

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»



И.В.РЕШЕТНИКОВА

СЕТИ И СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Учебное пособие

**Ростов-на-Дону
2022**

УДК 004
ББК 32.97
Ж 86

Решетникова И.В. СЕТИ И СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ .
Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2022. – 52 с.

В учебном пособии, предназначенном для студентов, изучающих дисциплины «Сети и системы передачи информации» изложены краткие теоретические сведения об особенностях построения систем передачи информации.

Изложен порядок проведения изучения построения систем передачи информации, содержание требования к отчету, приведен перечень контрольных вопросов по проведенному лабораторному исследованию.

Лабораторные исследования позволят студентам, обучающимся по направлениям подготовки бакалавров: 10.03.01 «Информационная безопасность» более глубоко изучить дисциплины «Сети и системы передачи информации», закрепить полученные знания, а также получить практические навыки в работе с информационно-коммуникационными системами.

Пособие также будет интересно широкому кругу студентов технических специальностей и инженерам, интересующимся принципами построения систем передачи информации.

Рецензенты:

Ведущий научный сотрудник «Ростовский-на-Дону НИИ радиосвязи»,
д.т.н., доцент А.В. Елисеев;

Ведущий научный сотрудник «Ростовский-на-Дону НИИ радиосвязи»,
д.т.н. доцент В.А. Погорелов;

© СКФ МТУСИ, 2022
© Решетникова И.В. 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1	Характеристики линий связи	5
1.1	Краткие теоретические сведения	5
1.2	Лабораторное исследование № 1. Характеристики линий связи	19
2	Организация взаимодействия открытых систем.....	22
2.1	Краткие теоретические сведения	22
2.2	Лабораторное исследование №2. Организация взаимодействия открытых систем.....	35
3	Моделирования компьютерных сетей.....	37
3.1	Краткие теоретические сведения	37
3.2	Лабораторное исследование №3. Моделирование локальных сетей связи.....	38
3.3	Лабораторное исследование №4. Настройка сетевых параметров	45
ПК.....		
3.4	Лабораторное исследование №5. Моделирование сети с топологией звезда	48
4	Расчет нагрузки сетей связи.....	51
4.1	Краткие теоретические сведения	51
4.2	Практическое занятие № 3. Расчет нагрузки сетей связи.....	54
5	Схемы сетей связи.....	58
5.1	Краткие теоретические сведения	58
5.2	Практическое занятие № 2. Структурные схемы сетей связи.....	59
6	Топологические модели сетей	61
6.1	Краткие теоретические сведения	61
6.2	Практическое занятие №3. Топологические модели сетей.....	62
7	Построение беспроводных сетей.....	66
7.1	Краткие теоретические сведения	66
7.2	Практическое занятие №4. Построение беспроводных сетей.....	72
	Список использованных источников	75

1 Характеристики линий связи

1.1 Краткие теоретические сведения

При построении сетей применяются линии связи, в которых используются различные физические среды: подвешенные в воздухе телефонные и телеграфные провода, проложенные под землей и по дну океана медные коаксиальные и волоконно-оптические кабели, опутывающие все современные офисы медные витые пары, всё проникающие радиоволны.

В данной лабораторной работе рассматриваются как общие характеристики линий связи, не зависящие от их физической природы, такие как полоса пропускания, пропускная способность, помехоустойчивость и достоверность передачи, так особенности характеристики конкретной физической среде.

Ширина полосы пропускания является фундаментальной характеристики канала связи, так как определяет максимально возможную информационную скорость канала, которая называется пропускной способностью канала. Формула Найквиста выражает эту зависимость для идеального канала, а формула Шеннона учитывает наличие в реальном канале шума.

В подавляющем большинстве компьютерных сетей (особенно локальных) используются проводные или кабельные каналы связи, хотя существуют и беспроводные сети, которые сейчас находят все более широкое применение, особенно в портативных компьютерах.

Средой передачи информации называются те линии связи (или каналы связи), по которым производится обмен информацией между компьютерами.

Информация в локальных сетях чаще всего передается в последовательном коде, то есть бит за битом. Такая передача медленнее и сложнее, чем при использовании параллельного кода. Однако надо учитывать то, что при более быстрой параллельной передаче (по нескольким линиям/кабелям одновременно) увеличивается количество соединительных кабелей в число раз, равное количеству разрядов параллельного кода (например, в 8 раз при 8-разрядном коде). При значительных расстояниях между абонентами сети стоимость кабеля вполне сравнима со стоимостью компьютеров и даже может превосходить ее.

Передача на большие расстояния при любом типе кабеля требует сложной передающей и приемной аппаратуры, так как при этом необходимо формировать мощный сигнал на передающем конце и детектировать слабый сигнал на приемном конце. При последовательной передаче для этого требуется всего один передатчик и один приемник. При параллельной же

количество требуемых передатчиков и приемников возрастает пропорционально разрядности используемого параллельного кода.

К тому же при параллельной передаче чрезвычайно важно, чтобы длины отдельных кабелей были точно равны друг другу. Иначе в результате прохождения по кабелям разной длины между сигналами на приемном конце образуется временной сдвиг, который может привести к сбоям в работе или даже к полной неработоспособности сети. Например, при скорости передачи 100 Мбит/с и длительности бита 10нс ($10 \cdot 10^{-9}$ сек) этот временной сдвиг не должен превышать 5—10 нс. Такую величину сдвига дает разница в длинах кабелей в 1—2 метра. При длине кабеля 1000 метров это составляет 0,1—0,2%.

Надо отметить, что в некоторых высокоскоростных локальных сетях все-таки используют параллельную передачу по 2—4 линиям, что позволяет при заданной скорости передачи применять более дешевые кабели с меньшей полосой пропускания. Но допустимая длина кабелей при этом не превышает сотни метров. Примером может служить сегмент 100BASE-T4 (кабель витая пара UTP 4cat.) или 1000Base-T (кабель витая пара UTP 5cat.) стандарт Ethernet.

В связи с этим, даже если разрабатывается сеть незначительной длины (порядка десятка метров) чаще всего выбирают последовательную передачу.

Каждый тип кабеля имеет свои преимущества и недостатки, так что при выборе надо учитывать как особенности решаемой задачи, так и особенности конкретной сети, в том числе и используемую топологию.

Электромагнитные характеристики линий и каналов связи определены международными европейскими стандартами.

В настоящее время действуют следующие стандарты на кабели:

- EIA/TIA 568 (Commercial Building Telecommunications Cabling Standard) – американский;
- ISO/IEC IS 11801 (Generic cabling for customer premises) – международный;
- CENELEC EN 50173 (Generic cabling systems) – европейский.

Эти стандарты описывают практически одинаковые кабельные системы, но отличаются терминологией и нормами на параметры. В данной работе предлагается придерживаться терминологии стандарта EIA/TIA 568 и ISO/IEC IS 11801.

Характеристики линий и каналов связи зависят от конструктивных особенностей, качества применяемых материалов, технологии изготовления, воздействия внешних факторов, частоты, скорости и минимальной длительности передаваемых сигналов. По ширине полосы пропускаемых частот каналы и линии подразделяются на классы:

- класс А — 0,1 МГц;
- класс В — 1,0 МГц;
- класс С - 16,0 МГц;
- класс D- 100,0 МГц;
- класс Е - 250,0 МГц;
- класс F - 600,0 МГц.

Весь тракт физической среды от источника сигналов до приемника, состоит из активного оборудования и пассивного. К активному оборудованию относятся: концентраторы, коммутаторы, маршрутизаторы, медиаконвертеры, сервера, рабочие станции. Пассивное оборудование состоит из следующих компонентов: кабели, коннекторы, вилки, гнезда, коммутационные Patch's панели, телекоммуникационные шкафы, кабель каналы, коробка и пр. Полностью смонтированная система, состоящая из пассивного оборудования, и выполненная по определенным правилам и стандартам называется «Структурированная Кабельная Система» - СКС.

Непосредственно компоненты, из которых создается СКС (кабели, коннекторы, вилки, гнезда и т. п.) классифицируются в выше указанных международных стандартах ISO/IEC и TIA/EIA-568 по категориям. Критерием отнесения компонента к категории является также ширина полосы пропускаемых им частот:

- категория 1 0,1 МГц;
- категория 2 1,0 МГц;
- категория 3 16 МГц;
- категория 4 20 МГц;
- категория 5 100 МГц;
- категория 6 250 МГц;
- категория 7 600 МГц

Категории 1, 2 стандартом ISO/IEC 11801 не рассматриваются.

Можно выделить следующие основные параметры кабелей, принципиально важные для использования в локальных сетях:

1. Затухание (attenuation) определяется как относительное уменьшение амплитуды или мощности сигнала при передаче по линии сигнала определенной частоты. Часто при эксплуатации линии заранее известна основная частота передаваемого сигнала, то есть та частота, гармоника которой имеет наибольшую амплитуду и мощность. Поэтому достаточно знать затухание на этой частоте, чтобы приблизительно оценить искажения передаваемых по линии сигналов. Более точные оценки возможны при знании затухания на нескольких частотах или в полосе частот, охватывающих несколько основных гармоник передаваемого сигнала. Затухание А обычно измеряется в децибелах (дБ, decibel - dB) и вычисляется по следующей формуле:

$$A = 10 \log_{10} P_{\text{out}} / P_{\text{in}}, \quad (1.1.)$$

где P_{out} - мощность сигнала на выходе линии, P_{in} - мощность сигнала на входе линии.

Так как мощность выходного сигнала кабеля без промежуточных усилителей всегда меньше, чем мощность входного сигнала, затухание кабеля всегда является отрицательной величиной. Например, кабель витой пары категории 5 характеризуется затуханием не ниже -23,6 дБ для частоты 100 МГц при длине кабеля 100 м

2. Амплитудно-частотная характеристика (Рисунок. 4.1.) показывает, как затухает амплитуда синусоиды на выходе линии связи по сравнению с амплитудой на ее входе для всех возможных частот передаваемого сигнала. Вместо амплитуды в этой характеристике используют такой параметр сигнала, как затухание (см. формулу 1.1.). Знание амплитудно-частотной характеристики реальной линии позволяет определить форму выходного сигнала практически для любого входного сигнала. Для этого необходимо найти спектр входного сигнала, преобразовать амплитуду составляющих его гармоник в соответствии с амплитудно-частотной характеристикой, а затем найти форму выходного сигнала, сложив преобразованные гармоники. С ростом частоты сигнала растет затухание сигнала. Надо выбирать кабель, который на заданной частоте сигнала имеет приемлемое затухание. Или же надо выбирать частоту сигнала, на которой затухание еще приемлемо.

3. Помехозащищенность кабеля и обеспечиваемая им секретность передачи информации. Эти два взаимосвязанных параметра показывают, как кабель взаимодействует с окружающей средой, то есть, как он реагирует на внешние помехи, и насколько просто прослушать информацию, передаваемую по кабелю.

4. Полоса пропускания (bandwidth) - это непрерывный диапазон частот, для которого отношение амплитуды выходного сигнала к входному превышает некоторый заранее заданный предел, обычно 0,5. То есть полоса пропускания определяет диапазон частот синусоидального сигнала, при которых этот сигнал передается по линии связи без значительных искажений. Знание полосы пропускания позволяет получить с некоторой степенью приближения тот же результат, что и знание амплитудно-частотной характеристики. Ширина полосы пропускания в наибольшей степени влияет на максимально возможную скорость передачи информации по линии связи.

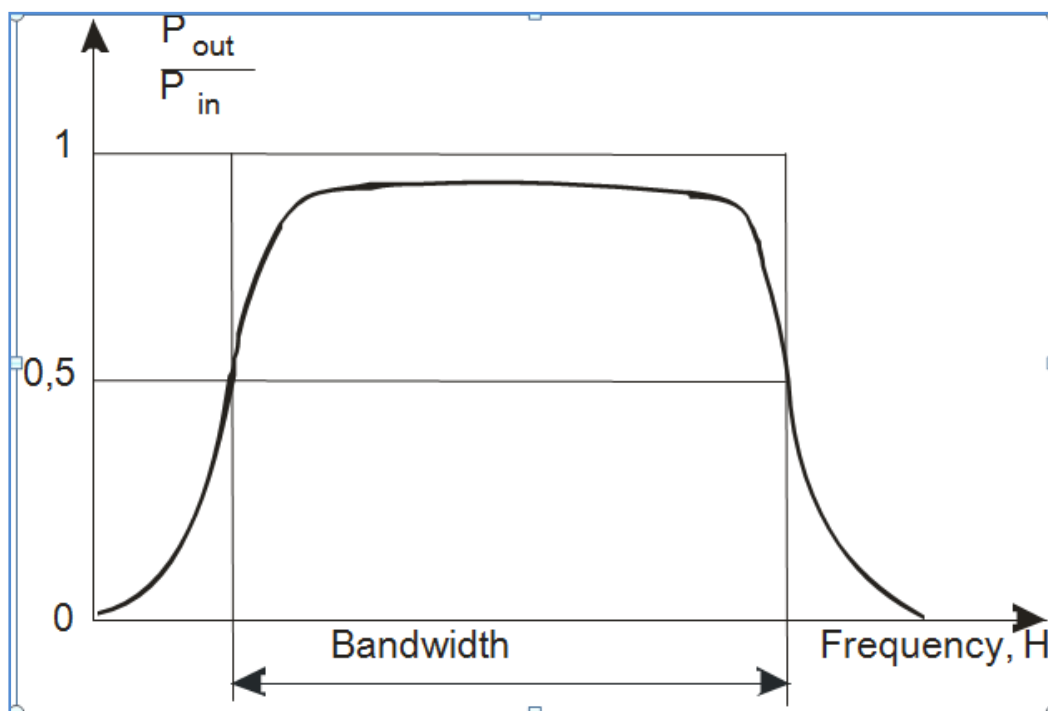


Рисунок 1.1. Амплитудно-частотная характеристика и полоса пропускания линии (канала) связи.

