

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Северо-Кавказский филиал ордена
Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»



Кафедра «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине

«Протоколы и интерфейсы в инфокоммуникационных системах»

(для студентов по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные
технологии и системы связи профиль Мобильная связь и интернет вещей)

Ростов-на Дону
2022

УДК 004.738
ББК 32.971.35-5
Б

Составители: доцент кафедры ИТСС Борисов Б.П.

Данное методическое пособие предназначено для обеспечения проведения лабораторных занятий со студентами направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиля Мобильная связь и интернет вещей, квалификации «бакалавр».

Пособие обеспечивает получение практических навыков по основополагающим вопросам изучаемой дисциплины.

Объем методического пособия определен программой по дисциплине «Протоколы и интерфейсы в инфокоммуникационных системах» для студентов всех форм обучения.

Рецензент: доцент кафедры ИТСС канд. тех. наук, доцент Ершов В.В.

Методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ИТСС 19» декабря 2022 г. Протокол № 5.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Организация и проведение лабораторных занятий.....	4
1.1	Цели и задачи лабораторных занятий.....	4
1.2	Общие правила работы в лаборатории.....	5
1.3	Подготовка к выполнению лабораторных работ.....	6
1.4	Порядок выполнения лабораторных работ.....	6
1.5	Порядок оформления отчета.....	7
1.6	Указания по технике безопасности.....	8
2	Лабораторная работа №1 «Последовательные и параллельные интерфейсы».....	10
3	Лабораторная работа № 2 «Интерфейсы беспроводной связи».....	16
4	Лабораторная работа № 3 «Сетевые интерфейсы».....	23
5	Лабораторная работа № 4 «Исследование и передача информационных потоков».....	27
6	Лабораторная работа № 5 «Информационные и транспортные услуги».....	31

1 Организация и проведение лабораторных занятий

1.1 Цели и задачи лабораторных занятий

Целью лабораторных занятий является:

- углубление и закрепление знания теоретического курса путем практического изучения изложенных в лекции законов и положений в лабораторных условиях;
- приобретение навыков в научном экспериментировании, анализе полученных результатов;
- практическое ознакомление с многоканальным оборудованием и измерительной аппаратурой и методами работы на них;
- формирование первичных навыков организации, планирования и проведения научных исследований.

Лабораторные занятия (ЛЗ)– интегрируют теоретико-методологические знания и практические умения, и навыки студентов в едином процессе деятельности учебно-исследовательского характера. На ЛЗ одной из эффективных форм работы является совместная групповая работа.

Задачей ЛЗ является формирование у выпускника способности, решать следующие профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности:

- **сервисно-эксплуатационная деятельность**: организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования; доведение инфокоммуникационных услуг до пользователей;

- **экспериментально-исследовательская деятельность**: способностью владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; составление отчета по выполненному заданию.

В соответствии с рабочей программой дисциплины МТС ЛЗ предусматривают выполнение 14-ти лабораторных работ, каждая из которых включает:

а) подготовку к выполнению лабораторной работы, направленной на изучение лабораторного стенда или соответствующего типа оборудования и связанного с ними теоретического материала;

б) проведение самостоятельно лабораторных работ структурно и логически связанных друг с другом;

в) индивидуальную отчетность по лабораторным работам с подтверждением достоверности полученных результатов, пояснением физического смысла составляющих представляемых результатов и ответом на базовые контрольные вопросы.

г) формирование опорного конспекта по лабораторному практикуму.

Лабораторные занятия методически обеспечиваются лабораторными макетами, плакатами, справочниками, измерительными приборами и инструкциями по их использованию, методическими руководствами к лабораторным работам.

По окончании лабораторного практикума у каждого студента формируется опорный конспект, который является основой для дальнейшего совершенствования навыков в области принципов построения и устройства систем и средств телекоммуникаций.

1.2 Общие правила работы в лаборатории

При работе в лаборатории студенты должны:

1. Строго соблюдать установленные правила внутреннего распорядка и техники безопасности.

1. Неукоснительно выполнять требования инженерно-технического состава лаборатории.

2. Начало любых видов работ начинать с приема исходного состояния комплекса технических средств на рабочем месте и заканчивать приведением комплекса технических средств в исходное состояние.

3. При выполнении лабораторных работ строго соблюдать следующие правила работы с оборудованием, макетами и измерительными приборами:

а) до подачи напряжения питания на рабочее место все устройства должны находиться в исходном состоянии.

б) при включении в схему измерений прибора постоянного тока необходимо следить за полярностью включения;

в) все действия с оборудованием выполнять в соответствии с методическими указаниями на лабораторную работу.

При изучении инструкции по эксплуатации оборудования необходимо обращать особое внимание на указания по мерам безопасности.

Нельзя пользоваться неисправными приборами. О любой неисправности докладывать преподавателю или персоналу лаборатории.

При решении экспериментальных задач могут возникнуть непонятные явления из-за неисправности блоков лабораторной установки, прибора, неправильной коммутации элементов при составлении измерительного канала или неправильных действий оператора. В таких случаях необходимо прекратить работу и выяснить причину, а в трудных случаях – обратиться к преподавателю, инженеру лаборатории или технику-инструктору.

Категорически запрещается вытаскивать блоки из стойки, разбирать приборы или устранять неисправности самим!

Решаемые в лаборатории задачи управления и контроля каналов связи являются учебными. Они проводятся в строгом соответствии с требованиями инструкций по эксплуатации и готовят обучающихся к квалифицированному решению эксплуатационных и измерительных задач в процессе обслуживания оборудования телекоммуникационных систем и сетей.

1.3 Подготовка к выполнению лабораторных работ

Объем каждой лабораторной работы можно успешно выполнить в отведенное учебное время только при условии тщательной предварительной подготовки, в процессе которой студенты должны:

а) повторить теоретический материал, относящийся к работе, пользуясь конспектом лекций и указанной литературой;

б) хорошо уяснить цели работы, программу работы, виды решаемых измерительных задач, их физический смысл, порядок выполнения работы;

в) рассмотреть схему электрическую структурную лабораторной установки, выяснить типы средств измерений, которые могут использоваться для экспериментального исследования;

г) изучить технические возможности лабораторной установки и макета, органы управления, индикации и подключения средств измерений, их исходное состояние перед проведением измерений, работу с приборами и объектами измерений при проведении измерений, методику снятия отсчетных значений показаний средств измерений;

д) подготовить в рабочей тетради по лабораторному практикуму формализованные данные и таблицы измерений, в соответствии с установленными формами.

По результатам подготовки студенты получают допуск на проведение лабораторных работ.

1.4 Порядок выполнения лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются с соблюдением следующих требований:

1. На одном рабочем месте допускаются к работе смена в составе 2-3 студентов. Один из студентов является старшим. Каждый член смены должен вести рабочую тетрадь по лабораторным занятиям.

2. Работы выполняются по графику, составленному на весь период изучения дисциплины, студенты заранее знакомятся с этим графиком и с последовательностью выполнения работ.

3. К каждой работе прилагается методическое руководство к лабораторной работе. Работы построены по принципу повышения сложности и каждая последующая работа использует в определенном объеме результаты предыдущей, что делает невозможным выполнение последующей работы без выполнения предыдущей.

4. Перед началом работы необходимо проверить исходное состояние оборудования и готовность рабочего места к проведению работы и сообщить преподавателю о готовности или неготовности к проведению работы.

5. Решение экспериментальных задач начинается с коммутации схемы соединений, в процессе которой осуществляется необходимое соединение объекта измерения с измерительными приборами, коммутацию схемы соединений расчет выполняет самостоятельно. При этом особо тщательно контролируется полярность подключения источников питания и измерительных приборов. Правильность соединения элементов схемы и подключения измерительных приборов проверяют техник или преподаватель до включения схемы и измерительных приборов в сеть под напряжение.

Студенты не имеют права приступать к выполнению лабораторной работы без разрешения преподавателя.

6. Лабораторная работа выполняется под наблюдением преподавателя или персонала лаборатории.

7. Измерительные приборы устанавливаются на рабочем столе с учетом обеспечения свободного доступа ко всем органам подключения, регулировки и управления ими и в соответствии с их рабочим положением; их надо располагать так, чтобы было удобно читать показания приборов и исключить ошибки параллакса. Приборы, расположенные в лабораторной стойке вынимать запрещается.

10. После выполнения задания рабочее место приводится в исходное состояние.

1.5 Порядок оформления отчета

Отчет о проделанной лабораторной работе составляется каждым студентом в

соответствии с указанными формами в тетради по лабораторному практикуму по схеме "тетрадь в тетради", которая должна выполнять роль опорного конспекта в базе непрерывной подготовки и при решении конкретных учебных и научно-исследовательских задач изучения и измерительного контроля аппаратуры телекоммуникационных систем и сетей в процессе обучения в ВУЗе.

Отчет должен содержать титульный лист (страница 1 тетради данного занятия), листы решения поставленных задач и заключительный лист отчетности.

