодемы.

Ключевой элемент модема — метод модуляции, который определяет, как цифровая информация кодируется в сигналы, передаваемые по физической среде. Основные виды модуляции включают:

- Амплитудную модуляцию (ASK) — изменение амплитуды несущей волны. Простая, но чувствительна к шумам.
- Частотную модуляцию (FSK) — изменение частоты несущей. Более устойчива к помехам, часто применяется в низкоскоростных системах.
- Фазовую модуляцию (PSK) — изменение фазы несущей волны. Обеспечивает высокую скорость передачи и устойчивость к помехам.
- Квадратурную амплитудную модуляцию (QAM) — комбинированная модуляция по амплитуде и фазе, используется в современных высокоскоростных модемах.

Модуляция влияет на скорость передачи данных, устойчивость к шумам, спектральную эффективность и сложность реализации модемов. Например, QAM позволяет передавать большие объемы данных на высоких скоростях, но требует более сложного аппаратного обеспечения и хороших условий канала.

Современные модемы поддерживают различные протоколы и стандарты передачи данных, обеспечивают коррекцию ошибок и сжатие информации, что повышает надежность и скорость передачи.

Практическая часть

1. Изучить основные типы модемов: внутренние и внешние, DSL, кабельные, спутниковые и радиомодемы. Описать область применения каждого типа.
2. Рассмотреть схемы работы модема, выделить основные функциональные блоки: модулятор, демодулятор, кодировщик, декодировщик, усилитель и фильтр.
3. Ознакомиться с принципами основных методов модуляции: ASK, FSK, PSK, QAM. Для каждого метода описать его преимущества и недостатки, условия применения.
4. Провести сравнительный анализ методов модуляции с точки зрения скорости передачи данных, помехоустойчивости и сложности реализации.
5. Выполнить моделирование простейших методов модуляции (например, FSK и PSK) с использованием специализированного программного обеспечения (Matlab, Python с библиотеками для цифровой обработки сигналов).

6. Сформировать таблицу сравнительных характеристик методов модуляции по ключевым параметрам: скорость, устойчивость к шумам, спектральная эффективность, сложность.
7. Рассмотреть современные стандарты модемов и протоколы передачи данных (V.90, V.92, ADSL, DOCSIS).
8. Выполнить расчет пропускной способности канала при использовании различных методов модуляции для заданных параметров канала связи.
9. Подготовить отчет с результатами моделирования, сравнительным анализом и выводами о наиболее подходящих методах модуляции для различных условий передачи.

Таблица сравнительных характеристик методов модуляции

Метод модуляции	Скорость передачи	Помехоустойчивость	Спектральная эффективность	Сложность реализации	Область применения
ASK	Низкая	Низкая	Низкая	Простая	Низкоскоростные системы
FSK	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Радиомодемы, низкоскоростная связь
PSK	Высокая	Высокая	Высокая	Сложная	Высокоскоростные модемы
QAM	Очень высокая	Средняя	Очень высокая	Очень сложная	Современные кабельные и DSL модемы

Вопросы и задания

1. Какие основные функции выполняет модем в системе передачи данных?
2. В чем различие между внутренним и внешним модемом?
3. Какие физические параметры сигнала изменяются при ASK, FSK, PSK и QAM?
4. Почему QAM позволяет передавать больше данных, чем ASK или FSK?
5. Какие факторы влияют на выбор метода модуляции в конкретном канале связи?
6. Как скорость передачи данных зависит от метода модуляции?
7. Какие преимущества и недостатки имеют цифровые и аналоговые модемы?
8. Опишите роль коррекции ошибок и сжатия данных в современных модемах.
9. Как современные модемы обеспечивают надежность передачи при воздействии шумов и искажений?
10. Почему в радиоканалах часто используют FSK или PSK, а в проводных — QAM?

Вывод

В результате выполнения работы были изучены принципы работы модемов, типы и их особенности. Рассмотрены ключевые методы модуляции, их влияние на качество и скорость передачи данных. Полученные знания и проведенный сравнительный анализ позволяют выбирать оптимальный тип модуляции в зависимости от условий канала связи и требований к передаче информации. Моделирование и расчет пропускной способности подтвердили теоретические выводы и расширили практические навыки в области цифровой связи.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО РАДИОКАНАЛУ И ЕЁ ОГРАНИЧЕНИЙ

Цель работы

Изучить основные особенности передачи данных по радиоканалу, выявить ключевые факторы, влияющие на качество и надёжность передачи. Рассмотреть физические и технические ограничения радиоканалов, а также методы их компенсации и повышения эффективности передачи информации.