5. Пропускная способность линии (throughput) характеризует максимально возможную скорость передачи данных, которая может быть достигнута на этой линии. Особенностью пропускной способности является то, что, с одной стороны, эта характеристика зависит от параметров физической среды, а с другой — определяется способом передачи данных. Следовательно, говорить о пропускной способности линии связи следует после того, когда определен протокол физического уровня.

Пропускная способность линий связи и коммуникационного сетевого оборудования измеряется в битах в секунду, а не в байтах в секунду. Это связано с тем, что данные в сетях передаются последовательно, то есть побитно, а не параллельно, байтами, как это происходит между устройствами внутри компьютера.

Такие единицы измерения, как килобит, мегабит или гигабит, в сетевых технологиях строго соответствуют степеням 10 (то есть килобит - это 1000 бит, а мегабит - это 1 000000 бит), как это принято во всех отраслях науки и техники, а не близким к этим числам степеням 2, как это принято в программировании, где «кило» равна $2^{10} = 1024$, а «мега» - $2^{20} = 1048576$.

Пропускная способность линий тесно связана с полосой пропускания. Эту связь ещё в 1924г. установил американский ученый Х. Найквист (Н.

Нyuquist) из компании AT&T на основании теоремы Котельникова о дискретизации сигналов.

Найквист доказал, что если сигнал имеет M - количество различных состояний информационного параметра, F - полоса пропускания в герцах, то (пропускная способность линий)

$$C=2 * F * \log_2 M \quad (1.2)$$

Формула Х. Найквиста применима для идеального канала (линии) связи.

В реальных каналах и линиях связи на пропускную способность влияют соотношение уровня полезного сигнала и уровня помех.

Связь между полосой пропускания линии и ее пропускной способностью вне зависимости от принятого способа физического кодирования установил Клод Шеннон:

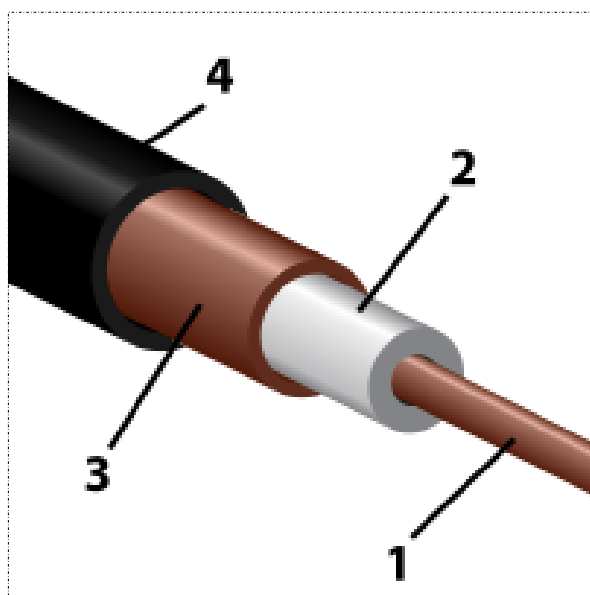
$$C = F * \log_2 (1 + P_c / P_{ш}) \quad (1.3)$$

Здесь C — пропускная способность линии в битах в секунду. F - ширина полосы пропускания линии в герцах, P_c — мощность сигнала, $P_{ш}$ — мощность шума.

6. СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛА ПО КАБЕЛЮ или обратный параметр – ЗАДЕРЖКА СИГНАЛА НА МЕТР ДЛИНЫ КАБЕЛЯ. Этот параметр не связан с пропускной способностью линии (полосой пропускания), а отражает свойства среды передачи (медь, оптоволокно, радиоволны). В данном случае этот параметр имеет принципиальное значение при выборе длины сети. Типичные величины скорости распространения сигнала – от 0,6 до 0,8 от скорости распространения света в вакууме. Соответственно типичные величины задержек – от 4 до 5 нс/м.

7. Для электрических кабелей очень важна величина волнового сопротивления кабеля. Волновое сопротивление важно учитывать при согласовании кабеля для предотвращения отражения сигнала от концов кабеля. Волновое сопротивление зависит от формы и взаиморасположения проводников, от технологии изготовления и материала диэлектрика кабеля. Типичные значения волнового сопротивления – от 50 до 150 Ом.

Коаксиальный кабель представляет собой электрический кабель, состоящий из центрального медного провода и металлической оплетки (экрана), разделенных между собой слоем диэлектрика (внутренней изоляции) и помещенных в общую внешнюю оболочку (Рисунок. 4.2).



Коаксиальный кабель до недавнего времени был очень популярен, что связано с его высокой помехозащищенностью (благодаря металлической оплетке), более широкими, чем в случае витой пары, полосами пропускания (10 ГГц и выше), а также большими допустимыми расстояниями передачи (до километра).

Рисунок. 1.2. Коаксиальный

кабель

1. внутренний проводник (медная проволока),
2. изоляция (сплошной полиэтилен),
3. внешний проводник (оплётка из меди),
4. оболочка (свето- стабилизированный полиэтилен).

К нему труднее механически подключиться для несанкционированного прослушивания сети, он дает также заметно меньше электромагнитных излучений вовне, а также более устойчив к внешним источникам помех. Однако монтаж и ремонт коаксиального кабеля существенно сложнее, чем витой пары. Сейчас его применяют реже, чем витую пару. Стандарт EIA/TIA-568 включает в себя только один тип коаксиального кабеля, применяемый в сети Ethernet.

Основное применение коаксиальный кабель находит в сетях с топологией типа шина. При этом на концах кабеля обязательно должны устанавливаться терминаторы для предотвращения внутренних отражений сигнала, причем один (и только один!) из терминаторов должен быть заземлен. Без заземления металлическая оплетка не защищает сеть от внешних электромагнитных помех и не снижает излучение передаваемой по сети информации во внешнюю среду. Но при заземлении оплетки в двух или более точках из строя может выйти не только сетевое оборудование, но и компьютеры, подключенные к сети. Терминаторы должны быть обязательно согласованы с кабелем, необходимо, чтобы их сопротивление равнялось волновому сопротивлению кабеля. Например, если используется 50-омный кабель, для него подходят только 50-омные терминаторы.

Реже коаксиальные кабели применяются в сетях с топологией звезда (например, пассивная звезда в сети Arcnet). В этом случае проблема согласования существенно упрощается, так как внешних терминаторов на свободных концах не требуется.

Волновое сопротивление кабеля указывается в сопроводительной документации. Чаще всего в локальных сетях применяются 50-омные (RG-58, RG-11, RG-8). Распространенные в телевизионной технике 75-омные кабели в локальных сетях не используются. Марок коаксиального кабеля немного. Он не считается особо перспективным. В новых стандартах Ethernet не предусмотрено применение коаксиальных кабелей. Однако во многих случаях классическая шинная топология (а не пассивная звезда) очень удобна. Как уже отмечалось, она не требует применения дополнительных устройств – концентраторов.

Существует два основных типа коаксиального кабеля:

- тонкий (thin) кабель, имеющий диаметр около 0,5-0,6 см, более гибкий;
- толстый (thick) кабель, диаметром около 1,2 см, значительно более жесткий. Он представляет собой классический вариант коаксиального кабеля, который уже почти полностью вытеснен современным тонким кабелем.

Толстый (thick) коаксиальный кабель называют «стандартный Ethernet», поскольку он был первым типом кабеля, применяемым в Ethernet. Медная жила этого кабеля толще, чем у тонкого коаксиального кабеля, поэтому затухание сигнала меньше. Толстый коаксиальный кабель передает сигналы дальше, чем тонкий, - до 500 м (около 1640 футов). Поэтому толстый коаксиальный кабель иногда используют в качестве основного кабеля магистрали (back-bone), который соединяет несколько небольших сетей, построенных на тонком коаксиальном кабеле. Для подключения к толстому коаксиальному кабелю применяют специальное устройство - трансивер (transceiver).

Тонкий (thin) коаксиальный кабель способен передавать сигнал на расстояние до 185 м (около 607 футов) без его заметного искажения, вызванного затуханием. Производители оборудования выработали специальную маркировку для различных типов кабелей. Тонкий коаксиальный кабель относится к группе, которая называется семейством RG-58, его волновое сопротивление равно 50 Ом.

Зато с тонким кабелем гораздо удобнее работать: его можно оперативно проложить к каждому компьютеру, а толстый требует жесткой фиксации на стене помещения. Подключение к тонкому кабелю (с помощью разъемов BNC байонетного типа) проще и не требует дополнительного оборудования. А для подключения к толстому кабелю надо использовать

специальные довольно дорогие устройства, прокалывающие его оболочки и устанавливающие контакт как с центральной жилой, так и с экраном. Толстый кабель примерно вдвое дороже, чем тонкий, поэтому тонкий кабель применяется гораздо чаще.

Типичные величины задержки распространения сигнала в коаксиальном кабеле составляют для тонкого кабеля около 5 нс/м, а для толстого – около 4,5 нс/м.

В настоящее время считается, что коаксиальный кабель устарел, в большинстве случаев его вполне может заменить витая пара или оптоволоконный кабель. И новые стандарты Ethernet на кабельные системы уже не включают его в перечень типов кабелей.

Оптоволоконный (он же волоконно–оптический) кабель

Это принципиально иной тип кабеля по сравнению с рассмотренными двумя типами электрического или медного кабеля. Информация по нему передается не электрическим сигналом, а световым. Главный его элемент – это прозрачное стекловолокно, по которому свет проходит на огромные расстояния (до десятков километров) с незначительным ослаблением.



Рисунок. 1.3 – Структура оптоволоконного кабеля

Структура оптоволоконного кабеля очень проста и похожа на структуру коаксиального электрического кабеля. Только вместо центрального медного провода здесь используется тонкое (диаметром около 1 – 10 мкм) СТЕКЛОВОЛОКНО, а вместо внутренней изоляции – СТЕКЛЯННАЯ или ПЛАСТИКОВАЯ ОБОЛОЧКА, не позволяющая свету выходить за пределы стекловолокна. В данном случае речь идет о режиме так называемого полного внутреннего отражения света от границы двух веществ с разными коэффициентами преломления (у стеклянной оболочки коэффициент преломления значительно ниже, чем у центрального волокна). Металлическая оплетка кабеля обычно отсутствует, так как экранирование от внешних электромагнитных помех здесь не требуется. Однако иногда ее все–таки применяют для механической защиты от окружающей среды (такой кабель иногда называют броневым (бронированным), он может объединять под одной оболочкой несколько оптоволоконных кабелей).

Оптоволоконный кабель обладает исключительными характеристиками по помехозащищенности и секретности передаваемой

информации. Никакие внешние электромагнитные помехи в принципе не способны исказить световой сигнал, а сам сигнал не порождает внешних электромагнитных излучений. Подключиться к этому типу кабеля для несанкционированного прослушивания сети практически невозможно, так как при этом нарушается целостность кабеля. Стоимость оптоволоконного кабеля постоянно снижается и сейчас примерно равна стоимости тонкого коаксиального кабеля.

Однако оптоволоконный кабель имеет и некоторые НЕДОСТАТКИ:

1. Самый главный из них – высокая сложность монтажа (при установке разъемов необходима микронная точность, от точности скола стекловолокна и степени его полировки сильно зависит затухание в разьеме).

2. Использование оптоволоконного кабеля требует специальных оптических приемников и передатчиков, преобразующих световые сигналы в электрические и обратно, что порой существенно увеличивает стоимость сети в целом.

3. Оптоволоконные кабели допускают разветвление сигналов (для этого производятся специальные пассивные разветвители (couplers) на 2–8 каналов), но, как правило, их используют для передачи данных только в одном направлении между одним передатчиком и одним приемником.

4. Оптоволоконный кабель менее прочен и гибок, чем электрический.

5. Чувствителен оптоволоконный кабель и к ионизирующим излучениям, из-за которых снижается прозрачность стекловолокна, то есть увеличивается затухание сигнала.