Титульный лист располагается на правой странице тетради по лабораторному практикуму, заключительный – на левой странице. Между ними на двойном развороте тетради располагаются листы решения поставленных задач.

Титульный лист должен содержать:

1. тип и номер работы в соответствии с графиком прохождения лабораторного практикума;
2. наименование, цель и программу работы;
3. оборудование рабочего места;
4. информационный базис работы.

Формализованные формы листов включены в состав методического пособия.

Для получения отчетности студент должен представить отчет, подтвердить достоверность полученных результатов, пояснить физический смысл составляющих представляемых результатов и ответить на контрольные вопросы.

1.6 Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности.

1. Приступая к работе, следует ознакомиться с источниками питания рабочего места, способами их включения, эксплуатации и выключения.
2. Определить места подключения лабораторного оборудования и измерительных приборов, убедиться в целостности розеток, вилок и шнуров питания.
3. Проверить наличие у используемого оборудования и измерительных приборов защитного заземления.
4. Перед проведением измерений убедиться в целостности изоляции соединительных проводников и измерительных кабелей.

5. Работу на оборудовании проводить строго в соответствии с предусмотренным заданием, особое внимание, уделяя правильному подключению сигнальных и корпусных штекеров к объектам измерений и приборам.

6. Запрещается прикасаться руками к зажимам, находящимся под напряжением; наличие напряжения на зажимах элементов схемы следует проверять только измерительным прибором.

7. Запрещается оставлять без наблюдения оборудование и измерительные приборы, подключенные к источнику питающего напряжения.

8. Все изменения в комплектации оборудования, а также устранение неисправностей производится только после отключения источников питания.

Будьте осторожны при работе с высоким напряжением! Соблюдайте правила техники безопасности!

Лабораторная работа 1. Последовательные и параллельные интерфейсы

Цель работы: Уяснить принципы взаимодействия приемопередатчиков на физическом уровне

Задание:

1. Изучить синхронный и асинхронный режимы передачи данных. Форматы асинхронной и синхронной посылок.
2. Реализовать последовательный интерфейс на физическом уровне.

1 Краткие теоретические сведения

При обмене данными на физическом уровне единицей информации является бит, поэтому средства физического уровня всегда поддерживают побитовую синхронизацию между приемником и передатчиком.

Канальный уровень оперирует кадрами данных и обеспечивает синхронизацию между приемником и передатчиком на уровне кадров. В обязанности приемника входит распознавание начала первого байта кадра, распознавание границ полей кадра и распознавание признака окончания кадра.

Обычно достаточно обеспечить синхронизацию на указанных двух уровнях - битовом и кадровом, - чтобы передатчик и приемник смогли обеспечить устойчивый обмен информацией. Однако при плохом качестве линии связи (обычно это относится к телефонным коммутируемым каналам) для удешевления аппаратуры и повышения надежности передачи данных вводят дополнительные средства синхронизации на уровне байт. Ethernet Локальные сети о пользе стандартизации

Такой режим работы называется *асинхронным* или *старт-стопным*. Другой причиной использования такого режима работы является наличие устройств, которые генерируют байты данных в случайные моменты времени. Так работает клавиатура дисплея или другого терминального устройства, с которого человек вводит данные для обработки их компьютером.

В асинхронном режиме каждый байт данных сопровождается специальными сигналами «старт» и «стоп» (рис. 1, а). Назначение этих сигналов состоит в том, чтобы, во-первых, известить приемник о приходе данных и, во-вторых, чтобы дать приемнику достаточно времени для выполнения некоторых функций, связанных с синхронизацией, до поступления следующего байта. Сигнал «старт» имеет продолжительность в один тактовый интервал, а сигнал «стоп» может длиться один, полтора или два такта, поэтому говорят, что используется один, полтора или два бита в качестве стопового сигнала, хотя пользовательские биты эти сигналы не представляют.

Асинхронным описанный режим называется потому, что каждый байт может быть несколько смещен во времени относительно побитовых тактов предыдущего байта. Такая асинхронность передачи байт не влияет на корректность принимаемых данных, так как в начале каждого байта происходит дополнительная синхронизация приемника с источником за счет битов «старт». Более «свободные» временные допуски определяют низкую стоимость оборудования асинхронной системы.

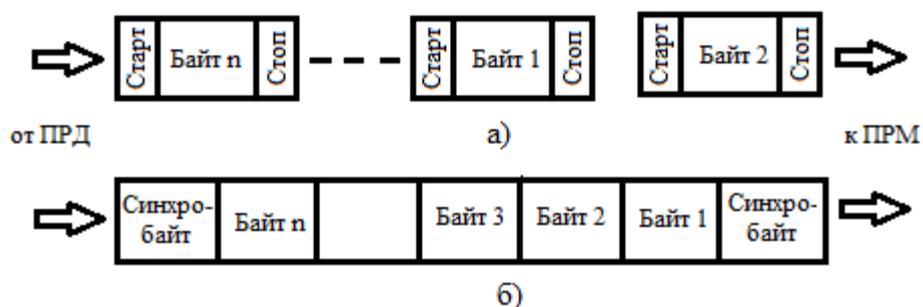


Рисунок 1 - Асинхронная (а) и синхронная (б) передачи на уровне байт

При синхронном режиме передачи старт-стопные биты между каждой парой байт отсутствуют. Пользовательские данные собираются в кадр, который предваряется байтами синхронизации (рис. 1, б). Байт синхронизации - это байт, содержащий заранее известный код, например 0111110, который оповещает приемник о приходе кадра данных. При его получении приемник должен войти в байтовый синхронизм с передатчиком, то есть правильно понимать начало очередного байта кадра. Иногда применяется несколько синхробайт для обеспечения более надежной синхронизации приемника и передатчика. Так как при передаче длинного кадра у приемника могут появиться проблемы с синхронизацией бит, то в этом случае используются самосинхронизирующиеся коды.

Последовательные интерфейсы используются для связи двух или более устройств между собой. Характерная черта таких интерфейсов – использование последовательного метода передачи цифровой информации, при котором данные передаются последовательно бит за битом, для чего используется всего лишь одна линия. При этом физическая реализация двустороннего обмена может осуществляться с помощью 2 – 3 проводов. Значительное (по сравнению с параллельными интерфейсами) сокращение числа каналов передачи и проводов позволило упростить и удешевить приемопередающие устройства и кабельные системы. В общем, последовательные интерфейсы отличаются лучшей помехоустойчивостью [здесь не учитывается влияние типа линий передачи], поскольку в них исключено взаимное влияние между линиями данных (фактически, линия данных всего одна, а, например, в 8-разрядном параллельном интерфейсе – 8).

Сравнительная простота и низкие аппаратные требования обусловили широкое использование последовательных интерфейсов в электронике и смежных областях. Наибольшее распространение из них получили интерфейсы 1-Wire, I2C, SPI, CAN, RS-485, RS-232, USB, Firewire. Каждый из перечисленных интерфейсов имеет свои достоинства и недостатки, и определяемую ими область использования. В частности, первые 4 интерфейса преимущественно используются в микроконтроллерных системах, последние 4 – для связи ПК с периферийным оборудованием. Последовательный интерфейс RS-232, разработанный несколько десятков лет назад [разработка стандарта проводилась, начиная с 1960 г.] для компьютеров (в основном для связи с модемами) и являющийся «патриархом» в своем роде, до сих пор не утратил своего коммуникационного назначения. Такое долголетие (особенно с учетом преимуществ других стандартов) отчасти объясняется развитием микроконтроллерной техники, которая в настоящее время повсеместно используется в системах автоматизации, сбора и обработки различных данных, встраиваемых системах различного назначения. При этом интерфейс RS-232 оказался едва ли не единственным

средством связи между микроконтроллером (МК) и ПК, аппаратно присутствующем и в первом и во втором. В ПК за реализацию интерфейса отвечает COM-порт, а практически в любом МК есть один или несколько приемопередающих модулей (УАПП/UART, УСАПП/USART, SCI и пр.), аппаратно поддерживающих RS-232. Другие причины жизнеспособности интерфейса – сравнительная простота протокола обмена, поддержка во многих средах программирования на уровне библиотечных модулей, наличие доступных утилит, предназначенных для связи ПК с помощью COM-порта. Спецификация любого интерфейса включает в себя две составляющие: аппаратную и программную (логическую). Аппаратная часть (уровни напряжений, разъемы, назначение сигналов и пр.) описывается стандартом на интерфейс, описание программной часть (правил передачи данных) называется протоколом интерфейса.

Аппаратная составляющая интерфейса регламентируется стандартом RS-232 (EIA/TIA – 232 – E) Ассоциации электронной промышленности и рекомендациями V.24 МККТТ [Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии]. Более подробно история создания и эволюции стандарта описаны в [1]. Стандарт RS-232 (его официальное название Interface between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Termination Equipment employing serial binary data interchange) предназначен для подключения аппаратуры, передающей или принимающей данные (обозначается как DTE – Data Terminal Equipment) [В качестве DTE может выступать компьютер, принтер или другое периферийное оборудование], к оконечной аппаратуре каналов данных (обозначается как DCE – Data Communication Equipment). Функция DCE состоит в обеспечении возможности передачи информации между двумя или большим числом DTE. Другими словами, DCE – это устройство, преобразующее сигнал в форму, подходящую для канала связи, например, в аналоговый сигнал для телефонной линии. При связи ПК с удаленным периферийным оборудованием в качестве DCE чаще всего выступает модем. Устройства DTE могут соединяться напрямую с помощью т.н. нуль-модемного кабеля. На рисунке 2 показана полная схема соединения двух DTE – устройств.