Теоретическая часть

Радиоканал — это средство передачи информации с помощью электромагнитных волн в диапазоне радиочастот. Он используется в различных системах связи: мобильной, спутниковой, беспроводных сетях, радиорелейных линиях. В отличие от проводных сред, радиоканалы характеризуются высокой вариабельностью параметров, подверженностью внешним помехам и отражениям, что создает определённые сложности для передачи данных.

К основным ограничениям радиоканалов относятся:

- Атенюация сигнала — снижение мощности радиоволн по мере удаления от передатчика.
- Мультипутевое распространение — прохождение сигнала по разным путям с разными задержками, вызывающее интерференцию и искажение сигнала.
- Шум и помехи — естественные (атмосферные, космические) и искусственные (промышленные, от других устройств).
- Фаддинг — быстрые изменения уровня сигнала из-за движений передатчика, приёмника или объектов в зоне распространения.
- Ограниченная пропускная способность — максимальная скорость передачи данных ограничена характеристиками радиоканала.

Для компенсации этих эффектов и повышения качества передачи применяются различные технические решения:

- Использование разнообразных схем модуляции и кодирования, повышающих помехоустойчивость.
- Применение антенн с направленным излучением и приёмом (например, фазированных решёток), уменьшающих влияние помех.
- Введение систем коррекции ошибок (например, циклических кодов, кодов Рида–Соломона).
- Использование технологий мультиплексирования и адаптивной модуляции, позволяющих оптимально использовать доступный канал в зависимости от условий.
- Применение приемов подавления эха и интерференции.

Особое внимание уделяется оценке параметров канала, таких как отношение сигнал/шум (SNR), уровень затухания, время задержки и другие характеристики, которые влияют на качество связи.

Практическая часть

1. Ознакомиться с основными параметрами радиоканала: ширина полосы частот, затухание, уровень шума, фаддинг и мультипутевые эффекты.

2. Изучить типичные схемы модуляции, применяемые в радиоканалах (FSK, PSK, QAM) и оценить их устойчивость к типичным помехам.
3. Выполнить моделирование передачи данных по радиоканалу с учётом шума и мультипутевого распространения с использованием специализированного программного обеспечения (например, Matlab или Python с библиотеками для цифровой обработки сигналов).
4. Исследовать влияние уровня шума и параметров затухания на качество приёма сигнала, измеряемое по BER (битовой ошибке).
5. Оценить эффективность различных методов коррекции ошибок при работе в радиоканале.
6. Рассчитать максимальную теоретическую пропускную способность радиоканала по формуле Шеннона для различных значений SNR.
7. Рассмотреть примеры использования радиоканалов в современных системах связи и определить ограничения, налагаемые на передачу данных.
8. Подготовить отчёт с результатами моделирования, расчетами и анализом влияния помех и ограничений радиоканала.

Вопросы и задания

1. Какие основные физические явления влияют на качество передачи по радиоканалу?
2. В чем состоит эффект мультипутевого распространения и как он влияет на сигнал?
3. Какие типы помех наиболее часто встречаются в радиоканалах?
4. Что такое фаддинг и какие методы применяются для его компенсации?
5. Какое значение имеет отношение сигнал/шум для качества передачи?
6. Какие методы модуляции наиболее устойчивы к шумам в радиоканале?
7. Как коррекция ошибок помогает повысить надежность передачи данных?
8. Объясните суть формулы Шеннона и как она связана с пропускной способностью канала.
9. Какие технологические решения используются для повышения эффективности передачи в радиоканалах?
10. Какие особенности следует учитывать при проектировании беспроводных систем связи?

Вывод

В ходе выполнения практической работы были изучены фундаментальные физические и технические ограничения, связанные с передачей данных по радиоканалу. Поняты причины ухудшения качества сигнала и способы их преодоления. Моделирование и анализ параметров канала позволили глубже осознать влияние шума, затухания и мультипутевого распространения на качество связи. Полученные знания являются важной основой для проектирования и эксплуатации современных беспроводных систем передачи информации.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7.