6. Применяют оптоволоконный кабель только в сетях с топологией звезда и кольцо. Никаких проблем согласования и заземления в данном случае не существует. Кабель обеспечивает идеальную гальваническую развязку компьютеров сети. В будущем этот тип кабеля, вероятно, вытеснит электрические кабели или, во всяком случае, сильно потеснит их. Запасы меди на планете истощаются, а сырья для производства стекла более чем достаточно.

Существуют два различных типа оптоволоконного кабеля:

1. МНОГОМОДОВЫЙ ИЛИ МУЛЬТИМОДОВЫЙ КАБЕЛЬ, более дешевый, но менее качественный;

2. ОДНОМОДОВЫЙ КАБЕЛЬ, более дорогой, но имеет лучшие характеристики по сравнению с первым.

Суть различия между этими двумя типами сводится к разным режимам прохождения световых лучей в кабеле.

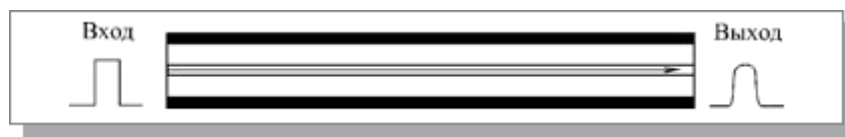


Рисунок. 1.4.– Распространение света в одномодовом кабеле

В ОДНОМОДОВОМ КАБЕЛЕ практически все лучи проходят один и тот же путь, в результате чего они достигают приемника одновременно, и форма сигнала почти не искажается. Одномодовый кабель имеет диаметр центрального волокна около 1,3 мкм и передает свет только с такой же длиной волны (1,3 мкм). Дисперсия и потери сигнала при этом очень незначительны, что позволяет передавать сигналы на значительно большее расстояние, чем в случае применения многомодового кабеля. Для одномодового кабеля применяются лазерные передатчики, использующие свет исключительно с требуемой длиной волны. Затухание сигнала в одномодовом кабеле составляет около 5 дБ/км и может быть даже снижено до 1 дБ/км.



Рисунок. 1.5. – Распространение света в многомодовом кабеле

В МНОГОМОДОВОМ КАБЕЛЕ траектории световых лучей имеют заметный разброс, в результате чего форма сигнала на приемном конце кабеля искажается. Центральное волокно имеет диаметр 62,5 мкм, а диаметр внешней оболочки 125 мкм (это иногда обозначается как 62,5/125). Для передачи используется обычный (не лазерный) светодиод, что снижает стоимость и увеличивает срок службы передатчиков по сравнению с одномодовым кабелем. Длина волны света в многомодовом кабеле равна 0,85 мкм, при этом наблюдается разброс длин волн около 30 – 50 нм. Допустимая длина кабеля составляет 2 – 5 км. Многомодовый кабель – это основной тип оптоволоконного кабеля в настоящее время, так как он дешевле и доступнее. Затухание в многомодовом кабеле больше, чем в одномодовом и составляет 5 – 20 дБ/км.

Типичная величина задержки для наиболее распространенных кабелей составляет около 4–5 нс/м, что близко к величине задержки в электрических кабелях.

Кроме кабельных каналов в компьютерных сетях иногда используются также БЕСКАБЕЛЬНЫЕ КАНАЛЫ. Их главное преимущество состоит в том, что не требуется никакой прокладки проводов (не надо делать отверстий в стенах, закреплять кабель в трубах и желобах, прокладывать его под фальшполами, над подвесными потолками или в вентиляционных

шахтах, искать и устранять повреждения). К тому же компьютеры сети можно легко перемещать в пределах комнаты или здания, так как они ни к чему не привязаны.

РАДИОКАНАЛ использует передачу информации по радиоволнам, поэтому теоретически он может обеспечить связь на многие десятки, сотни и даже тысячи километров. Скорость передачи достигает десятков мегабит в секунду (здесь многое зависит от выбранной длины волны и способа кодирования).

Особенность радиоканала состоит в том, что сигнал свободно излучается в эфир, он не замкнут в кабель, поэтому возникают проблемы совместимости с другими источниками радиоволн (радио- и телевещательными станциями, радарам, радиолюбительскими и профессиональными передатчиками и т.д.). В радиоканале используется передача в узком диапазоне частот и модуляция информационным сигналом сигнала несущей частоты.

Главным недостатком радиоканала является его плохая защита от прослушивания, так как радиоволны распространяются неконтролируемо. Другой большой недостаток радиоканала – слабая помехозащищенность.



Рисунок. 1.6 – Объединение компьютеров

Радиоканал широко применяется в глобальных сетях как для наземной, так и для спутниковой связи. В этом применении у радиоканала нет конкурентов, так как радиоволны могут дойти до любой точки земного шара.

ИНФРАКРАСНЫЙ КАНАЛ также не требует соединительных проводов, так как использует для связи инфракрасное излучение (подобно пульту дистанционного управления домашнего телевизора). Главное его преимущество по сравнению с радиоканалом – нечувствительность к электромагнитным помехам, что позволяет применять его, например, в производственных условиях, где всегда много помех от силового оборудования. Правда, в данном случае требуется довольно высокая мощность передачи, чтобы не влияли никакие другие источники теплового (инфракрасного) излучения. Плохо работает инфракрасная связь и в условиях сильной запыленности воздуха.

Скорости передачи информации по инфракрасному каналу обычно не превышают 5–10 Мбит/с, но при использовании инфракрасных лазеров

может быть достигнута скорость более 100 Мбит/с. Секретность передаваемой информации, как и в случае радиоканала, не достигается, также, требуются сравнительно дорогие приемники и передатчики.

Витые пары проводов используются в дешевых и сегодня, пожалуй, самых популярных кабелях. Кабель на основе витых пар представляет собой несколько пар скрученных попарно изолированных медных проводов в единой диэлектрической (пластиковой) оболочке. Он довольно гибкий и удобный для прокладки. Скручивание проводов позволяет свести к минимуму индуктивные наводки кабелей друг на друга и снизить влияние переходных процессов.

Обычно в кабель входит две (Рисунок. 1.7) или четыре витые пары.

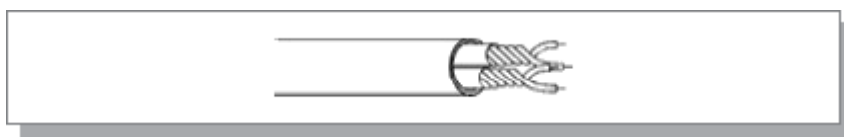


Рисунок. 1.7. Кабель с витыми парами

Неэкранированные витые пары характеризуются слабой защищенностью от внешних электромагнитных помех, а также от подслушивания, которое может осуществляться с целью, например, промышленного шпионажа. Причем перехват передаваемой по сети информации возможен как с помощью контактного метода (например, посредством двух иглок, воткнутых в кабель), так и с помощью бесконтактного метода, сводящегося к радиоперехвату излучаемых кабелем электромагнитных полей. Причем действие помех и величина излучения вовне увеличивается с ростом длины кабеля. Для устранения этих недостатков применяется экранирование кабелей.

В случае экранированной витой пары STP каждая из витых пар помещается в металлическую оплетку-экран для уменьшения излучений кабеля, защиты от внешних электромагнитных помех и снижения взаимного влияния пар проводов друг на друга (cross talk – перекрестные наводки). Для того чтобы экран защищал от помех, он должен быть обязательно заземлен. Естественно, экранированная витая пара заметно дороже, чем неэкранированная. Ее использование требует специальных экранированных разъемов. Поэтому встречается она значительно реже, чем неэкранированная витая пара.

Основные достоинства неэкранированных витых пар – простота монтажа разъемов на концах кабеля, а также ремонта любых повреждений по сравнению с другими типами кабеля. Все остальные характеристики у них хуже, чем у других кабелей. Например, при заданной скорости передачи затухание сигнала (уменьшение его уровня по мере прохождения по кабелю) у них больше, чем у коаксиальных кабелей. Если учесть еще

низкую помехозащищенность, то понятно, почему линии связи на основе витых пар, как правило, довольно короткие (обычно в пределах 100 метров). В настоящее время витая пара используется для передачи информации на скоростях до 1000 Мбит/с, хотя технические проблемы, возникающие при таких скоростях крайне сложны.

Согласно стандарту EIA/TIA-568, существуют пять основных и две дополнительные категории кабелей на основе неэкранированной витой пары (UTP):

1. Кабель категории 1 – это обычный телефонный кабель (пары проводов не витые), по которому можно передавать только речь. Этот тип кабеля имеет большой разброс параметров (волнового сопротивления, полосы пропускания, перекрестных наводок).

2. Кабель категории 2 – это кабель из витых пар для передачи данных в полосе частот до 1 МГц. Кабель не тестируется на уровень перекрестных наводок. В настоящее время он используется очень редко. Стандарт EIA/TIA 568 не различает кабели категорий 1 и 2.

3. Кабель категории 3 – это кабель для передачи данных в полосе частот до 16 МГц, состоящий из витых пар с девятью витками проводов на метр длины. Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Это самый простой тип кабелей, рекомендованный стандартом для локальных сетей. Еще недавно он был самым распространенным, но сейчас повсеместно вытесняется кабелем категории 5.

4. Кабель категории 4 – это кабель, передающий данные в полосе частот до 20 МГц. Используется редко, так как не слишком заметно отличается от категории 3. Стандартом рекомендуется вместо кабеля категории 3 переходить сразу на кабель категории 5. Кабель категории 4 тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Кабель был создан для работы в сетях по стандарту IEEE 802.5. (Token Ring)

5. Кабель категории 5 – в настоящее время самый распространенный кабель, рассчитанный на передачу данных в полосе частот до 100 МГц. Состоит из витых пар, имеющих не менее 27 витков на метр длины (8 витков на фут). Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Рекомендуется применять его в современных высокоскоростных сетях типа Fast Ethernet и TPFDI. Кабель категории 5 примерно на 30—50% дороже, чем кабель категории 3.

6. Кабель категории 6 – перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 200 (или 250) МГц. в настоящее время рекомендуется для сетей 1000МГц.

7. Кабель категории 7 – перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 600 МГц.

Согласно стандарту EIA/TIA 568, полное волновое сопротивление наиболее совершенных кабелей категорий 3, 4 и 5 должно составлять 100 Ом $\pm 15\%$ в частотном диапазоне от 1 МГц до максимальной частоты кабеля. Требования не очень жесткие: величина волнового сопротивления может находиться в диапазоне от 85 до 115 Ом. Здесь же следует отметить, что волновое сопротивление экранированной витой пары STP по стандарту должно быть равным 150 Ом $\pm 15\%$. Для согласования сопротивлений кабеля и оборудования в случае их несовпадения применяют согласующие трансформаторы (Balun). Существует также экранированная витая пара с волновым сопротивлением 100 Ом, но используется она довольно редко.

1.2 Лабораторное исследование № 1. Характеристики линий связи

Цель исследования:

изучить общие характеристики линий связи, не зависящие от их физической природы, такие как полоса пропускания, пропускная способность, помехоустойчивость и достоверность передачи, так особенности присутствующие в конкретной физической среде.

Время работы: 4 часа

Задания на выполнение лабораторного исследования

1. По указанию преподавателя выбрать 2 вида кабеля из прилагаемого списка:

1. коаксиальный кабель;
2. волоконнооптический;
3. витая пара.

Если студент желает провести анализ кабеля конкретного производителя, не входящих в предложенный список, то это можно сделать по согласованию с преподавателем.

3. На сайте производителя данного кабеля или из других источников в сети Интернет, узнать основные характеристики и возможности.

4. Решить задачу согласно варианту (варианты с 1 по 10 по журналу, далее 11 -1вариант и тд)

1. При измерениях линий связи применяется величина «нулевого» уровня сигнала по мощности равная одному милливатту 1мвт. Рассчитайте напряжение (милливольт) в линии связи с волновым сопротивлением 100Ом при нулевом уровне сигнала.

2. Уровень передатчика на входе кабеля UTP – 5cat. равен 3 дБ. Рассчитайте напряжение на входе приемника (на выходе кабеля) используя таблицу 4.8, а также рассчитайте величину напряжения на входе кабеля.

3. Каким будет теоретический предел скорости передачи данных в бит/с по каналу с шириной полосы пропускания в 20 кГц, если мощность передатчика составляет 0,01 мВт, а мощность шума в канале равна 0,0001 мВт?

4. Определите пропускную способность канала связи для каждого из направлений дуплексного режима, если известно, что его полоса пропускания равна 600 кГц, а метода кодирования использует 10 состояний сигнала.

5. 6. 7. Рассчитайте задержку распространения сигнала и задержку передачи данных для случая передачи пакета в 128 байт по:

а) кабелю витой пары длиной в 100 м при скорости передачи данных 100 Мбит/с,

б) коаксиальному кабелю длиной в 2 км при скорости передачи в 10 Мбит/с,

в) спутниковому геостационарному каналу протяженностью в 72000 км при скорости передачи данных 128 Кбит/с.