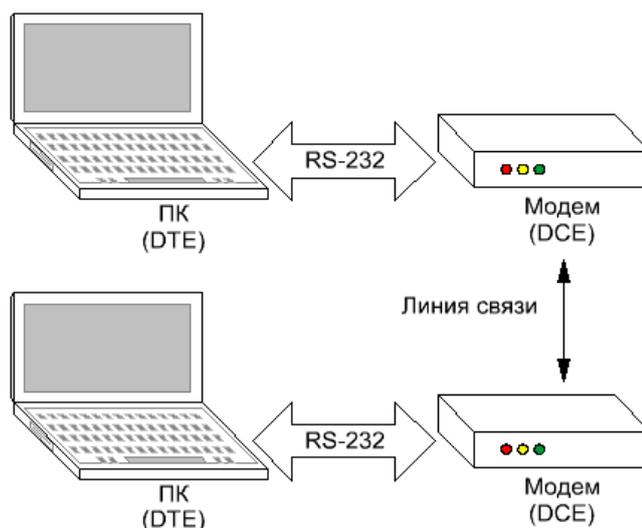


Рисунок 2 – Полная схема соединения по RS-232

Согласно стандарту RS-232, сигнал (последовательность битов) передается напряжением. Передатчик и приемник являются несимметричными: сигнал передается относительно общего провода (в отличие от симметричной передачи протоколов RS-485 или

RS-422). Логическому нулю на входе приемника соответствует диапазон +3...+12 В, а логической единице – диапазон -12...-3 В. Диапазон -3...+3 В – зона нечувствительности, обеспечивающая гистерезис приемника (передатчика). Уровни сигнала на выходе должны быть в диапазоне -12...-5 В для представления логической единицы и +5...+12 В для представления логического нуля. Иллюстрация уровней представлена на рисунке 3. Необходимо отметить, что интерфейс не обеспечивает гальванической развязки устройств. Подключение и отключение интерфейсных кабелей устройств с независимым питанием должно производиться при отключенном питании.

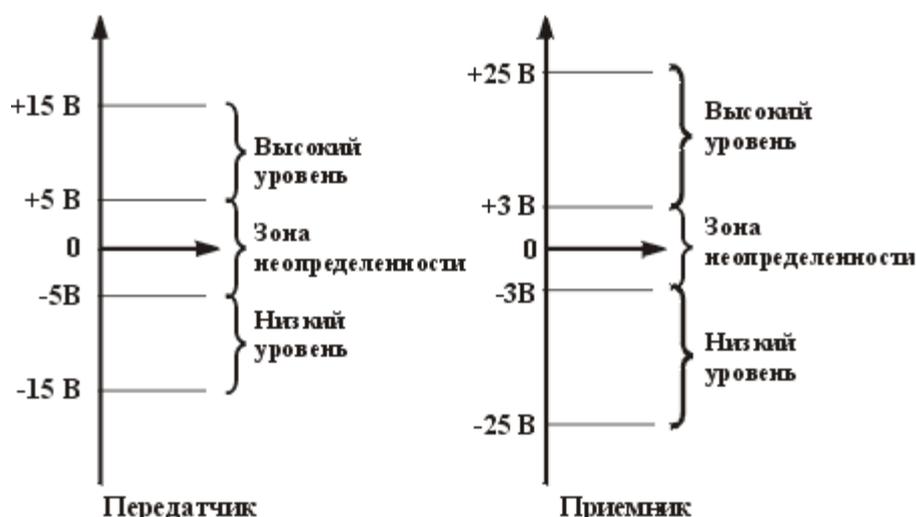


Рисунок 3 – Уровни сигналов RS-232 на передающем и принимающем концах линии связи

Основные характеристики стандарта RS-232C следующие:

- максимальная длина кабеля 15 м;
- число приемников – 1;
- число передатчиков – 1;
- максимальная скорость передачи – 20 Кбит/с.

Максимальная длина кабеля определяется его совокупной емкостью, значение которой указано в стандарте – 2500 пФ. Поскольку характеристики используемых кабелей постоянно улучшаются (например, типичное значение погонной емкости типичного кабеля уменьшилось со 160 пФ до 50) [2], значение максимальной длины кабеля для RS-232, приводимой в разных источниках может варьироваться от 15 до 50 м.

Со стороны ПК интерфейс RS-232 может быть реализован с помощью 9-и или 25-контактных разъемов типа D-sub, обозначаемых соответственно как DB9 и DB25. Изначально наибольшее распространение имел разъем DB25, поскольку он позволял использовать все имеющиеся варианты RS-232. Стандартом предусмотрена возможность синхронной передачи данных, что могло потребовать использование дополнительных контактов, однако на практике такой способ передачи используется редко. Для асинхронной же передачи, подразумеваемой под RS-232 по умолчанию, хватает возможностей более миниатюрного DB9. Поэтому в настоящее время используется преимущественно он.

Параллельный интерфейс — для каждого бита передаваемой группы имеется своя сигнальная линия (обычно с двоичным представлением), и все биты группы передаются

одновременно за один квант времени, то есть продвигаются по интерфейсным линиям параллельно. Примеры: параллельный порт подключения принтера (LPT-порт, 8 бит), интерфейс АТА/АТАРІ (16 бит), SCSI (8 или 16 бит), шина PCI (32 или 64 бита).

В параллельном интерфейсе существует явление перекоса (skew), существенно влияющее на достижимый предел тактовой частоты. Суть его в том, что сигналы, одновременно выставленные на одной стороне интерфейсного кабеля, доходят до другого конца не одновременно из-за разброса характеристик цепей. На время прохождения влияет длина проводов, свойства изоляции, соединительных элементов и т. п. Очевидно, что перекося (разница во времени прибытия) сигналов разных битов должен быть существенно меньше кванта времени, иначе биты будут искажаться (путаться с одноименными битами предшествующих и последующих посылок). Вполне понятно, что перекося ограничивает и допустимую длину интерфейсных кабелей: при одной и той же относительной погрешности скорости распространения сигналов на большей длине набегаеа и больший перекося. Перекося сдерживает и увеличение разрядности интерфейса: чем больше используется параллельных цепей, тем труднее добиться их идентичности. Из-за этого даже приходится «широкий» (многозарядный) интерфейс разбивать на несколько «узких» групп, для каждой из которых используются свои управляющие сигналы. В 90-х годах в схемотехнике приемопередающих узлов стали осваиваться частоты в сотни мегагерц и выше, то есть длительность кванта стала измеряться единицами наносекунд. Достичь соизмеримо малого перекося можно лишь в пределах жестких компактных конструкций (печатная плата), а для связи отдельных устройств кабелями длиной в десятки сантиметров пришлось остановиться на частотах, не превышающих десятков мегагерц. Для того чтобы ориентироваться в числах, отметим, что за 1 нс сигнал пробегает по электрическому проводнику порядка 20–25 см. Наносекунда — это период сигнала с частотой 1 ГГц.

2 Оборудование рабочего места

1. Персональные компьютеры (ноутбуки).
2. Модемы
3. Кабели соединительные.

3 Порядок выполнения работы

Собрать схему связи и передать аудио, видео и данные.

4 Содержание и оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Название, цель лабораторной работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Результаты выполнения заданий.
4. Выводы по работе.

Отчет оформляется в тетради по лабораторному практикуму.

5 Контрольные вопросы:

1. Области применения последовательного и параллельного интерфейсов.

2. Основные характеристики канала связи.
3. Стандарт RS-232. Схема соединения. Характеристика.
4. Разъёмы RS-232.
5. Протокол RS-232.
6. Формат асинхронной передачи по шине RS-232

6 Информационные источники

1. Иди Ф. Сетевой и межсетевой обмен данными с микроконтроллерами. – М.: Издательский дом «Додэка XXI», 2007. – 376 с.
2. Парк Д., Маккей С., Райт Э. Передача данных в системах контроля и управления. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 480 с.
3. Кузьминов А.Ю. Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микроконтроллером. – М.: Радио и связь, 2004. – 168 с.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. Спб.: Питер, 2010.

Лабораторная работа 2. Интерфейсы беспроводной связи

Цель работы: Ознакомиться и изучить основные интерфейсы беспроводной связи.
Получить навыки работы с беспроводными сетями связи.

Задание:

1. Изучить Интерфейсы беспроводной связи, стандарты беспроводной связи.
2. Организовать и провести мониторинг сети связи в стандарте 802.11.