РАССМОТРЕНИЕ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО РАДИОРЕЛЕЙНЫМ КАНАЛАМ

Цель работы

Изучить основные принципы построения систем передачи данных по радиорелейным каналам, их характеристики, а также выявить особенности и ограничения данного вида

связи. Ознакомиться с технологией радиорелейных линий, методами модуляции и способами повышения качества передачи.

Теоретическая часть

Радиорелейные линии связи представляют собой систему передачи данных, основанную на использовании направленных радиоволн, которые передаются от одной станции к другой, расположенной на значительном расстоянии. Радиорелейные каналы применяются для построения магистральных и региональных сетей связи, где прокладка кабелей экономически нецелесообразна или невозможна.

Основные элементы радиорелейной системы: передающая и принимающая антенны, передатчик, приёмник, усилители, модуляторы и демодуляторы. Для эффективной работы радиорелейной линии важна высокая направленность антенн, что позволяет минимизировать помехи и интерференцию.

Радиорелейные каналы обладают следующими характеристиками:

- Большая дальность передачи (до 50–70 км на одном участке при использовании мощных антенн).
- Высокая пропускная способность (до нескольких сотен мегабит в секунду в современных системах).
- Чувствительность к атмосферным условиям и преградам на линии видимости (дождь, туман, рельеф).
- Необходимость обеспечения прямой видимости между передающей и принимающей станцией.

Частоты, используемые в радиорелейных системах, обычно находятся в диапазоне микроволнового диапазона — от 1 до 40 ГГц. Высокие частоты позволяют добиться больших скоростей передачи, но требуют более точного выравнивания антенн и защиты от атмосферных влияний.

Для передачи данных применяются различные методы модуляции: амплитудная, частотная и фазовая модуляция, а также сложные цифровые схемы (QAM, PSK). Важным аспектом является использование систем коррекции ошибок и протоколов управления потоком, что позволяет поддерживать высокое качество связи.

Одним из основных ограничений радиорелейных каналов является необходимость прямой видимости и ограниченная дальность передачи, что требует установки ретрансляторов и согласование линий связи.

Практическая часть

1. Ознакомиться с принципами построения радиорелейных линий передачи данных.
2. Изучить технические характеристики и типичные параметры радиорелейных систем: дальность, скорость передачи, используемые частоты.
3. Рассмотреть особенности распространения радиоволн в микроволновом диапазоне и влияние атмосферных условий.
4. Провести моделирование передачи сигнала по радиорелейному каналу с использованием программных средств (например, Matlab или Python). Моделирование должно учитывать параметры затухания и помех.
5. Исследовать влияние настройки направленности антенн на качество приема и скорость передачи данных.

6. Оценить эффективность различных методов модуляции и коррекции ошибок в условиях радиорелейной связи.
7. Рассчитать пропускную способность радиорелейного канала при заданных условиях.
8. Проанализировать примеры использования радиорелейных систем в современных сетях связи и их преимущества и недостатки.
9. Подготовить подробный отчёт с результатами моделирования, расчетами и рекомендациями по оптимизации работы радиорелейных каналов.

Вопросы и задания

1. Какие основные элементы входят в состав радиорелейной линии передачи данных?
2. В чем заключается принцип работы радиорелейной системы?
3. Почему радиорелейные каналы требуют прямой видимости между станциями?
4. Какие частоты используются для радиорелейной связи и почему?
5. Как атмосферные условия влияют на качество радиорелейной передачи?
6. Какие методы модуляции применяются в радиорелейных каналах и как они влияют на надежность связи?
7. Какие способы повышения помехоустойчивости применимы в радиорелейных системах?
8. Какие технические ограничения накладывают радиорелейные каналы на архитектуру сети связи?
9. В каких случаях целесообразно использовать радиорелейные линии вместо проводных или оптоволоконных каналов?
10. Каковы основные преимущества и недостатки радиорелейной связи?