Считайте скорость распространения сигнала равной скорости света в вакууме 300 000 км/с.

8. Подсчитайте скорость линии связи, если известно, что тактовая частота передатчика равно 125 МГц, а сигнал имеет 5 состояний.

9. Приемник и передатчик сетевого адаптера подключены к соседним парам кабеля UTP. Какова мощность наведенной помехи на входе приемника, если передатчик имеет мощность 30 дБм, а показатель NEXT кабеля равен -20 дБ?

10. Пусть известно, что модем передает данные в дуплексном режиме со скоростью 33,6 Кбит/с. Сколько состояний имеет его сигнал, если полоса пропускания линии связи равна 3,43 кГц?

5. Сделать выводы по работе.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы

2. Назначение кабельной продукции.

3. Перечень типов кабеля с указанием сайта производителя.

4. Скриншоты с кратким описанием основных технических характеристик для каждого типа.

5. Результаты сравнительного анализа с аналогичным по функционалу двумя другими типами кабельной продукции из предложенного списка или выбранных студентом самостоятельно.

6. Выводы по проведенному исследованию.

Контрольные вопросы

При сдаче отчета по лабораторному исследованию студент должен быть готов ответить на следующие вопросы:

1. Что называется средой передачи информации в компьютерных сетях?

2. Информация в компьютерных сетях передается параллельном коде или последовательно и почему?

3. Основные характеристики линии связи: затухание, амплитудно-частотная характеристика, помехозащищенность кабеля, пропускная способность.

4. В чем измеряется затухание линии связи?

5. Что такое задержка сигнала, типичные величины задержки?

6. Параметр Волновое сопротивление, что это такое, в каких единицах измеряется и какую роль играет данный параметр? Привести типовые величины волнового сопротивления для разных сред передачи;

7. Приведите международные стандарты на кабели.

8. Коаксиальный кабель. Что собой представляет конструкция, типы кабелей, волновое сопротивление, в каких сетях применяется? Максимальная длина сети?

9. Волоконно–оптический кабель - структура, достоинства и недостатки. Два основных типа кабеля.

10. Бескабельные каналы связи. Приведите особенности и характеристики. Какие основные типы сетей вы знаете (использовать информацию из Интернета).

11. Кабели на основе витых пар. Экранированная витая пара, неэкранированная обозначение, категории. Привести основные особенности различных кабелей витой пары, разной категорий и в каких сетях применяется;

12. Что означают параметры NEXT и FEXT, PSNEXT и PS FEXT?;

13. Объясните параметры витой пары: Возвратные потери и Затухание. Как характеризуют линию, в чем измеряются, как обозначаются, какие допустимые величины в стандарте.

2 Организация взаимодействия открытых систем

2.1 Краткие теоретические сведения

В своем первоначальном варианте компьютерные сети представляли собой системы, позволявшие соединять разнородные компоненты и обладавшие закрытой архитектурой. Если в доисторические времена до появления персональных компьютеров какая-либо компания пыталась автоматизировать обработку данных или бухгалтерский учет, она обращалась к одному поставщику и приобретала целый аппаратно-программный комплекс, готовый к эксплуатации.

В такой закрытой среде, ориентированной на определенную фирму-поставщика, прикладные программы работали только в окружении, поддерживаемом определенной операционной системой. Операционная система работала только в контексте безопасности оборудования, предоставленного тем же поставщиком. Даже терминалы конечных пользователей и средства подключения к центральному компьютеру были частью того же интегрированного решения, разработанного конкретным поставщиком.

В эпоху безраздельного царствования интегрированных решений осознано необходимость надежной и защищенной от ошибок коммуникационной сети, которая могла бы объединить все входящие в нее компьютеры, а также компьютеры университетов, научных центров и фирм-подрядчиков. На первый взгляд задача кажется не такой уж грандиозной, но это впечатление обманчиво. На заре компьютерных технологий фирмы-поставщики разрабатывали комплексы из программных, аппаратных и сетевых компонентов с очень высокой степенью интеграции. Пользователю, пожелавшему организовать обмен данными с другой платформой, пришлось бы нелегко.

Заставить всех субподрядчиков научной организации перейти на единый стандарт оборудования было абсолютно нереально. Соответственно, возникла необходимость в средствах для соединения разнородных платформ. Так появился первый протокол открытых коммуникаций: IP (Internet Protocol).

Таким образом, открытой следует считать сеть, обеспечивающую взаимодействие и совместное использование ресурсов на разнородных компьютерах. Открытость достигается посредством объединенной разработки и сопровождения технических спецификаций. Эти спецификации, также называемые открытыми стандартами, свободно распространяются и доступны для всех желающих.

Открытые коммуникации возможны только при четком согласовании всех функций, необходимых для взаимодействия и обмена данными между двумя конечными системами. Идентификация этих важнейших функций и установление порядка их выполнения закладывают основу для открытых коммуникаций. Две системы смогут взаимодействовать только в том случае, если они договорятся о том, как будет организовано это взаимодействие. Иначе говоря, они должны следовать общим правилам получения данных от приложения и их упаковки для передачи по сети. Никакие подробности, даже второстепенные, не могут считаться сами собой разумеющимися или зависеть от случайностей.

К счастью, существует более или менее логичная последовательность событий, необходимых для проведения сеанса связи. В минимальном варианте необходимо выполнить следующие операции:

- * Данные передаются от приложения коммуникационному процессу (также называемому *протоколом*). Коммуникационный протокол должен подготовить данные приложения для передачи по сети. Обычно при этом данные разбиваются на сегменты более удобного размера.

- * Сегментированные данные заключаются в служебную структуру данных (*конверт*) для передачи по сети заданному устройству (или устройствам). Дополнительная информация, содержащаяся в этой структуре, должна позволить любому сетевому вычислительному устройству определить, откуда поступил конверт и куда он передается. В зависимости от используемого протокола эта структура может представлять собой кадр, пакет или ячейку.

- * Кадры (или пакеты) преобразуются в физическое битовое представление для передачи. Биты передаются в виде световых импульсов по оптоволоконным сетям (например, FDDI) или в электронном состоянии (наличие/отсутствие сигнала) по электронным сетям — например, Ethernet или любой другой сети, в которой данные передаются в электрическом виде по металлическим проводам.

В точке приема, то есть на компьютере-получателе, эти действия выполняются в обратном порядке.

Во время сеанса связи также может возникнуть необходимость и в других операциях, координирующих действия отправителя и получателя и обеспечивающих благополучное прибытие данных. К числу таких операций относятся следующие:

- * Регулировка объема передаваемых данных, чтобы предотвратить перегрузку получателя и/или сети.

- * Проверка целостности полученных данных, в ходе которой получатель убеждается в том, что данные не были повреждены в процессе передачи. Проверка осуществляется с использованием контрольных сумм

— например, по алгоритму CRC (Cyclic Redundancy Checksum). Полиномиальный математический алгоритм вычисления контрольной суммы CRC позволяет обнаруживать ошибки в передаваемых данных.

* Координация повторной передачи данных, которые либо не прибыли по месту назначения, либо были получены в поврежденном виде.

* Наконец, получатель данных должен заново собрать сегменты в форму, распознаваемую приложением-получателем. С точки зрения получателя, принятые данные должны точно совпадать с данными, отправленными приложением-отправителем. Иначе говоря, результат должен выглядеть так, словно данные передаются напрямую между двумя приложениями. Данное свойство называется *логической смежностью*.

Организация взаимодействия между устройствами в сети является сложной задачей. Как известно, для решения сложных задач используется универсальный прием — декомпозиция, то есть разбиение одной сложной задачи на несколько более простых задач-модулей (Рисунок. 1.20). Процедура декомпозиции включает в себя четкое определение функций каждого модуля, решающего отдельную задачу, и интерфейсов между ними. В результате достигается логическое упрощение задачи, а кроме того, появляется возможность модификации отдельных модулей без изменения остальной части системы.

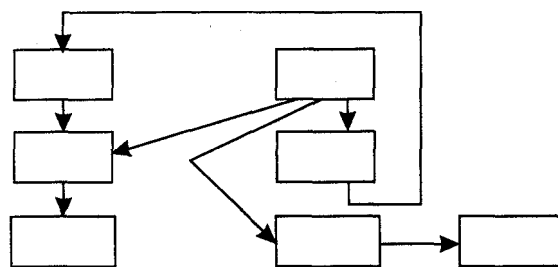


Рисунок.2.1 Пример декомпозиции задачи

При декомпозиции часто используют многоуровневый подход: все множество модулей разбивают на уровни. Уровни образуют иерархию, то есть имеются вышележащие и нижележащие уровни (Рисунок. 1.21). Множество модулей, составляющих каждый уровень, сформировано таким образом, что для выполнения своих задач они обращаются с запросами только к модулям непосредственно примыкающего нижележащего уровня. С другой стороны, результаты работы всех модулей, принадлежащих некоторому уровню, могут быть переданы только модулям соседнего вышележащего уровня. Такая иерархическая декомпозиция задачи предполагает четкое определение функции каждого уровня и интерфейсов между уровнями. Интерфейс определяет набор функций, которые нижележащий уровень предоставляет вышележащему. В результате

иерархической декомпозиции достигается относительная независимость уровней, а значит, и возможность их легкой замены.

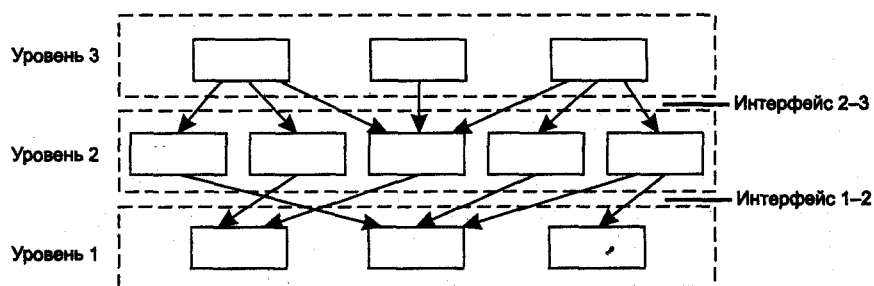


Рисунок. 2.2. Многоуровневый подход - создание иерархии задач

Средства сетевого взаимодействия, конечно, тоже могут быть представлены в виде иерархически организованного множества модулей.

Многоуровневое представление средств сетевого взаимодействия имеет свою специфику, связанную с тем, что в процессе обмена сообщениями участвуют *две* машины, то есть в данном случае необходимо организовать согласованную работу двух «иерархий». При передаче сообщений оба участника сетевого обмена должны принять множество соглашений. Например, они должны согласовать уровни и форму электрических сигналов, способ определения длины сообщений, договориться о методах контроля достоверности и т. п. Другими словами, соглашения должны быть приняты для всех уровней, начиная от самого низкого — уровня передачи битов — до самого высокого, реализующего сервис для пользователей сети.

На Рисунок. 2.1 показана модель взаимодействия двух узлов. С каждой стороны средства взаимодействия представлены четырьмя уровнями. Процедура взаимодействия этих двух узлов может быть описана в виде набора правил взаимодействия каждой пары соответствующих уровней обеих участвующих сторон. Формализованные правила, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты, лежащие на одном уровне, но в разных узлах, называются *протоколом*.

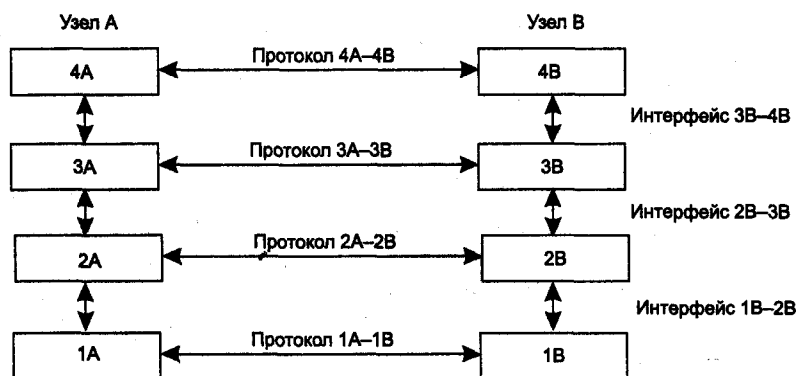


Рисунок. 2.2. Взаимодействие двух узлов

Модули, реализующие протоколы соседних уровней и находящиеся в одном узле, также взаимодействуют друг с другом в соответствии с четко определенными правилами и с помощью стандартизованных форматов сообщений. Эти правила принято называть *интерфейсом*. 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.

Средства каждого уровня должны обрабатывать, во-первых, свой собственный протокол, а во-вторых, интерфейсы с соседними уровнями.

Иерархически организованный набор протоколов, достаточный для организации взаимодействия узлов в сети, называется *стеком коммуникационных протоколов*.