1 Краткие теоретические сведения

Оптические интерфейсы ограниченного радиуса действия IrDA. Ассоциация инфракрасной передачи данных (Infrared Data Association - IrDA), начиная с ее образования в 1993 году, работала над открытым стандартом инфракрасной передачи данных на короткие расстояния. Спецификации IrDA базируются на двух стандартах - протоколе физического уровня 115 Кбит/с (типа UART), который был развит Hewlett Packard, и первоначально предложенном IBM протоколе Link Access Protocol (IrLAP), основанном на HDLC.

В 1995 году несколько лидеров рынка электроники выпустили серию продуктов, использующих для передачи информации по открытому оптическому каналу IrDA-standart, а в ноябре 1995 года Microsoft заявила о включении программного обеспечения, обеспечивающего инфракрасную связь, использующую IrDA-standart, в стандартный пакет операционной системы Windows 95. В настоящее время IrDA-standart - один из самых распространенных стандартов для организации передачи информации по открытому инфракрасному каналу. Это - протокол передачи данных связи «точка-точка» в узком коническом углу (30°), предназначенный для работы на расстоянии до 1 метра со скоростями между 9.6 Кбит/с и 16 Мбит/с. Устройства с беспроводными интерфейсами

Устройства с беспроводными интерфейсами:

- адаптер IRDA-USB;
- адаптер Bluetooth-USB;
- мышь Bluetooth с 8-ю кнопками.

Предусмотрены также протоколы следующих нескольких уровней:

- IrLAP (Infrared Link Access Protocol) - обеспечивает управление доступом, установление надежного двустороннего соединения;
- IrLMP (Infrared Link Management Protocol) - обеспечивает многоканальный логический доступ, переключение устройств (активный/пассивный) и пр.;
- IrCOMM (Infrared Communications Protocol) - обеспечивает работу устройств в режиме как параллельного, так и последовательного портов;
- IrOBEX (Infrared Object Exchange) - обмен данными или объектами;
- IrLAN (Infrared Local Area Network) - обеспечивает соединение инфракрасных устройств в локальную сеть в вариантах - «клиент-сервер» или «точка-точка» (peer to peer).

В области мобильных вычислений IrDA обычно используется для подключения портативного компьютера к мобильному телефону и установления модемной связи с Internet. IrDA также определяет IrLAN-протокол для подключения устройств, поддерживающих IrDA-

связь со стационарной сетью.

Спецификация для портативных устройств, обеспечивающая дешевую радиосвязь между мобильными компьютерами, мобильными телефонами, цифровыми камерами, принтерами, консолями видеоигр и другими переносными устройствами, возможность подсоединения к Internet. Связь устанавливается в безопасном, нелицензируемом диапазоне ультракоротких волн «Индустриальный научный и медицинский» (Industrial Scientific and Medical - ISM) - 2.4 ГГц (в интервале 2.4-2.4835 ГГц в США и Японии). Части этой полосы также доступны во Франции и Испании. Главное преимущество систем Bluetooth перед инфракрасными портами состоит в том, что здесь не требуется прямая оптическая видимость. Система реализует три класса связи (табл.1).

Таблица 1 – Характеристика классов связи

Класс связи	Максимальная разрешенная мощность, мВт	Дистанция (приблизительно), м
1	100	~100
2	2,5	~10
3	1	~1

Устройства, связывающиеся по протоколу Bluetooth работают в режиме «клиент-сервер» (master-slave). Устройство-клиент может вызывать до семи устройств-серверов. Клиент и сервер в любой момент могут поменяться ролями. Эта «сеть», которую образуют восемь или менее устройств, получила название персональной сети (Personal Area Network - PAN, или же «микросеть» - piconet).

Модули Bluetooth имеют приемопередатчики, которые сканируют пространство и обнаруживают другие устройства Bluetooth, чтобы установить связь. Прежде чем любые данные будут переданы между устройствами, должна быть установлена сессия сети. По соображениям безопасности пользователь должен предоставить подтверждение по входу в сеть устройствам, которые не были ранее идентифицированы как устройства, принадлежащие этой же PAN.

В любой момент времени данные могут передаваться между клиентом и серверами, причем первый может быстро переключаться между вторыми на манер «карусели». Спецификации Bluetooth допускают соединение двух или более PAN в «распределенную сеть» (scatternet), где выделяются устройства, которые в одной подсети играют роль клиента, а в другой - сервера.

Для решения проблем построения сетей связи абонентского доступа с минимальными издержками, как по времени, так и по затратам находит применение беспроводный абонентский доступ. В связи с чем, широкое применение на сетях связи находят технологии беспроводного доступа, такие как DECT, Wi-Fi, WiMAX и др.

Беспроводное соединение (Wi-Fi).

Число точек общественного доступа в Интернет (хот-спотов) Wi-Fi исчисляется во всем мире многими десятками тысяч. Системы Wi-Fi относительно дешевы, обеспечивают скорости передачи данных до 11–54 (108) Мбит/с, позволяют передавать голос.

Технология Wi-Fi (стандарт 802.11.x). В последние годы виден все больший рост спроса на мобильные устройства, построенные на основе беспроводных технологий.

Наиболее быстро развивающимся сегментом телекоммуникаций сегодня является Беспроводная Локальная Сеть (Wi-Fi).

Первый стандарт беспроводных сетей 802.11 был одобрен Институтом инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE) в 1997 году и поддерживал скорость передачи данных до 2-х Мбит\с. Используемые технологические схемы модуляции стандарта: псевдослучайная перестройка рабочей частоты (FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum) и широкополосная модуляция с прямым расширением спектра (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum).

В 1999 году, IEEE одобрила еще два стандарта беспроводных сетей Wi-Fi: 802.11a и 802.11b. Стандарт 802.11a работает в частотном диапазоне 5ГГц со скоростью передачи данных до 54Мбит\с. Данный стандарт построен на основе технологии цифровой модуляции ортогонального мультиплексирования с разделением частот (OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Стандарт 802.11b использует диапазон частот 2.4 ГГц и достигает скоростей передачи данных до 11Мбит\с. В отличие от стандарта 802.11a, схема стандарта 802.11b построена по принципу DSSS.

Поскольку реализовать схему DSSS легче, нежели чем OFDM, то и продукты, использующие стандарт 802.11b, начали появляться на рынке раньше (с 1999 года). С тех пор продукты, работающие по беспроводному протоколу радиодоступа и использующие стандарт 802.11b, широко использовались в корпорациях, офисах, дома, в загородных коттеджах, в общественных местах (хот-споты) и т.д.

В 2001 году IEEE расширило стандарт 802.11b, что привело к поддержке более высоких скоростей для передачи данных. Таким образом, появился стандарт 802.11g, который работает со скоростью передачи данных до 54Мбит\с и разрабатывался с использованием технологии OFDM.

Стандарт 802.11a – Высокая производительность и быстродействие. Благодаря использованию частоты 5 ГГц и модуляции OFDM у этого стандарта есть два ключевых преимущества перед стандартом 802.11b. Во-первых, это значительно увеличенная скорость передачи данных по каналам связи. Во-вторых, увеличилось число не накладывающихся каналов.

Диапазон 5 ГГц (также известный как UNII) фактически состоит из трех субдиапазонов: UNII1 (5.15 – 5.25 ГГц), UNII2 (5.25 – 5.35 ГГц) и UNII3 (5.725 – 5.825 ГГц). При использовании одновременно двух субдиапазонов UNII1 и UNII2 получаем до восьми непересекающихся каналов против всего лишь трех в диапазоне 2.4 ГГц. Также у этого стандарта гораздо больше доступная полоса пропускания. Таким образом, с использованием стандарта 802.11a можно поддерживать большее число одновременных, более продуктивных, неконфликтных беспроводных соединений.

Стандарты 802.11a и 802.11b работают в различных диапазонах, поэтому продукты, разработанные под эти стандарты не совместимы. Например, точка доступа Wi-Fi, работающая в диапазоне 2.4 ГГц, стандарта 802.11b, не будет работать с беспроводной сетевой картой, рабочий диапазон которой 5 ГГц. Однако, оба стандарта могут и сосуществовать. К примеру, пользователи, подключенные к точкам доступа, применяющим разные стандарты, также могут использовать любые внутренние ресурсы этой сети, но при условии, что эти точки доступа подключены к одной опорной сети.

802.11g – Высокая скорость в диапазоне 2.4 ГГц. Стандарт 802.11g несет с собой более

высокие скорости передачи данных, при этом поддерживая совместимость с продуктами стандарта 802.11b. Стандарт работает с применением модуляции DSSS на скоростях до 11 Мбит/с, но при этом дополнительно используется модуляция OFDM на скоростях выше 11 Мбит/с. Таким образом, оборудование стандартов 802.11b и 802.11g совместимо на скоростях, не превышающих 11 Мбит/с. Если в диапазоне 2.4 ГГц необходима скорость выше, нежели 11 Мбит/с, то нужно использовать оборудование стандарта 802.11g.

Можно сказать, что стандарт 802.11g соединил в себе все лучшее от стандартов 802.11b и 802.11a.