Вывод

В ходе выполнения практической работы было изучено устройство и принципы функционирования систем передачи данных по радиорелейным каналам. Рассмотрены особенности распространения микроволновых сигналов, требования к оборудованию и настройке антенн. Моделирование и анализ параметров канала позволили понять основные ограничения и методы повышения качества передачи. Полученные знания важны для проектирования и эксплуатации радиорелейных сетей, которые продолжают играть значимую роль в современной телекоммуникационной инфраструктуре.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8.

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ ЧЕРЕЗ СПУТНИКИ И РЕТРАНСЛЯТОРЫ

Цель работы

Изучить основные принципы организации связи с использованием спутниковых систем и ретрансляторов. Ознакомиться с архитектурой спутниковой связи, способами передачи данных и особенностями взаимодействия наземных станций с космическими аппаратами.

Теоретическая часть

Спутниковая связь представляет собой технологию передачи информации с помощью искусственных спутников Земли, которые выполняют функции ретрансляторов. Основное назначение спутников — обеспечить связь между удалёнными точками, находящимися вне прямой видимости друг друга, а также в труднодоступных регионах.

Ретранслятор в спутнике принимает сигнал с наземной станции (восходящая линия), усиливает и преобразует его, затем передает обратно на другую наземную станцию (нисходящая линия). Это позволяет преодолеть ограничение прямой видимости, характерное для радиорелейных систем.

Основные типы спутников по орбитам:

- Геостационарные спутники (GEO), которые вращаются синхронно с Землей и находятся на высоте около 35 786 км. Они обеспечивают стабильную связь с фиксированными точками на поверхности Земли.
- Среднеорбитальные спутники (МЕО) расположены на высотах от 2 000 до 35 000 км и обеспечивают покрытие больших территорий, но требуют создания спутниковых созвездий для непрерывной связи.
- Низкоорбитальные спутники (LEO) находятся на высотах до 2 000 км и характеризуются малой задержкой передачи сигнала, что важно для некоторых приложений.

Связь через спутники обладает следующими преимуществами: возможность глобального покрытия, высокая пропускная способность, возможность организации многоцелевых сетей. К недостаткам относятся высокая стоимость запуска и эксплуатации спутников, задержки сигнала, особенно у GEO, а также чувствительность к атмосферным помехам.

Ретрансляторы могут работать по принципу "прозрачного повторителя", который просто усиливает сигнал, или по принципу обработки сигнала (обработка на борту спутника), что позволяет повысить качество и гибкость передачи.

Для организации связи важна координация частотного спектра, синхронизация и управление мощностью передатчиков. Используются различные модуляционные схемы и методы коррекции ошибок для обеспечения надежности передачи.

Практическая часть

1. Изучить основные характеристики спутниковых орбит и их влияние на параметры связи.
2. Рассмотреть работу ретранслятора в спутнике: принципы приема, усиления и передачи сигнала.
3. Проанализировать особенности организации восходящей и нисходящей линий связи.
4. Моделировать передачу сигнала через геостационарный спутник с учетом задержек и затухания.
5. Сравнить характеристики передачи данных через GEO, МЕО и LEO спутники.
6. Исследовать влияние атмосферных условий и ионосферы на качество спутниковой связи.
7. Рассмотреть современные стандарты и протоколы для спутниковой связи.
8. Подготовить отчет с выводами по эффективности использования спутников и ретрансляторов для различных задач передачи данных.

Вопросы и задания

1. В чем заключается основная роль спутника-ретранслятора в системе связи?
2. Каковы особенности геостационарной орбиты и почему она широко используется?
3. Какие преимущества и недостатки имеют низкоорбитальные спутники по сравнению с геостационарными?

4. Что такое восходящая и нисходящая линия связи в спутниковых системах?
5. Какие основные источники потерь и помех влияют на качество спутниковой связи?
6. Какую функцию выполняет обработка сигнала на борту спутника?
7. Какие методы модуляции применяются в спутниковой связи?
8. Каковы основные технические требования к наземным станциям спутниковой связи?
9. В каких случаях предпочтительно использовать спутниковую связь вместо радиорелейной или кабельной?
10. Какие современные тенденции и инновации наблюдаются в области спутниковых систем связи?