Коммуникационные протоколы могут быть реализованы как программно, так и аппаратно. Протоколы нижних уровней часто реализуются комбинацией программных и аппаратных средств, а протоколы верхних уровней — как правило, чисто программными средствами.

Программный модуль, реализующий некоторый протокол, часто для краткости также называют «протоколом». При этом соотношение между протоколом — формально определенной процедурой и протоколом — программным модулем, реализующим эту процедуру, аналогично соотношению между алгоритмом решения некоторой задачи и программой, решающей эту задачу.

Протокол может иметь несколько программных реализаций с разной степенью эффективности. Именно поэтому при сравнении протоколов следует учитывать не только логику их работы, но и качество программных решений. Более того, на эффективность взаимодействия устройств в сети

влияет качество всей совокупности протоколов, составляющих стек, в частности, насколько рационально распределены функции между протоколами разных уровней и насколько хорошо определены интерфейсы между ними.

Протоколы реализуются не только компьютерами, но и другими сетевыми устройствами — концентраторами, мостами, коммутаторами, маршрутизаторами и т. д. Действительно, в общем случае связь компьютеров в сети осуществляется не напрямую, а через различные коммуникационные устройства. В зависимости от типа устройства в нем должны быть встроенные средства, реализующие тот или иной набор протоколов.

Вероятно, основные принципы многоуровневых коммуникаций, включая логическую смежность, лучше всего объяснять на примере *эталонной модели OSI*.

ЭТАЛОННАЯ МОДЕЛЬ OSI

Международная организация по стандартизации (*ISO, International Organization for Stanartization*) разработала эталонную *модель взаимодействия открытых систем* (*OSI, Open Systems Interconnection*) в 1978/1979 годах для упрощения *открытого взаимодействия* компьютерных систем. Открытым называется взаимодействие, которое может поддерживаться в неоднородных средах, содержащих системы разных поставщиков. Модель OSI устанавливает глобальный стандарт, определяющий состав функциональных уровней при открытом взаимодействии между компьютерами.

Эталонная модель OSI разрабатывалась почти 20 лет назад, и лишь немногие коммерческие системы следовали ее спецификации. В то время производители компьютерного оборудования стремились привязать клиентов к запатентованным архитектурам, поддерживаемым одним поставщиком. С точки зрения производителей конкуренция была нежелательна. Соответственно, все функции как можно плотнее интегрировались в готовых решениях. Концепция функциональной модульности или многоуровневой структуры казалась прямо противоречащей намерениям любого производителя.

Следует заметить, что модель настолько успешно справилась со своими исходными целями, что в настоящее время ее достоинства уже практически не обсуждаются. Существовавший ранее закрытый, интегрированный подход уже не применяется на практике, в наше время открытость коммуникаций считается обязательной. Как ни странно, очень немногие продукты полностью соответствуют стандарту OSI. Вместо этого базовая многоуровневая структура часто адаптируется к новым стандартам.

Тем не менее эталонная модель OSI остается ценным средством для демонстрации принципов работы сети.

Несмотря на все успехи, с эталонной моделью OSI связан ряд устойчивых заблуждений, поэтому в этом разделе придется привести ее очередной обзор с указанием и исправлением этих заблуждений.

Первое заблуждение заключается в том, что эталонная модель OSI была разработана *Международной организацией стандартов* (International Standards Organization). Это не так. Эталонная модель OSI разрабатывалась *Международной организацией по стандартизации* (International Organization for Standardization), а эта организация предпочитает использовать мнемоническое сокращение вместо акронима. Мнемоника основана на греческом слове *isos*, которое означает «равный» или «стандартный».

Модель OSI разделяет процессы, участвующие в сеансе связи, на семь четко различающихся функциональных уровней. Структура уровней соответствует естественной последовательности событий, происходящих во время сеанса связи.

На Рисунок. 2.3 изображена схема эталонной модели OSI. Уровни 1-3 обеспечивают доступ к сети, а уровни 4-7 посвящены логистике поддержки коммуникаций сквозной передачи.

Уровень OSI	Номер OSI
Прикладной уровень	7
Представительский уровень	6
Сеансовый уровень	5
Транспортный уровень	4
Сетевой уровень	3
Канальный уровень	2
Физический уровень	1

Рисунок. 2.3 Эталонная модель OSI

ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

Нижний уровень модели называется *физическим уровнем* (physical layer) и отвечает за передачу битового потока. Физический уровень получает кадры данных от уровня 2 (канального уровня) и передает их структуру и содержимое; обычно передача осуществляется последовательно по одному биту. Физический уровень также отвечает за побитовый прием входящих потоков данных. Затем этот поток передается канальному уровню для повторного формирования кадров.

В сущности, физический уровень имеет дело только с нулями и единицами. Он не обладает механизмом интерпретации передаваемых или

получаемых битов. Все, что его интересует, — это физические характеристики электрических и/или оптических средств передачи сигнала. В частности, сюда относится напряжение электрического тока, используемого для передачи сигнала, тип носителя, характеристики волнового сопротивления и даже физическая форма коннектора, подключенного к передающей среде.

Основное заблуждение состоит в том, будто уровень 1 модели OSI включает компоненты, способные генерировать или передавать коммуникационные сигналы. На самом деле это не так, поскольку уровень 1 является всего лишь *функциональной моделью*. Физический уровень ограничивается процессами и механизмами, необходимыми для подачи сигнала в передающую среду и для приема сигналов от этой среды. Его нижней границей является физический коннектор, подключенный к передающей среде. Сама среда в этот уровень *не входит*, хотя различные стандарты локальных сетей (LAN, Local Area Network), такие как 10BASET и 100BASET, указывают тип передающей среды.

Все средства непосредственной передачи сигнала, сгенерированного механизмами уровня 1 модели OSI, относятся к передающей среде. Среди примеров передающей среды можно назвать коаксиальные кабели, оптоволоконные кабели и витую пару. Вероятно, недоразумение обусловлено тем фактом, что физический уровень определяет некоторые обязательные характеристики, которыми должна обладать передающая среда для работы процессов и механизмов, определенных на физическом уровне.

Соответственно, передающая среда остается за пределами физического уровня. Иногда ее называют *нулевым уровнем* эталонной модели OSI.

КАНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

Второй уровень эталонной модели OSI называется *канальным уровнем* (data link layer). Его задачи, как и задачи всех остальных уровней, делятся на две категории: прием и передача данных. Он отвечает за достоверность переданных данных, обычно — по физическому каналу

На передающей стороне канальный уровень отвечает за упаковку инструкций, данных и т. д. в кадры. *Кадр* (frame) представляет собой структуру данных, специфическую для канального уровня; эта структура содержит информацию, достаточную для успешной передачи данных по физическому каналу (например, по локальной сети) к точке приема.

Успешная доставка означает, что кадр достигает положенного места назначения без изменений. Следовательно, кадры также должны содержать информацию для проверки целостности содержимого после доставки.

Гарантированная доставка происходит при выполнении двух условий:

- * Узел-отправитель должен получить подтверждение того, что каждый кадр был принят узлом-получателем без изменений.

- * Перед тем как подтвердить прием кадра, узел-получатель должен проверить целостность его содержимого.

По некоторым причинам переданные кадры могут не достигнуть места назначения или их содержимое будет искажено и станет непригодным в процессе передачи. Канальный уровень отвечает за обнаружение и исправление всех подобных ошибок. Также он отвечает за повторную сборку двоичного потока, полученного от физического уровня, и формирование кадров. Впрочем, если учесть, что в кадрах передается как управляющая информация, так и содержимое, канальный уровень на самом деле не восстанавливает кадры, а просто накапливает поступающие биты до получения полного кадра.

Уровни 1 и 2 обязательны для всех типов коммуникаций, как в локальных, так и в глобальных сетях. Как правило, функциональность уровней 1 и 2 реализуется сетевым адаптером, установленным внутри компьютера.

СЕТЕВОЙ УРОВЕНЬ

Сетевой уровень (network layer) отвечает за установление маршрута между отправителем и получателем. Этот уровень не располагает собственными средствами обнаружения/исправления ошибок передачи, поэтому он использует средства надежной пересылки данных уровня 2. Надежность сквозной передачи данных по нескольким физическим каналам в большей степени относится к функциям транспортного уровня (уровень 4).

Сетевой уровень используется для установления связи с компьютерными системами, не входящими в местный сегмент локальной сети. Это возможно благодаря его собственной архитектуре маршрутной адресации, независимой от машинной адресации уровня 2. Подобные протоколы называются *маршрутизируемыми*. К этой категории относятся протоколы IP, IPX (компания Novell) и AppleTalk, которые будут рассматриваться позже, а также связанные с ним протоколы и приложения.

Использование сетевого уровня при коммуникациях не обязательно. Сетевой уровень необходим лишь в том случае, если компьютеры находятся в разных сегментах сети, разделенных маршрутизатором, или взаимодействующие приложения должны использовать возможности сетевого или транспортного уровня. Например, два хоста, напрямую подключенных к одной локальной сети, могут взаимодействовать,

ограничиваясь только механизмами локальной сети (уровни 1 и 2 эталонной модели OSI).

ТРАНСПОРТНЫЙ УРОВЕНЬ

Транспортный уровень (transport layer), как и канальный уровень, отвечает за целостность передаваемых данных. Тем не менее транспортный уровень способен выполнять эту функцию за пределами местного сегмента локальной сети. Он обнаруживает пакеты, отвергнутые маршрутизатором, и автоматически генерирует запрос на повторную передачу. Другими словами, транспортный уровень обеспечивает настоящую надежность сквозной передачи.

Другая важная функция транспортного уровня — переупорядочивание пакетов, поступивших с нарушением исходной последовательности. Нарушение может происходить по разным причинам — например, из-за того, что пакеты перемещались в сети по разным маршрутам или были повреждены в процессе пересылки. Так или иначе, транспортный уровень способен определить исходную последовательность пакетов и расположить их в этой последовательности перед тем, как передавать их содержимое сеансовому уровню.

СЕАНСОВЫЙ УРОВЕНЬ

Пятое место в модели OSI занимает *сеансовый уровень* (session layer). Он используется относительно редко, многие протоколы реализуют его функциональные возможности на своих транспортных уровнях.

Основная функция сеансового уровня OSI — организация *сеанса*, то есть передачи управления во время связи двух компьютерных систем. Сеанс определяет направленность передачи данных (одно- или двусторонняя), а также гарантирует завершение обработки одного запроса до принятия следующего.

Сеансовый уровень также может поддерживать некоторые из следующих дополнений:

- * Управление диалогом.
- * Управление маркерами.
- * Управление операциями.

В общем случае сеанс поддерживает двусторонний (*дуплексный*) режим обмена данными. В некоторых приложениях вместо него может понадобиться односторонний (*полудуплексный*) режим обмена. Сеансовый уровень позволяет выбрать нужный режим, и эта возможность называется *управлением диалогом*.

Для работы некоторых протоколов очень важно, чтобы в любой момент времени попытки выполнения критических операций могли выполняться только одной из сторон. Чтобы обе стороны не пытались одновременно выполнить одну и ту же операцию, необходимо реализовать

специальный механизм управления — например, основанный на использовании *маркеров* (tokens). В этом случае выполнение операции разрешается только той стороне, которую в настоящий момент удерживает маркер. Определение того, на какой стороне находится маркер и как он передается между двумя сторонами, называется *управлением маркером*. Функции управления маркером используются в протоколах сеансового уровня ISO.

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСКИЙ УРОВЕНЬ

Представительский уровень (Presentation Layer) отвечает за управление кодировкой данных. Во многих компьютерных системах используются разные схемы кодировки, и представительский уровень должен обеспечить преобразование между несовместимыми кодировками — такими, как *ASCII* (American Standard Code for Information Interchange) и *EBCDIC* (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code).

Представительский уровень также может использоваться в качестве промежуточного звена, обеспечивающего преобразование между форматами представления вещественных чисел, числовыми форматами (например, поразрядным дополнением до единицы или двойки), порядком следования байтов, а также предоставляющего возможности шифрования/дешифрования данных.

Представительский уровень обеспечивает представление данных с единым синтаксисом и семантикой. Если все узлы будут использовать этот общий язык и понимать его, это предотвратит возможную неправильную интерпретацию представления данных. Примером такого общего языка является рекомендуемый OSI язык ASN. 1 (Abstract Syntax Representation, Rev. 1). Кстати говоря, ASN. 1 используется протоколом SNMP (Simple Network Management Protocol) для кодирования данных высокого уровня.

ПРИКЛАДНОЙ УРОВЕНЬ

На самом верху эталонной модели OSI находится *прикладной уровень* (application level). Несмотря на свое название, этот уровень не включает в себя пользовательские приложения, а лишь обеспечивает взаимодействие этих приложений с сетевым сервисом.