Стандарт 802.11n. Стандарт 802.11n использует совершенно новые технологии, повышающие скорость передачи данных и увеличивающие радиус покрытия. Так, например, заявленная скорость передачи данных для этого стандарта – около 300 Мбит/с. Теоретически 802.11n способен обеспечить скорость передачи данных до 480 Мбит/с. Устройства 802.11n работают в диапазонах 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц.

Однако, данная скорость передачи данных подразумевает использование большей ширины канала (40 МГц) и использования нескольких антенн для приема и передачи данных.

Модуляция, используемая стандартом, именуется MIMO (Multiple Input Multiple Output). Данная модуляция построена на основе применения множества антенн, соответственно, создается множество информационных потоков, что в разы увеличивает скорость передачи данных. Также в этом стандарте будет применена новая технология пакетной агрегации. Эта технология подразумевает, что с каждым отправленным пакетом будет передаваться больше информации. Данный стандарт работает как в диапазоне 2.4 ГГц, так и в диапазоне 5 ГГц. Этот стандарт совместим со всеми предыдущими стандартами.

IEEE 802.11 (Wireless LAN) представляет собой семейство стандартов "Wireless Ethernet" и предназначен для Беспроводных решений, в основном внутри помещений.

Беспроводные сети Wi-Fi безопасны, мобильны, отличаются широким радиусом действия, высокой скоростью передачи и технологией кодирования информации, полностью отвечают нормам и стандартам. Также, важным преимуществом являются доступные цены и быстрота подключения - всего лишь 30 минут и беспроводный Интернет работает. Беспроводной Интернет Wi-Fi позволит заниматься работой, проводить видеоконференции, отправлять и получать почту в любом месте, где бы мы ни находились. WiFi откроет новые возможности и перспективы. Можно смело утверждать, что Wi-Fi не заменим в современном ритме жизни.

Системы WiMAX – дальнейшее развитие систем Wi-Fi, использующих модуляцию OFDM, – обеспечивают высокоскоростной доступ в Интернет (а также передачу голоса и видео) на расстоянии в несколько километров со скоростями до 75 Мбит/с. Данная технология способна покрывать области радиусом более мили при полосе пропускания, превышающей возможности современных устройств DSL и кабельных модемов. При этом есть возможность работы вне зоны прямой видимости. Собственно, это альтернативная экономически эффективная сеть доступа, а значит, дорогого стоит. Сети на базе оборудования WiMAX начинают разворачиваться во многих странах, в том числе и в России (например, сеть компании «Комет» в Москве).

Технология WiMax (стандарт 802.16.x). WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) — телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого

спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов).

WiMAX подходит для решения следующих задач:

- соединения точек доступа Wi-Fi друг с другом и другими сегментами Интернета;
- обеспечения беспроводного широкополосного доступа как альтернативы выделенным линиям и DSL;
- предоставления высокоскоростных сервисов передачи данных и телекоммуникационных услуг;
- создания точек доступа, не привязанных к географическому положению.

WiMAX позволяет осуществлять доступ в Интернет на высоких скоростях, с гораздо большим покрытием, чем у Wi-Fi сетей. Это позволяет использовать технологию в качестве «магистральных каналов», продолжением которых выступают традиционные DSL- и выделенные линии, а так же локальные сети. В результате подобный подход позволяет создавать масштабируемые высокоскоростные сети масштабов целых городов.

В общем виде WiMAX сети состоят из следующих основных частей — базовых и абонентских станций, а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом.

Для соединения базовой станции с абонентской используется высокочастотный диапазон радиоволн от 1,5 до 11 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приемником.

Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 120 Мбит/с. При этом, по крайней мере одна базовая станция подключается к сети провайдера с использованием классических проводных соединений. Однако, чем большее число БС подключено к сетям провайдера, тем выше скорость передачи данных и надежность сети в целом.

Технологии и стандарты, используемые на сети беспроводной связи, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнительная таблица стандартов беспроводной связи

Технология	Стандарт	Использование	Пропускная способность	Радиус действия	Частоты
<u>Wi-Fi</u>	802.11a	<u>WLAN</u>	до 54 Мбит/с	до 100 метров	5,0 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11b	<u>WLAN</u>	до 11 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11g	<u>WLAN</u>	до 54 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11n	<u>WLAN</u>	до 300 Мбит/с (в перспективе до 450, а затем до 600 Мбит/с)	до 100 метров	2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц

WiMax	802.16d	<u>WMAN</u>	до 75 Мбит/с	6-10 км	1,5-11 ГГц
WiMax	802.16e	Mobile WMAN	до 40 Мбит/с	1-5 км	2.3-13.6 ГГц
WiMax	802.16m	<u>WMAN</u> , Mobile WMAN	до 1 Гбит/с (<u>WMAN</u>), до 100 Мбит/с (Mobile WMAN)	До 10 км	3,5 и 5 ГГц, для мобил. 2,3-3,8 ГГц.
<u>Bluetooth</u> v. 1.1.	802.15.1	<u>WPAN</u>	до 1 Мбит/с	до 10 метров	2,4 ГГц
<u>Bluetooth</u> v. 1.3.	802.15.3	<u>WPAN</u>	от 11 до 55 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>Bluetooth</u> v. 3.0	802.11	<u>WPAN</u>	от 3 Мбит/с до 24 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>UWB</u>	802.15.3a	<u>WPAN</u>	110-480 Мбит/с	до 10 метров	7,5 ГГц
<u>ZigBee</u>	802.15.4	<u>WPAN</u>	от 20 до 250 Кбит/с	1-100 м	2,4 ГГц (16 каналов), 915 МГц (10 каналов), 868 МГц (один канал)
<u>Инфракрасный порт</u>	IrDa	<u>WPAN</u>	до 16 Мбит/с	от 5 до 50 см, односторонняя связь — до 10 м	

2 Оборудование рабочего места

1. Персональные компьютеры (ноутбуки).
2. Беспроводная точка доступа WiFi RangeBooster N650 Access Point.
3. ПО WiFi 802.11. а,с

3 Порядок выполнения работы

Включить оборудование WiFi и провести мониторинг в соответствии ИЭ.

4 Содержание и оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Название, цель лабораторной работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Результаты выполнения заданий.
4. Выводы по работе.

Отчет оформляется в тетради по лабораторному практикуму.

5 Контрольные вопросы (ОПК-3):

1. На каком уровне регламентирует работу стандарт IEEE 802.11?
2. Стек протоколов стандарта 802.11.
3. Состав уровня передачи данных.
4. Основные элементы радиочастотного трансивера.
5. Доступные и планируемые частотные диапазоны для WiFi.
6. Виды модуляции используемые при беспроводном доступе.
7. Стек протоколов WAP.
8. Стандарт 802.11 и основные характеристики.
9. Стандарт 802.15 и основные характеристики.
10. Инфракрасный интерфейс IrDA.

6 Информационные источники

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. Спб.: Питер, 2010.
2. В. Вишневыкий, С. Портной, И. Шахнович / Энциклопедия WiMAX Путь к 4G: М.: Техносфера, 2009.

Лабораторная работа 3. Сетевые интерфейсы

Цель работы: Изучить сетевые интерфейсы и протоколы

Задание:

1. Изучить структуру стандартов IEEE 802.x. MAC-адреса.
2. Выполнить доступ к инфокоммуникационной среде и осуществить передачу данных.
3. Составить канал прохождения сигналов по учебной инфокоммуникационной сети.

1 Краткие теоретические сведения

Сетевой уровень (Network layer) служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, причем эти сети могут использовать совершенно различные принципы передачи сообщений между конечными узлами и обладать произвольной структурой связей. Функции сетевого уровня достаточно разнообразны. Начнем их рассмотрение на примере объединения локальных сетей.

Протоколы канального уровня локальных сетей обеспечивают доставку данных между любыми узлами только в сети с соответствующей типовой топологией, например топологией иерархической звезды. Это очень жесткое ограничение, которое не позволяет строить сети с развитой структурой, например, сети, объединяющие несколько сетей предприятия в единую сеть, или высоконадежные сети, в которых существуют избыточные связи между узлами. Можно было бы усложнять протоколы канального уровня для поддержания петлевидных избыточных связей, но принцип разделения обязанностей между уровнями приводит к другому решению. Чтобы с одной стороны сохранить простоту процедур передачи данных для типовых топологий, а с другой допустить использование произвольных топологий, вводится дополнительный сетевой уровень.

На сетевом уровне сам термин *сеть* наделяют специфическим значением. В данном случае под сетью понимается совокупность компьютеров, соединенных между собой в соответствии с одной из стандартных типовых топологий и использующих для передачи данных один из протоколов канального уровня, определенный для этой топологии.