Вывод

В ходе выполнения практической работы были изучены принципы организации связи через спутники и ретрансляторы, особенности различных типов спутниковых орбит и их влияние на параметры связи. Проанализированы основные преимущества и ограничения спутниковых систем, а также рассмотрены методы повышения качества передачи информации. Полученные знания позволяют эффективно использовать спутниковую связь в современных телекоммуникационных сетях, обеспечивая надежность и широкое покрытие.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9.

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СПУТНИКОВ, ФИКСИРОВАННЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМЛИ

Цель работы

Изучить особенности и основные характеристики геостационарных спутников, которые находятся в фиксированном положении относительно Земли. Понять их роль в современных системах связи, определить технические параметры и ограничения, связанные с их использованием.

Теоретическая часть

Геостационарный спутник — это искусственный спутник Земли, вращающийся в плоскости экватора на высоте около 35 786 километров с такой же угловой скоростью, что и Земля. Благодаря этому спутник всегда находится над одной и той же точкой земной поверхности, что позволяет организовать стабильную связь с фиксированными наземными станциями.

Основные характеристики геостационарных спутников:

- **Высота орбиты:** 35 786 км над уровнем моря.
- **Орбитальный период:** 24 часа, совпадает с периодом вращения Земли.
- **Положение:** над экватором, в экваториальной плоскости.
- **Область покрытия:** около 42% поверхности Земли, что позволяет с использованием нескольких спутников обеспечить глобальное покрытие.
- **Угол обзора:** для наземной станции спутник находится под постоянным углом, что упрощает настройку антенн.

Геостационарные спутники широко используются для различных целей: телевидения, телефонной связи, передачи данных, а также в военных и навигационных системах.

Однако, несмотря на удобство фиксированной позиции, у таких спутников есть и ограничения. Высокая высота орбиты приводит к значительной задержке сигнала — около

240 миллисекунд в один конец, что влияет на качество голосовой связи и интерактивных сервисов. Кроме того, в районах близких к полюсам сигнал геостационарных спутников может быть недоступен из-за низкого угла подъёма.

Для поддержания геостационарной позиции спутники оснащены системами коррекции орбиты и ориентации, которые потребляют дополнительную энергию и ограничивают срок службы аппарата.

Спутниковая связь с использованием GEO требует применения мощных передатчиков на наземных станциях и высокочувствительных приёмников на спутнике из-за больших расстояний и соответствующих потерь сигнала.

Практическая часть

1. Рассчитать основные параметры геостационарной орбиты: высоту, радиус орбиты и период обращения.
2. Исследовать углы обзора и зоны покрытия спутника для различных широт.
3. Оценить задержку сигнала при передаче от наземной станции к спутнику и обратно.
4. Изучить методы поддержания стабильной орбиты и ориентации спутника.
5. Проанализировать особенности настройки антенн для связи с GEO спутниками.
6. Рассмотреть примеры использования геостационарных спутников в современных системах связи.
7. Выполнить моделирование потерь сигнала и влияние атмосферных условий на качество связи.
8. Подготовить отчёт с результатами расчетов, анализа и выводами о преимуществах и ограничениях геостационарных спутников.

Вопросы и задания

1. Что такое геостационарный спутник и почему он считается фиксированным относительно Земли?
2. Какие основные параметры характеризуют геостационарную орбиту?
3. Какова площадь покрытия одного геостационарного спутника?
4. В чем заключается основное преимущество использования GEO спутников для связи?
5. Какие ограничения накладывает высота геостационарной орбиты на качество связи?
6. Почему задержка сигнала у GEO спутников выше, чем у спутников на низких орбитах?
7. Как обеспечивается поддержание стабильного положения спутника на орбите?
8. Какие технические требования предъявляются к наземным станциям для работы с GEO спутниками?
9. В каких сферах применяются геостационарные спутники?
10. Какие альтернативы существуют геостационарным спутникам и в каких случаях они предпочтительнее?

Вывод

В ходе выполнения практической работы были изучены основные характеристики геостационарных спутников, их технические параметры и особенности эксплуатации. Рассмотрены преимущества стабильного положения спутника над одной точкой земной поверхности, а также ограничения, связанные с высотой орбиты и задержками сигнала. Полученные знания помогут лучше понимать принципы спутниковой связи и применять их в различных телекоммуникационных системах.