Этот уровень может рассматриваться как сторона, непосредственно иницирующая сеанс связи. Предположим, почтовый клиент должен запросить новые сообщения с почтового сервера. Клиентское приложение автоматически генерирует запрос к соответствующему протоколу (или протоколам) 7 уровня и иницирует сеанс связи для получения нужных файлов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ

Вертикальное расположение уровней отражает функциональную структуру процессов и данных, участвующих в передаче. Каждый уровень

связывается со смежными уровнями через интерфейсы. Связь между системами обеспечивается передачей данных, инструкций, адресов и т. д. между уровнями. Различия между логической и фактической последовательностью передачей управления во время сеанса связи показаны на Рисунок. 2.4

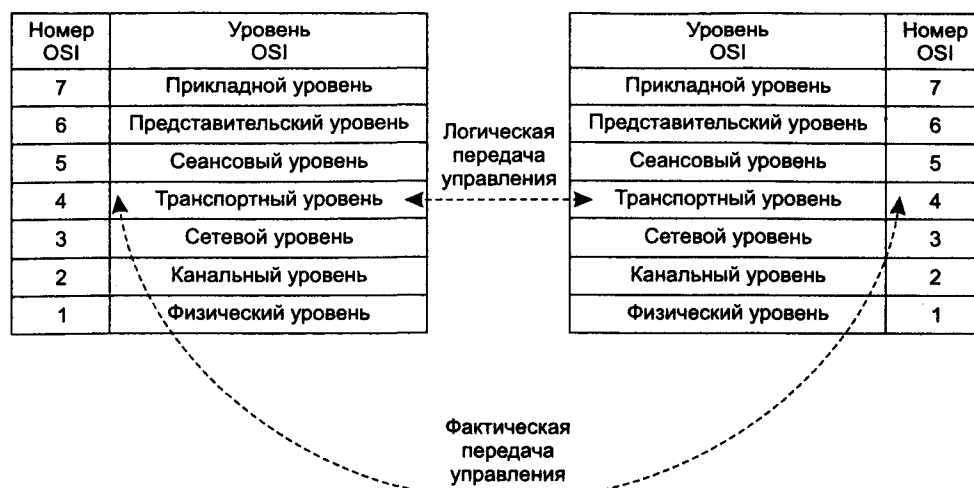


Рисунок 2.4 Логическая и фактическая последовательность передачи управления в многоуровневой коммуникационной модели

Хотя управление передается по вертикали, каждый уровень воспринимает это так, словно он может напрямую взаимодействовать со своим аналогом на удаленном компьютере. Чтобы создать логическую смежность уровней, каждый уровень стека протоколов компьютера-отправителя добавляет свой заголовок, который распознается и используется только этим уровнем или его аналогами на других компьютерах. Стек протоколов компьютера-получателя последовательно извлекает заголовки по уровням в процессе передачи данных приложению. Этот процесс проиллюстрирован на Рисунок. 1.3.

Например, сегменты данных упаковываются уровнем 4 компьютера-отправителя для передачи уровню 3. Уровень 3 преобразует данные, полученные от уровня 4, в пакеты, снабжает адресами и отправляет протоколу уровня 3 компьютера-получателя через свой уровень 2. Уровень 2 преобразует пакеты в кадры, снабженные адресами, распознаваемыми локальной сетью. Кадры передаются уровню 1 для преобразования в поток двоичных цифр (битов), передаваемых уровню 1 получателя.

На компьютере-получателе эта цепочка повторяется в обратном порядке, при этом каждый уровень удаляет заголовки, добавленные аналогичными уровнями на компьютере-отправителе. К тому моменту, когда данные достигнут уровня 4, они имеют ту же форму, в которой они

были представлены на уровне 4 отправителя. Соответственно, результат выглядит так, словно два протокола 4 уровня являются физически смежными и обмениваются данными напрямую.

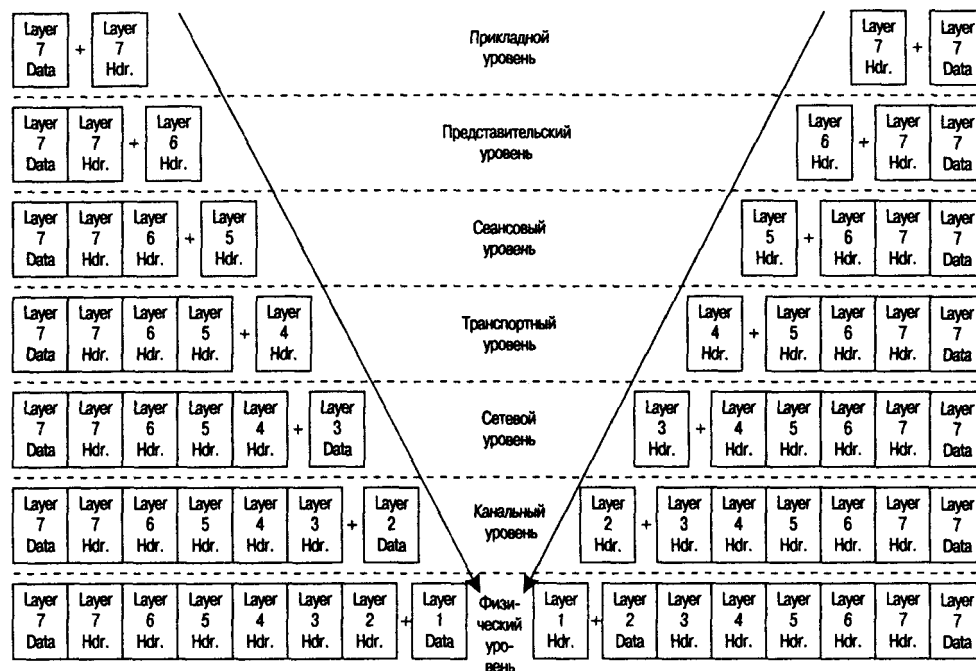


Рисунок. 2.5. Применение многоуровневых заголовков для поддержки логической смежности уровней

На самом деле уровень 3 передает данные «вниз» уровню 2, который, в свою очередь, преобразует кадры в битовый поток. После того как битовый поток поступает устройству уровня 1 получателя, он передается уровню 2 для повторного формирования кадров. После успешного завершения приема кадра служебные данные удаляются, а хранящийся в кадре пакет передается уровню 3 получателя. Информация поступает точно в таком же виде, в котором она была отправлена. С точки зрения уровня 3 передача данных производилась фактически напрямую.

Возможность обмена данными между смежными уровнями (с точки зрения этих уровней) стала одним из факторов, обусловивших успех модели.

Хотя эталонная модель OSI изначально предназначалась для определения архитектуры протоколов открытых коммуникаций, в этом качестве ее ждал бесславный провал. Существует шутка, что к уровням модели OSI нужно добавить ещё два – экономический и политический.

В сущности, модель почти полностью выродилась в академическую абстракцию. Но зато эта модель великолепно подходит для объяснения концепций открытых коммуникаций и логической последовательности

выполнения необходимых действий в сеансе связи. Для практических целей существует другая, гораздо более содержательная модель — эталонная модель TCP/IP. Она описывает архитектуру семейства протоколов IP.

2.2 Лабораторное исследование №2. Организация взаимодействия открытых систем

Цель:

изучить возможности организации взаимодействия открытых систем

Время работы: 4 часа

Задания на выполнение лабораторного исследования

По указанию преподавателя выбрать 3 направления из прилагаемого списка:

- изучить многоуровневую структуру коммуникаций.
- изучить эталонную модель OSI.
- изучить эталонную модель TCP/IP.
- изучить стек
- выполнить упражнения для закрепления изученного материала.

Если студент желает провести анализ аналогичных по функционалу программ, не входящих в предложенный список, то это можно сделать по согласованию с преподавателем.

Провести сравнительный анализ с аналогичными по функционалу двумя другими wybranными программами из предложенного списка или выбранных студентом самостоятельно.

Сделать выводы по работе.

Содержание отчета

Цель работы

Скриншоты с кратким описанием основных функций и настроек для каждой из 3-х программ. Данный пункт может выполняться непосредственно при установке программ на компьютер или требуемые данные выбираются из технических описаний программ на сайтах производителей или других информационных ресурсов.

Результаты сравнительного анализа с аналогичными по функционалу двумя другими wybranными программами из предложенного списка или выбранных студентом самостоятельно.

Выводы по проведенному исследованию.

Контрольные вопросы

При сдаче отчета по лабораторному исследованию студент должен быть готов ответить на следующие вопросы:

1. Перечислите функции физического уровня модели OSI
2. Перечислите функции канального уровня модели OSI
3. Перечислите функции сетевого уровня модели OSI
4. Перечислите функции транспортного уровня модели OSI
5. Перечислите функции сеансового уровня модели OSI
6. Перечислите функции представительного уровня модели OSI
7. Перечислите функции прикладного уровня модели OSI
8. Перечислите стандартные стеки коммуникационных протоколов
9. Перечислите функции прикладного уровня модели TCP/IP
10. Перечислите функции межхостового уровня модели TCP/IP
11. Перечислите функции межсетевого уровня модели TCP/IP
12. Перечислите функции уровня сетевого доступа модели TCP/IP
13. Что такое протокол и чем он отличается от интерфейса?
14. Что такое интерфейс и чем он отличается от протокола?
15. Что такое стек коммуникационных протоколов?
16. В чем заключается разница между эталонной моделью TCP/IP и стеком TCP/IP?
17. Где используется стек NetBIOS/ SMB?
18. Где используется стек IPX/SPX?
19. Где используется стек TCP/IP?
20. Где используется стек OSI?
21. Что такое протокол NetBEUI и для чего он используется?
22. Что такое протокол SMB и для чего он используется?

3 Моделирования компьютерных сетей

3.1 Краткие теоретические сведения

GNS3 – это мощное бесплатное программное обеспечение, с помощью которого вы сможете создать свою виртуальную сеть, и вам не понадобится никакое аппаратное обеспечение. Просто подумайте схему, по которой вы будете соединять разные элементы, и проверьте работу своего виртуального окружения без рисков.

GNS3 (Graphical Network Simulator)1- среда моделирования компьютерных сетей,использующих сетевое оборудование, функционирующее на базе процессоров с архитектурой MIPS.

К таким сетевым устройствам относятся, в том числе, большинство сетевых коммутаторов и маршрутизаторов, производимых компанией CISCO.

Свою историю среда GNS3 начинает с 2007 года, в котором Джереми Гроссман (JeremyGrossman) занимался выполнением выпускной квалификационной работы и ему было необходимо создать среду моделирования компьютерных сетей. В основу создаваемого программного продукта легла разработка эмулятора MIPS устройств DynamiPS и его графического интерфейса Dynagen.

В дальнейшем среда GNS3 получила широкое распространение и теперь является одним из популярных сред для изучения компьютерных сетей и отработки различных промышленных решений.

В текущей версии для своего функционирования среда GNS3 использует следующее программное обеспечение:

- WinPCAP – системный драйвер и библиотека функций, позволяющая получить доступ к сетевым интерфейсам физического компьютера и передаваемой/получаемой информации по ним. Используется для анализа трафика, передаваемого по сети;
- Wireshark – графический анализатор сетевого трафика. Позволяет наглядно отобразить подробнейшую информацию о сетевом трафике. Используется как внутри среды GNS3, так и позволяет анализировать трафик с реальной компьютерной сети (считывая его с физических интерфейсов с помощью драйвера WinPCAP);
- DynamiPS – среда моделирования сетевых устройств, реализованных на базе процессоров с MIPS архитектурой. Для своего функционирования требует наличие образов операционных систем iOS сетевых устройств CISCO. Допускает выполнение и иных операционных систем.
- VPCS, VirtualBox, QEMU – среды моделирования ЭВМ. Используются для эмулирования оконечных сетевых устройств или промежуточных устройств, реализованных на базе ЭВМ с архитектурой IBM/PC;

- SolarWinds Response – среда для анализа сетевого трафика. Используется для графического отображения информации, подготовленной Wireshark;
- SuperPUTTY – система виртуальных терминалов. Позволяет подключаться к сетевым устройствам для управления ими.
- Cpulimit – средство ограничения объемов потребления процессорного времени.

3.2 Лабораторное исследование №3. Моделирование локальных сетей связи

Цель: Получить навыки использования среды моделирования GNS3.

Время работы: 4 часа

Задания на выполнение лабораторного исследования

После установки и запуска среды GNS3 пользователь видит главное рабочее окно (см. рисунок 1), содержащее традиционные элементы (строку заголовка, меню, строку состояния) и шесть рабочих областей:

- Панели инструментов (1 и 2), используются для доступа к основным инструментам работы с моделью компьютерной сети, включая сохранение проекта, его открытие и создание нового;

- Окно сетевых устройств (блоков, для построения модели сети, 3), используется для выбора элементов для размещения в создаваемой модели сети;

- Рабочая область, отражающая созданную модель сети (4);

- Перечень устройств, которые задействованы в модели сети (5);

- Командная панель, используется для управления моделью с использованием командной строки (6). Перечень команд и их описание доступны по команде help.