Внутри сети доставка данных обеспечивается соответствующим канальным уровнем, а вот доставкой данных между сетями занимается сетевой уровень, который и поддерживает возможность правильного выбора маршрута передачи сообщения даже в том случае, когда структура связей между составляющими сетями имеет характер, отличный от принятого в протоколах канального уровня. Сети соединяются между собой специальными устройствами, называемыми маршрутизаторами. *Маршрутизатор* - это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и на ее основании пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения. Чтобы передать сообщение от отправителя, находящегося в одной сети, получателю, находящемуся в другой сети, нужно совершить некоторое количество *транзитных передач между сетями, или хопов* (от *hop* - прыжок), каждый раз выбирая подходящий маршрут. Таким образом, маршрут представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет.

На сетевом уровне определяются два вида протоколов. Первый вид - *сетевые протоколы (routed protocols)* - реализуют продвижение пакетов через сеть. Именно эти протоколы обычно имеют в виду, когда говорят о протоколах сетевого уровня. Однако часто к сетевому уровню относят и другой вид протоколов, называемых протоколами обмена маршрутной

информацией или просто *протоколами маршрутизации (routing protocols)*. С помощью этих протоколов маршрутизаторы собирают информацию о топологии межсетевых соединений. Протоколы сетевого уровня реализуются программными модулями операционной системы, а также программными и аппаратными средствами маршрутизаторов.

На сетевом уровне работают протоколы еще одного типа, которые отвечают за отображение адреса узла, используемого на сетевом уровне, в локальный адрес сети. Такие протоколы часто называют *протоколами разрешения адресов - Address Resolution Protocol, ARP*. Иногда их относят не к сетевому уровню, а к канальному, хотя тонкости классификации не изменяют их сути.

Примерами протоколов сетевого уровня являются протокол меж сетевого взаимодействия IP стека TCP/IP и протокол меж сетевого обмена пакетами IPX стека Novell.

Интерфейс определяет набор сервисов, предоставляемый данным уровнем соседнему уровню. В сущности, протокол и интерфейс выражают одно и то же понятие, но традиционно в сетях за ними закрепили разные области действия: протоколы определяют правила взаимодействия модулей одного уровня в разных узлах, а интерфейсы - модулей соседних уровней в одном узле.

Соответствие эталонных моделей OSI и TCP/IP приведено на рисунке 1.

Модель OSI	Модель TCP/IP
Прикладной	Прикладной
Представительный	
Сеансовый	
Транспортный	Транспортный
Сетевой	Межсетевой
Канальный	Интерфейсный
Физический	

Рисунок 1 – Соответствие эталонных моделей OSI и TCP/IP

Основой модели служит *межсетевой уровень*. Его задачей является доставка пакетов в пункт назначения. Передача осуществляется без установления соединения. Здесь же осуществляется выбор маршрута пакета. Пакеты могут двигаться к пункту назначения разными маршрутами, поэтому и прибывать они могут не в том порядке, в котором были отправлены.

На межсетевом уровне определен протокол *IP (Internet Protocol)*, задающий, в том числе и схему адресации. Кроме того, здесь же определены протоколы маршрутизации *RIP (Routing Information Protocol)*, *OSPF (Open Shortest Path First)*, *BGP (Border Gateway Protocol)*.

Основным протоколом сетевого уровня (в терминах модели OSI) в стеке является протокол IP (Internet Protocol). Этот протокол изначально проектировался как протокол передачи пакетов в составных сетях, состоящих из большого количества локальных сетей, объединенных как локальными, так и глобальными связями. Поэтому протокол IP хорошо работает в сетях со сложной топологией, рационально используя наличие в них подсистем и экономно расходуя пропускную способность низкоскоростных линий свя-

зи. Так как протокол IP является дейтаграммным протоколом, он не гарантирует доставку пакетов до узла назначения, но старается это сделать.

К уровню межсетевого взаимодействия относятся и все протоколы, связанные с составлением и модификацией таблиц маршрутизации, такие как протоколы сбора маршрутной информации RIP (Routing Internet Protocol) и OSPF (Open Shortest Path First), а также протокол межсетевых управляющих сообщений ICMP (Internet Control Message Protocol). Последний протокол предназначен для обмена информацией об ошибках между маршрутизаторами сети и узлом-источником пакета. С помощью специальных пакетов ICMP сообщает о невозможности доставки пакета, о превышении времени жизни или продолжительности сборки пакета из фрагментов, об аномальных величинах параметров, об изменении маршрута пересылки и типа обслуживания, о состоянии системы и т. п.

Таким образом, межсетевой уровень модели TCP/IP близок сетевому уровню эталонной модели OSI.

Некоторые протоколы межсетевого уровня модели TCP/IP показаны на рисунке 2.

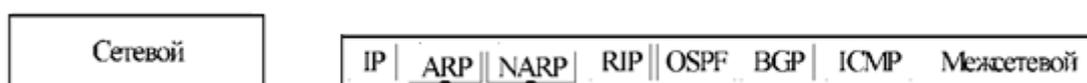


Рисунок 2 – Протоколы межсетевого уровня модели TCP/IP

2 Оборудование рабочего места

Комбинированная локальная мультисервисная транспортная сеть связи (лабораторная аудитория № 304).

3 Порядок выполнения работы

1. Включить локальная мультисервисная транспортная сеть связи.
2. Передать различные виды сигналов (аудио, видео, данные) по сети различным оконечным устройствам.

4 Содержание и оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Название, цель лабораторной работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Результаты выполнения заданий.
4. Выводы по работе.

Отчет оформляется в тетради по лабораторному практикуму.

5 Контрольные вопросы (ОПК-3):

1. Перечислите состав учебной инфокоммуникационной сети.
2. Как скорость передачи данных технологии Ethernet на разделяемой среде влияет на максимальный диаметр сети?
3. К какому типу относится MAC-адрес 01:80:C2:00:00:08?

4. Какие интерфейсы используются при организации связи?
5. Какие из перечисленных терминов в некотором контексте могут использоваться как синонимы:
- емкость канала связи;
 - скорость передачи данных;
 - полоса пропускания канала связи;
 - пропускная способность канала связи.
7. Какие соображения следует учитывать при выборе топологии сети? Приведите достоинства и недостатки каждой из типовых топологий.
8. Какие из приведенных утверждений верны при любых условиях:
- в сетях с коммутацией пакетов необходимо предварительно устанавливать соединение;
 - в сетях с коммутацией каналов не требуется указывать адрес назначения данных;
 - сеть с коммутацией пакетов более эффективна, чем сеть с коммутацией каналов;
 - сеть с коммутацией каналов предоставляет взаимодействующим абонентам гарантированную пропускную способность.
9. Пусть для передачи голоса используется дискретизация по времени с интервалом 25 мкс и дискретизация по значениям на уровне 1024 градации звукового сигнала. Какая пропускная способность необходима для передачи полученного таким образом голосового трафика?
10. Определите, на сколько увеличится время передачи данных в сети с коммутацией пакетов по сравнению с сетью коммутации каналов, если известны следующие величины:
- общий объем передаваемых данных — 200 Кбайт;
 - суммарная длина канала — 5000 км;
 - скорость передачи сигнала — 0,66 скорости света;
 - пропускная способность канала — 2 Мбит/с;
 - размер пакета без учета заголовка — 4 Кбайт;
 - размер заголовка — 40 байт;
 - интервал между пакетами — 1 мс;
 - количество промежуточных коммутаторов — 10;
 - время коммутации на каждом коммутаторе — 2 мс.
- Считайте, что сеть работает в недогруженном режиме, так что очереди в коммутаторах отсутствуют.

6 Информационные источники

- Олифер В.Г., Олифер Н.А., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. Спб.: Питер, 2010.
- В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 3 – Мультисервисные сети под ред. профессора В.П. Шувалова. - Изд. 3-е, М.: Горячая линия - Телеком, 2015.

Лабораторная работа 4. Исследование и передача информационных потоков.

Цель работы: Приобрести навыки передачи информации в инфокоммуникационных сетях связи.

Задание к ЛР №4

1. Изучить структуру информационных потоков передаваемых по сети связи.
2. Выполнить перераспределение цифровых потоков и осуществить передачу данных.

1 Краткие теоретические сведения

Тенденции развития телекоммуникаций в XXI веке показывают, что человечество движется по пути создания глобального информационного общества. Понятие информационного общества (ИО) четко не определено, но можно предположить, что это такое общество, в котором информатизация и телекоммуникации (инфокоммуникации) будут определять новую ступень развития экономики, социальной сферы, культуры и науки.

Особенности построения цифровых систем передачи являются:

- высокая помехоустойчивость;
- слабая зависимость качества передачи от длины линии связи;
- стабильность параметров каналов ЦСП;
- эффективность использования пропускной способности каналов для передачи дискретных сигналов;
- возможность построения цифровой сети связи;
- высокие технико-экономические показатели.

Аппаратура ЦСП состоит из аппаратуры формирования и приема цифровых сигналов, а также аппаратуры линейного тракта. Цифровой сигнал формируется в оборудовании аналого-цифрового преобразования (каналообразования) первичных ЦСП или в оборудовании временного группообразования ЦСП более высокого уровня. В первом случае на вход ЦСП поступают аналоговые сигналы, а во втором — цифровые.