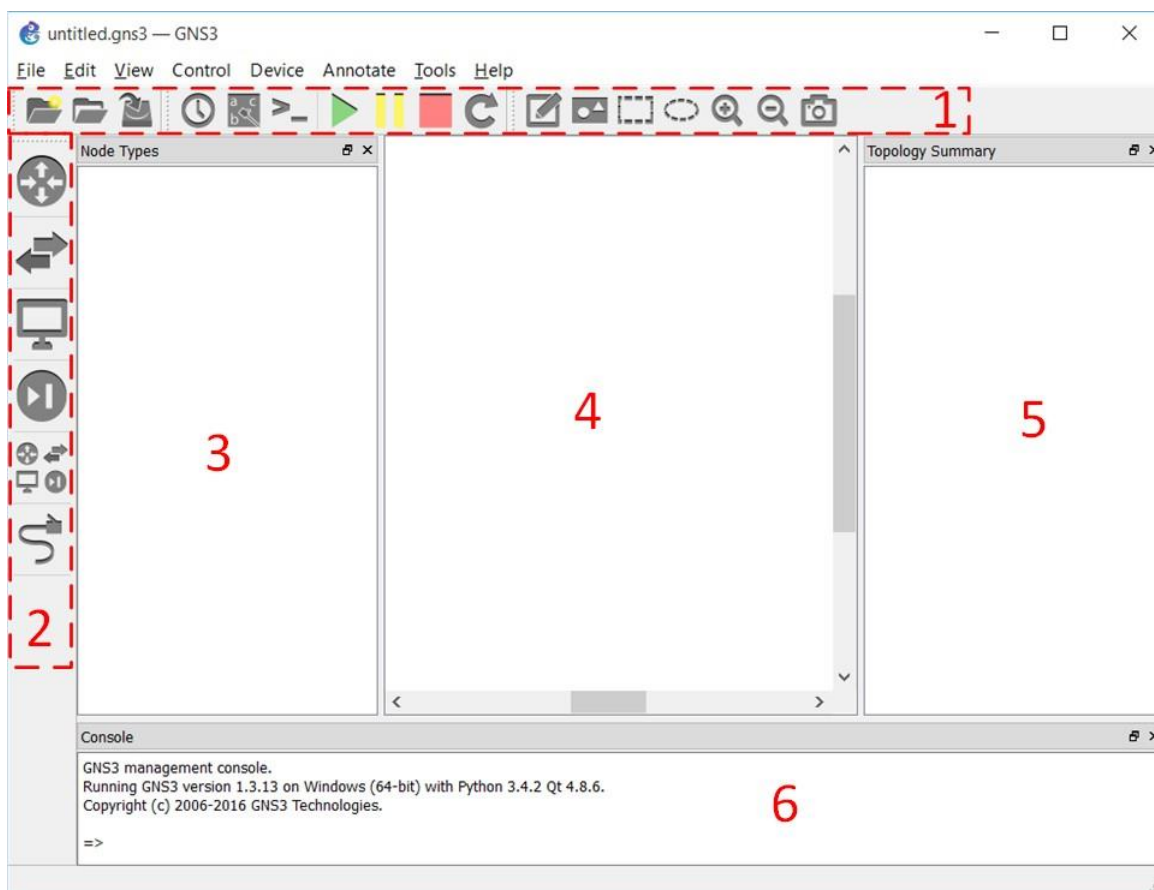


Рисунок 3.1 – Главное окно программы GNS3

Рассмотрим подробнее панели инструментов 1 и 2 (все кнопки рассматриваются слева направо):



Управление файлами с моделью сети (создать новый проект, открыть существующий проект, сохранить текущий проект).



Доступ к элементам, используемым для построения модели компьютерной сети (маршрутизаторы, коммутаторы, оконечные устройства, устройства безопасности сети, все устройства и соединители).



Средства работы с изображением модели компьютерной сети (текстовая запись, рисунок из файла, прямоугольник, круг, увеличить масштаб отображения модели (визуально приблизить модель), уменьшить масштаб отображения модели, сделать копию изображения модели компьютерной сети).

Управление моделью компьютерной сети (управление снимками текущего состояния модели, управление отображением наименований сетевых интерфейсов, подключиться ко всем консолям

сетевых устройств модели, «включить» все сетевые устройства модели, приостановить работу всех сетевых устройств модели, «выключить» все устройства модели, привести все устройства модели в исходное состояние).

Управление отдельным сетевым устройством осуществляется через контекстное меню, доступное при наведении на него курсора мышки и нажатии правой кнопки мышки (см. рисунок 2). В этом меню доступны также элементы включения (Start), выключения (Stop) и приостановки (Suspend), а также: конфигурирования устройства (Configure, см. рисунок 3), изменения имени устройства (Change hostname), изменения изображения устройства в модели (change symbol), доступ к консоли управления (Console), доступ к порту управления (Auxiliary console), Сохранения и восстановления конфигурации устройства (import config, export config, save config), просмотр сетевого трафика (capture), настройка модельных параметров (idle-pc, auto idle-pc), изменения прикрепления к слоям отображения модели (raise one layer, lower one layer) и удаления устройства из модели (Delete).

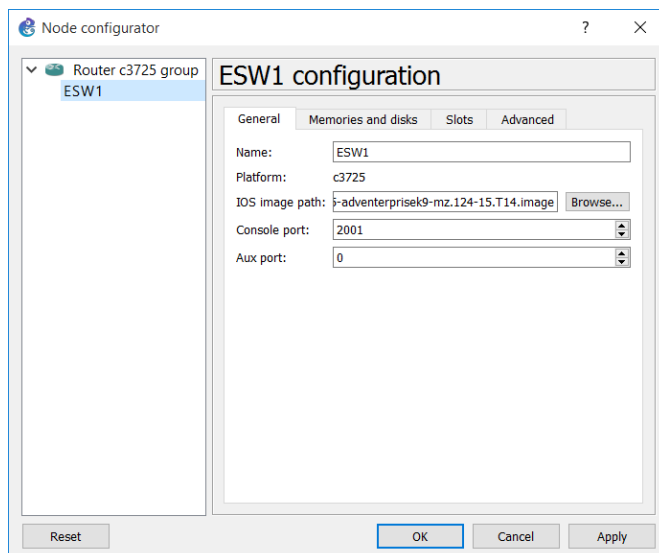
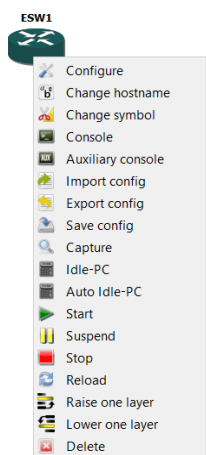


Рисунок 3.3 – Окно конфигурации маршрутизатора

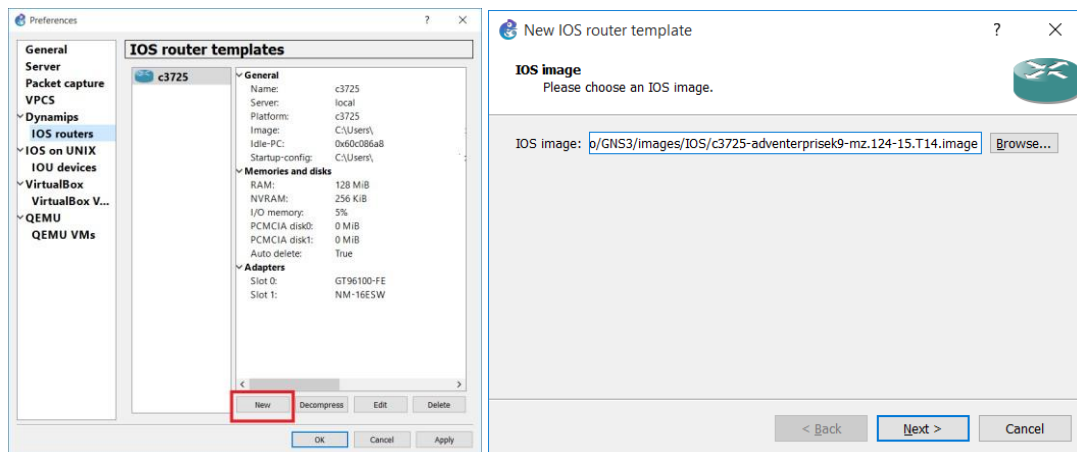
Рисунок 3.2 – Контекстное меню управления элементом модели (на примере маршрутизатора)

Параметры конфигурирования зависят от типа устройств. Некоторые из параметров будут рассмотрены ниже.

При первом запуске системы GNS необходимо создать модели устройств, которые будут использоваться в создаваемом проекте компьютерной сети. В рамках лабораторной работы планируется использование трех типов устройств: коммутатор, маршрутизатор, персональный компьютер.

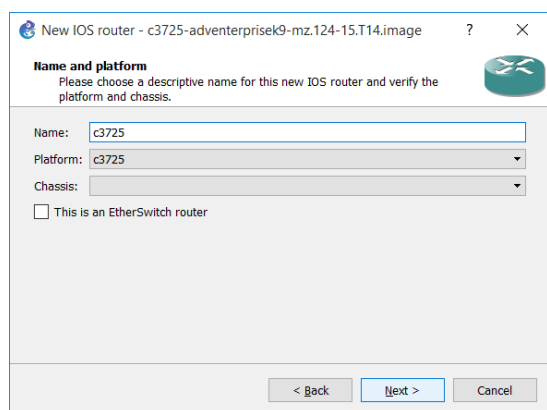
В качестве коммутатора будет использоваться встроенная модель коммутатора, имеющая несколько интерфейсов Ethernet. В режиме конфигурирования для этой модели доступны следующие параметры: количество интерфейсов, режим работы интерфейса (access или trunk) и номер VLAN, к которому этот интерфейс относится. В рамках лабораторной работы будет использован только параметр «количество интерфейсов».

Для создания маршрутизаторов необходимо загрузить в систему моделирования образ операционных системы и сформировать соответствующий модельный элемент. Сделать это можно в режиме настройки среды (пункт меню Edit->Preferences), далее выбрав в дереве параметров пункт Dynamips->iOS routers (см. рисунок 4).

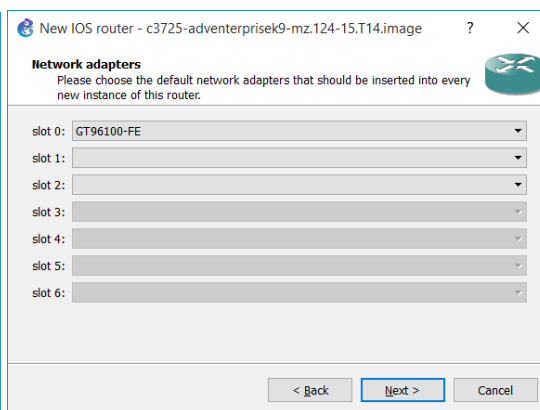


а)

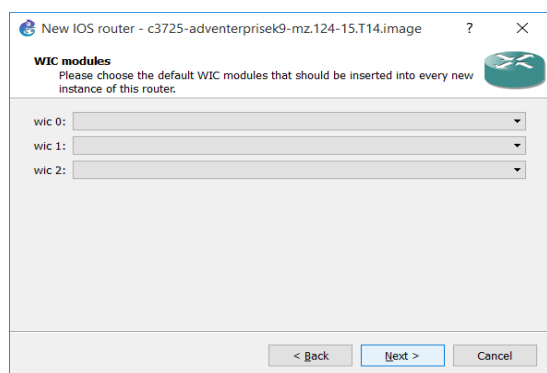
б)



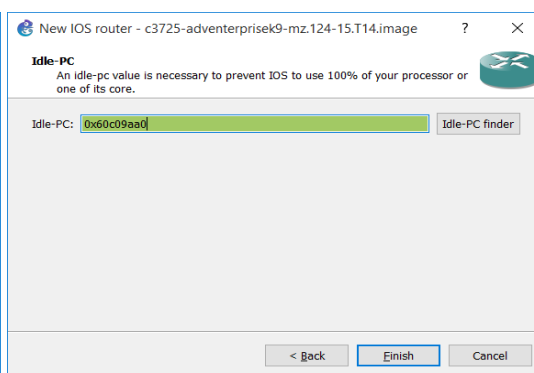
в)



г)



д)



е)

Рисунок 3.4 – Окно создания модельных элементов маршрутизаторов

(а – начальное окно, б – выбор файла с «образом» операционной системы, в) выбор типа модели создаваемого сетевого устройства и его корпуса, г) определение заполнения «больших» слотов расширения, д) определение заполнения «малых» слотов расширения, е) число Idle-PC)

Конфигурация слотов расширения для оборудования CISCO производится аналогично, как и в системе Cisco Packet Tracer.

Объем памяти, необходимый для функционирования операционной системы определяется в соответствии с техническим описанием соответствующих устройств компании CISCO.