При передаче телефонных сигналов по каналам ЦСП используется ВРК с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). В этом случае формирование группового цифрового сигнала предусматривает последовательное выполнение следующих основных операций (рис. 1):

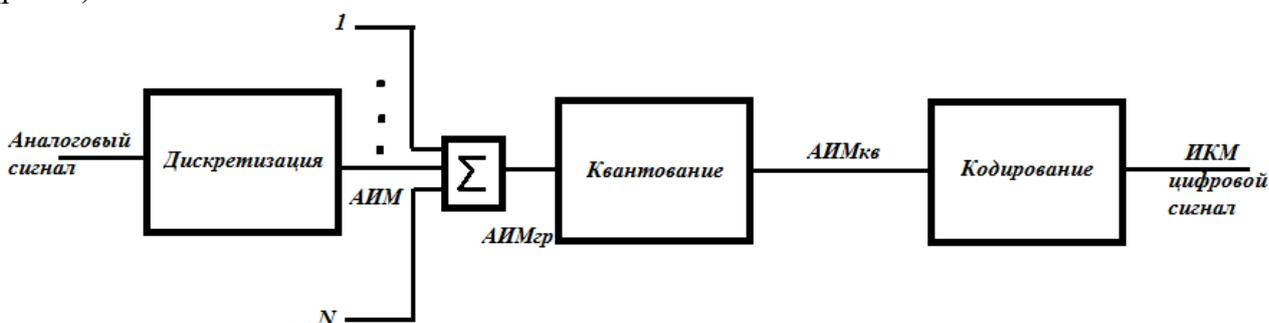


Рисунок 1- Принципы формирования цифрового группового сигнала

- дискретизации индивидуальных телефонных сигналов по времени, в результате чего формируется импульсный сигнал, промоделированный по амплитуде, т.е. АИМ сигнал;
- объединения N индивидуальных АИМ сигналов в групповой АИМ сигнал с использованием принципов временного разделения каналов;
- квантования группового АИМ сигнала по уровню;
- последовательного кодирования отчетов группового АИМ сигнала, в результате чего формируется групповой ИКМ сигнал, т.е. цифровой сигнал.

Требования к ЦСП определены в рекомендациях МСЭ-Т серии G.

Современной технологией, используемой в настоящее время для построения сетей связи, является синхронная цифровая иерархия (СЦИ) (Synchronous Digital Hierarchy-SDH). Системы SDH обеспечивают скорость передачи от 155 Мбит/с и выше и могут транспортировать как сигналы существующих ЦСП, так и новых перспективных служб, в том числе широкополосных. Аппаратура SDH является программно управляемой и интегрирует в себе средства преобразования, передачи, оперативного переключения, контроля, управления.

SDH позволяет организовать универсальную транспортную сеть, выполняющую функции как передачи информации, так и контроля и управления. Она рассчитана на транспортирование всех сигналов PDH, а также всех действующих и перспективных служб (рис. 2) [3].

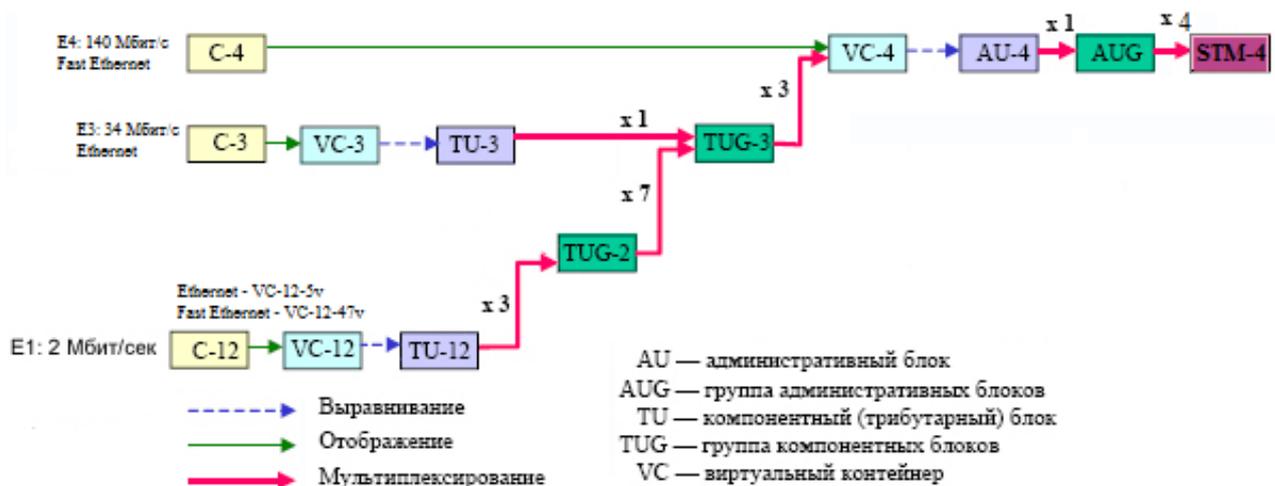


Рисунок 2 – Цифровой поток SDH

Ethernet — семейство технологий пакетной передачи данных для компьютерных сетей. Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде — на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3. Ethernet стал самой распространённой технологией ЛВС в середине 1990-х годов, вытеснив такие устаревшие технологии, как ARCNET и Token ring.

Название «Ethernet» (буквально «эфирная сеть» или «среда сети») отражает первоначальный принцип работы этой технологии: всё, передаваемое одним узлом,

одновременно принимается всеми остальными (то есть имеется некое сходство с радиовещанием). В настоящее время практически всегда подключение происходит через коммутаторы (switch), так что кадры, отправляемые одним узлом, доходят лишь до адресата (исключение составляют передачи на широковещательный адрес) — это повышает скорость работы и безопасность сети. На рисунке 3 представлен порядок формирования пакета Ethernet.

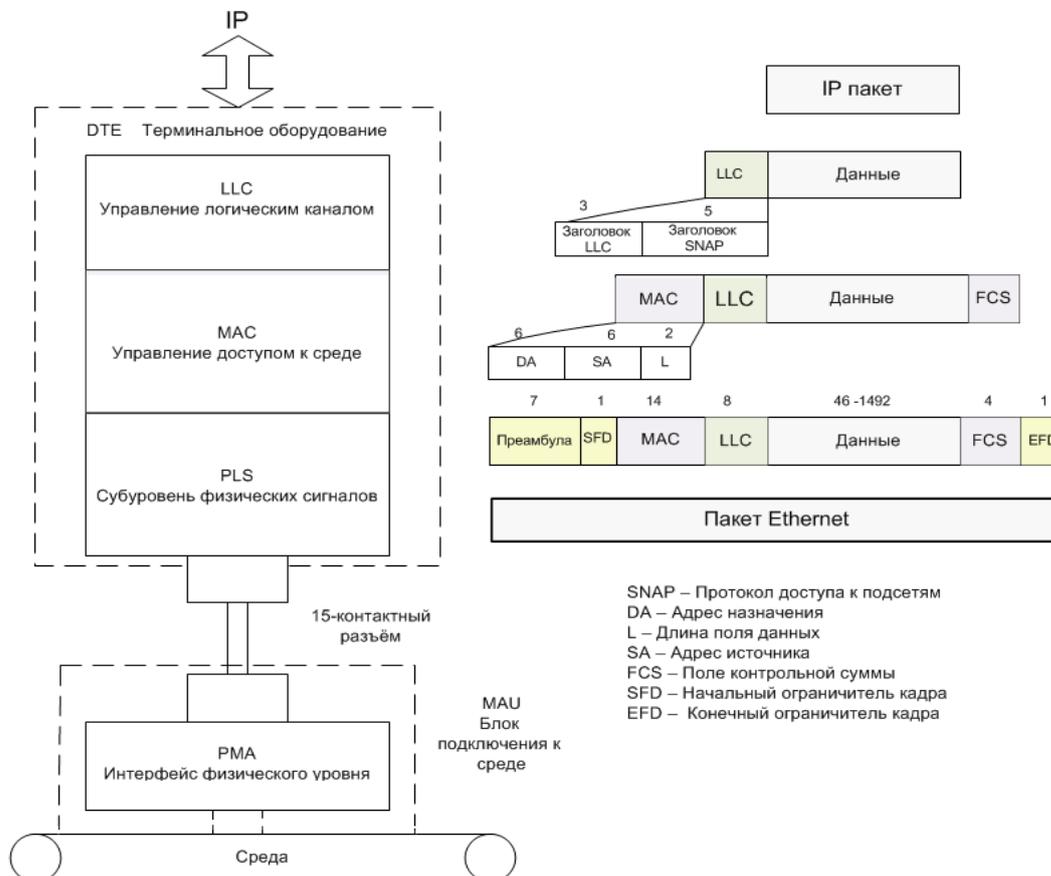


Рисунок 3 – Структура пакета Ethernet

2 Оборудование рабочего места

Комбинированная локальная мультисервисная транспортная сеть связи (лабораторная аудитория № 304).

3 Порядок выполнения работы

1. Включить локальная мультисервисная транспортная сеть связи.
2. Передать различные виды сигналов (аудио, видео, данные) по сети различным оконечным устройствам используя технологии SDH и PDH.
3. Передать различные виды сигналов (аудио, видео, данные) по сети различным оконечным устройствам используя технологии Eth и FE.

4 Содержание и оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Название, цель лабораторной работы.
 2. Краткие теоретические сведения.
 3. Результаты выполнения заданий.
 4. Выводы по работе.
- Отчет оформляется в тетради по лабораторному практикуму.

5 Контрольные вопросы (ОПК-3):

1. Чем коммутатор отличается от моста?
2. При каком распределении трафика неблокирующий коммутатор с 12-ю портами Fast Ethernet и одним портом Gigabit Ethernet оправдывает свое название? Варианты ответов:
 - а) входной трафик всех портов Fast Ethernet, которые работают с близкой к 100 % нагрузкой, направлен в порт Gigabit Ethernet;
 - б) входной трафик порта Gigabit Ethernet, который работает с близкой к 100 % нагрузкой, равномерно распределен между 12-ю портами Fast Ethernet;
 - в) входной трафик всех портов Fast Ethernet, которые работают с 50-процентной нагрузкой, направлен в порт Gigabit Ethernet.
3. Совпадают ли форматы кадров 10 Мбит/с Ethernet и Fast Ethernet?
4. Можно ли коммутатор локальной сети с интерфейсом 10GBase-WL непосредственно присоединить к порту STM-64 мультиплексора SDH?
5. Можно ли в сети PDH выделить канал E-0 непосредственно из канала E-3?
6. Какое максимальное количество каналов E-1 может мультиплексировать кадр STM-1?
7. По какой причине в кадре STM-1 используется три указателя?
8. Для достижения, каких целей разработан механизм виртуальной конкатенации?
9. Что общего между первичными сетями FDM и DWDM?
10. С какой целью в сетях DWDM используются регенераторы, преобразующие оптический сигнал в электрический?
11. Какой принцип лежит в основе методов обнаружения и коррекции ошибок?
12. При каком методе кодирования/модуляции спектр сигнала симметричен относительно основной гармоники?
13. Каким образом можно повысить скорость передачи данных по кабельной линии связи?

6 Информационные источники

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. СПб.: Питер, 2010.
2. В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3-х томах. Том 3 – Мультисервисные сети под ред. профессора В.П. Шувалова. - Изд. 3-е, М.: Горячая линия - Телеком, 2015.
3. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов - М.: Горячая линия - Телеком, 2013.

Лабораторная работа №5. Информационные и транспортные услуги.

Цель работы: Приобрести навыки передачи сигналов в локальных сетях связи.

Задание к ЛР №5

1. Изучить технику виртуальных каналов и структуру IP-сети.
2. Выполнить передачу различных видов информации.

1 Краткие теоретические сведения

Виртуальная локальная сеть может имитировать не только физические каналы, но и более высокоуровневые свойства сети. Так, может быть спроектирована сеть VPN, способная поддерживать IP-трафик клиента с созданием эффекта изолированной IP-сети. В этом случае VPN производит некоторые дополнительные сетевые операции над клиентским трафиком — сбор разнообразной статистики, фильтрацию и экранирование взаимодействий между пользователями и подразделениями одного и того же предприятия (не нужно путать с экранированием от внешних пользователей — это основная функция VPN) и т. п.

Имитация сервисов прикладного уровня встречается в VPN гораздо реже, чем имитация собственно транспортных функций, но также возможна. Например, поставщик в состоянии поддерживать для клиента веб-сайты, почтовую систему или специализированные приложения управления предприятием.

Другим критерием, используемым при сравнении VPN, является степень приближенности сервисов, предлагаемых VPN, к свойствам сервисов частной сети.

Во-первых, важнейшим свойством сервисов частной сети является безопасность. Безопасность VPN подразумевает весь набор атрибутов защищенной сети — конфиденциальность, целостность и доступность информации при передаче через общедоступную сеть, а также защищенность внутренних ресурсов сетей потребителя и поставщика от внешних атак. Степень безопасности VPN варьируется в широких пределах в зависимости от применяемых средств защиты: "шифрования трафика, аутентификации пользователей и устройств изоляции адресных пространств (например, на основе техники NAT), использования виртуальных каналов и двухточечных туннелей, затрудняющих подключение к ним. В данном случае VPN рассматривается как имитация локальной сети предприятия.

Во-вторых, желательно, чтобы сервисы VPN приближались к сервисам частной сети по качеству обслуживания. Качество транспортного обслуживания подразумевает, в первую очередь, гарантии пропускной способности для трафика клиента, к которым могут добавляться и другие параметры QoS — максимальные задержки и процент потерянных данных. В пакетных сетях пульсации трафика, переменные задержки и потери пакетов — неизбежное зло, поэтому степень приближения виртуальных каналов к каналам TDM всегда неполная и вероятностная (в среднем, но никаких гарантий для отдельно взятого пакета). Разные пакетные технологии отличаются различным уровнем поддержки параметров QoS. В АТМ, например, механизмы качества обслуживания наиболее совершенны и отработаны, а в IP-сетях они только начинают внедряться. Поэтому далеко не каждая сеть VPN пытается воссоздать эти особенности частной сети. Считается, что безопасность — обязательное

свойство VPN, а качество транспортного обслуживания — только желательное.

В-третьих, сеть VPN приближается к реальной локальной сети, если она обеспечивает для клиента независимость адресного пространства. Это дает клиенту одновременно и удобство конфигурирования, и способ поддержания безопасности. Причем желательно, чтобы не только клиенты ничего не знали об адресных пространствах друг друга, но и магистраль поставщика имела собственное адресное пространство, неизвестное пользователям. В этом случае сеть поставщика услуг будет надежнее защищена от умышленных атак или неумышленных действий своих клиентов, а значит, более высоким будет качество предоставляемых услуг VPN.

Существенное влияние на свойства виртуальных локальных сетей оказывают технологии, с помощью которых эти сети строятся. Все технологии VPN можно разделить на два класса в зависимости от того, каким образом они обеспечивают безопасность передачи данных:

- технологии разграничения трафика;
- технологии шифрования.

В технологиях разграничения трафика используется техника постоянных виртуальных каналов, обеспечивающая надежную защиту трафика каждого клиента от намеренного или ненамеренного доступа к нему других клиентов публичной сети. К этому типу технологий относятся:

- ATM VPN;
- Frame Relay VPN;
- MPLS VPN;
- Carrier Ethernet VPN.

Двухточечные виртуальные каналы этих технологий имитируют сервис выделенных каналов, проходя от пограничного устройства (Client Edge, CE) одного сайта клиента через поставщика к CE другого сайта клиента [1].

2 Оборудование рабочего места

Локальная мультисервисная транспортная сеть связи (лабораторная аудитория № 304).

3 Порядок выполнения работы

1. Включить локальная мультисервисная транспортная сеть связи.
2. Передать различные виды сигналов (аудио, видео, данные) по локальной сети различным оконечным устройствам используя технологии Ethernet.

4 Содержание и оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Название, цель лабораторной работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Результаты выполнения заданий.
4. Выводы по работе.

Отчет оформляется в тетради по лабораторному практикуму.

Контрольные вопросы (ОПК-3):

1. Что произойдет, если при передаче пакета он был фрагментирован и один из фрагментов не дошел до узла назначения после истечения тайм-аута?
2. Может ли работать маршрутизатор, не имея таблицы маршрутизации?
3. Какой параметр можно использовать, чтобы ограничить пульсацию входного потока пакетов, профилируемого по алгоритму ведра маркеров?
4. Какие свойства частной сети имитирует услуга виртуальных частных сетей, предоставляемая провайдером?
5. Что отличает виртуальные каналы ATM от виртуальных каналов Frame Relay?
6. Можно ли в сети, поддерживающей MPLS, передавать часть трафика посредством обычного IP-продвижения?
7. Что является аналогом туннелей MPLS TE в технологии ATM?
8. В чем причина появления Ethernet операторского класса? Назовите формат кода линейных цифровых сигналов в системах синхронной иерархии и дайте краткую характеристику.
9. Какие основные параметры ЦЛТ, определяют качество передачи ЛЦС?
10. Какие сигналы в синхронной цифровой иерархии являются трибутарными?
11. По каким линиям связи передаются цифровые потоки в синхронной цифровой иерархии?
12. Какую технологию используют транспортные сети для формирования и передачи цифровых потоков?
13. В составе какого модуля и с какой скоростью передаётся цифровой поток в Синхронной цифровой иерархии?
14. Каким образом осуществляется объединение цифровых потоков в SDH?
15. Чему равен в синхронной цифровой иерархии коэффициент мультиплексирования?
16. Какие потоки являются агрегатированными потоками в SDH?
17. Какие транспортные модули используются в SDH?
18. Чему равна скорость передачи STM?

6 Информационные источники

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. Спб.: Питер, 2010.
2. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов - М.: Горячая линия - Телеком, 2013.