Особое внимание при создании модельных маршрутизаторов необходимо обратить на параметр Idle-PC, определяющий степень максимальной загрузки процесса, которую может достичь выполнение `dynamips`, реализующей этот маршрутизатор. Этот параметр предлагается системой автоматически при создании модельного объекта. Одна рекомендация после создания модели сети и первого запуска модели провести перерасчет этих параметров, используя контекстное меню (пункт меню IdlePC). При этом перерасчет этого значения производится сразу для всех объектов сети, созданных на базе одного модельного объекта.

Для создания моделей персональных компьютеров необходимо настроить одну из сред виртуализации: VirtualBox, QEMU или VirtualPC. В рамках лабораторной работы будет использована среда VirtualBox, в которой создаются пустые контейнеры (см. рисунок 5).

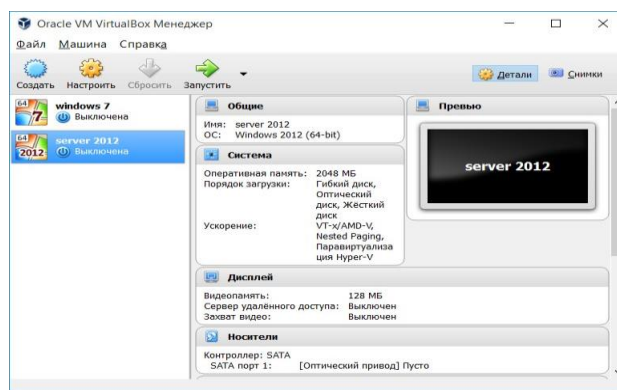
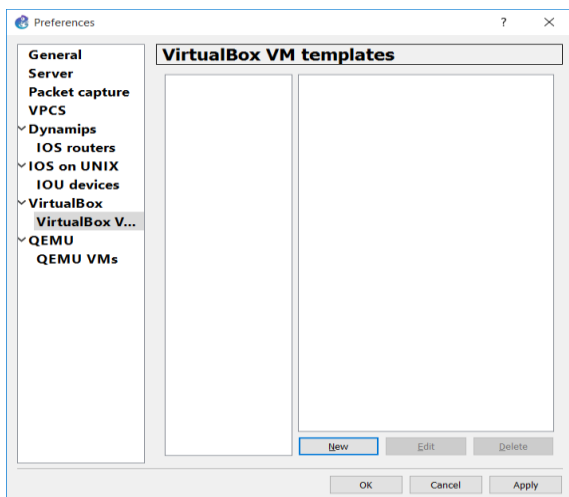
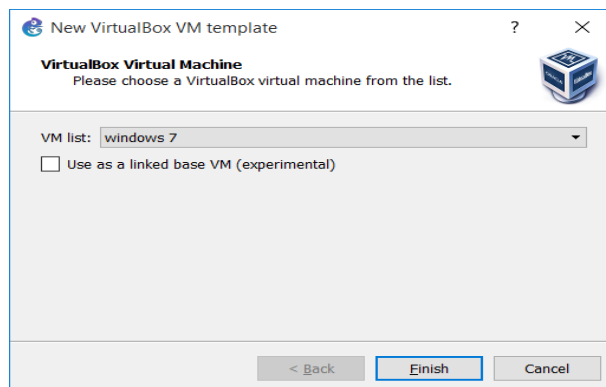


Рисунок 3.5 – Окно менеджера VirtualBox с двумя пустыми контейнерами

После создания виртуальных машин их необходимо подключить к среде моделирования GNS3. Сделать это можно также в режиме настройки среды (пункт меню Edit->Preferences), далее выбрав в дереве параметров пункт VirtualBox->VirtualBox VM templates (см. рисунок б).



а)



б)

Рисунок 6 – Подключение виртуальных машин и их конфигурирование

Здесь следует отметить, что для связи с виртуальными машинами по эмулируемой компьютерной среде будет использоваться протокол TCP/IP и потребуется разрешить доступ двух сред к соответствующим сетевым портам.

Для взаимодействия с физической сетевой средой в модели предусмотрено два объекта – Host и Cloud.

Содержание отчета

Отчет по данной работе не оформляется, так как все отчеты сохраняются на сервере.

После проведения всех исследований, данный факт регистрируется преподавателем. По окончании занятия преподаватель сохраняет результаты работы студента в файл.

Контрольные вопросы

1. Какие типы сетевых устройств и соединений можно использовать в?
2. Каким способом можно перейти к интерфейсу командной строки устройства.
3. Как добавить в топологию и настроить новое устройство?
4. Как сохранить конфигурацию устройства в .txt файл?
5. В «Режиме симуляции» отследите движение пакетов и используемые протоколы,

6. Переключившись в «Режим симуляции» рассмотреть и пояснить процесс обмена данными по протоколу ICMP между устройствами (выполнив команду Ping с одного компьютера на другой п.3), пояснить роль протокола ARP в этом процессе.

7. Убедиться в достижимости всех объектов сети по протоколу IP.

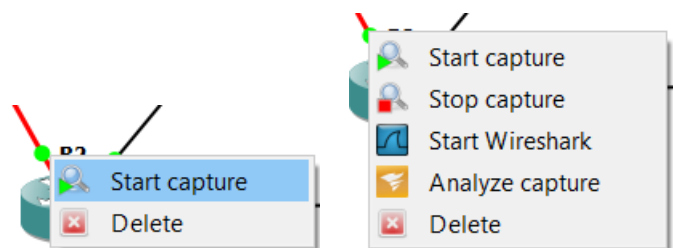
3.3 Лабораторное исследование №4. Настройка сетевых параметров ПК

Цель: проводить анализ трафика, генерируемого всеми сетевыми устройствами модели на всех интерфейсах

Время работы: 4 часа

Задания на выполнение лабораторного исследования

Среда моделирования GNS3 позволяет проводить анализ трафика, генерируемого всеми сетевыми устройствами модели на всех интерфейсах. Для этого необходимо на интересующих интерфейсах включить сбор информации о сетевом трафике выбрав пункт контекстного меню Start Capture. (см. рисунок 7).



а) б)

Рисунок 3.7 – Настройка сбора информации о сетевом трафике (а) и запуска анализатора сетевого трафика (б).

Запустив Wireshark пользователь получает возможность наблюдать за всеми пакетами, проходящими через соответствующий интерфейс, а также смотреть их содержимое по уровням инкапсуляции (см. рисунок 8). В приведенном примере в окне программы отображается (сверху вниз): список из 4 пакетов, содержимое одного из пакетов, содержащего данные по протоколу ARP (с расшифровкой уровня MAC и данных по протоколу ARP) и его представления в двоичном виде.

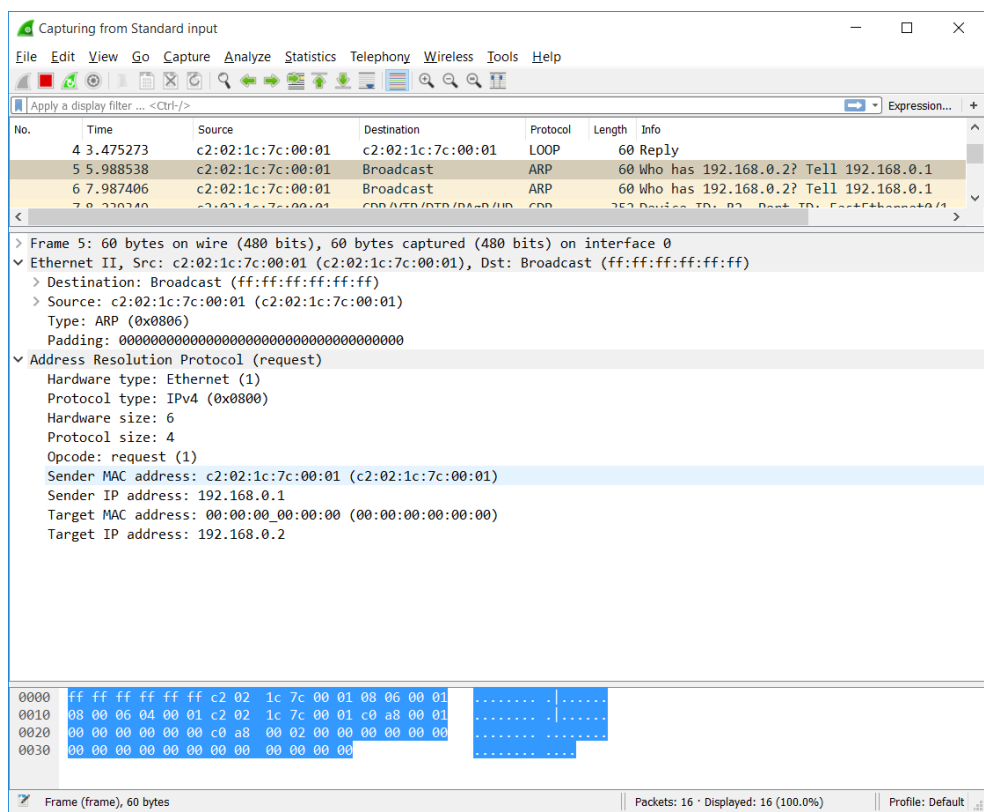


Рисунок 3.8 – Окно программы Wireshark

1. Задание на лабораторную работу
 1. Установить среду моделирования GNS3 и произвести начальную конфигурацию добавив маршрутизатор CISCO и два пустых контейнера с виртуальными машинами от VirtualBox.
 2. Соберите макет локальной сети, как показано на рисунке 9.

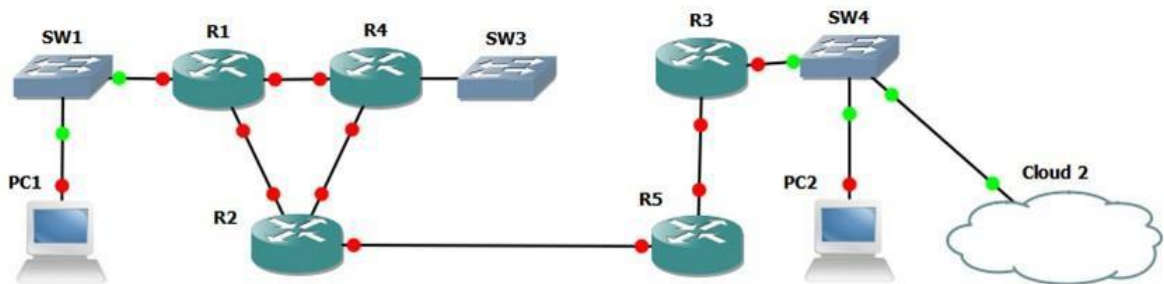


Рисунок 3.9 – Конфигурация моделируемой компьютерной сети

3. Исходя из того, что для функционирования создаваемой сети Вам выделен диапазон адресов 10.255.0.0/16 определите сколько подсетей Вам необходимо задать.

4. Настройте все интерфейсы всех маршрутизаторов и статическую маршрутизацию. Убедитесь, что имеется связь между всеми сетевыми интерфейсами всех маршрутизаторов.

5. Запустите все модельные устройства (показав, что пустые контейнеры тоже работают, но выдают ошибку загрузки из-за отсутствия операционной системы).

6. Используя анализатор Wireshark продемонстрируйте принцип работы ping между двумя маршрутизаторами, расположенными в разных подсетях (необходимо показать все генерируемые пакеты в прямом и обратном пути при одном запросе ping).

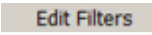
7. Убедитесь, что Ваша среда имеет связь со средой другого студента используя реальную физическую сеть.

Содержание отчета

Отчет по данной работе не оформляется, так как все отчеты сохраняются на сервере.

После проведения всех исследований, данный факт регистрируется преподавателем. По окончании занятия преподаватель сохраняет результаты работы студента в файл.

Контрольные вопросы

1. Организация Режим симуляции работы сети
2. Модель OSI в GNS3
3. Настройка сетевых параметров ПК в его графическом интерфейсе
4. В чем отличие режима реального времени от режима симуляции сети?
5. В чем назначение команды File-Print-Print to file?
6. Какой командой получена эта информация?
7. Какой комбинацией клавиш можно перейти в режим симуляции?
8. Для чего служит кнопка  (Изменить фильтры)?
9. В чем назначение команды Ping?
10. На рисунке показан результат работы пользователя в командной строке. Что такое TTL?
11. В каком режиме пользователь может посмотреть структура пакета?

3.4 Лабораторное исследование №5. Моделирование сети с топологией звезда

Цель: проводить анализ трафика, генерируемого всеми сетевыми устройствами модели на всех интерфейсах

Время работы: 4 часа

Задания на выполнение лабораторного исследования

Ниже на рисунке.3.8 приведена спроектированная сеть, которая включает в себя следующее оборудование:

- Маршрутизаторы;
- Коммутаторы;
- ПК;
- IP-телефоны;
- Сервер.

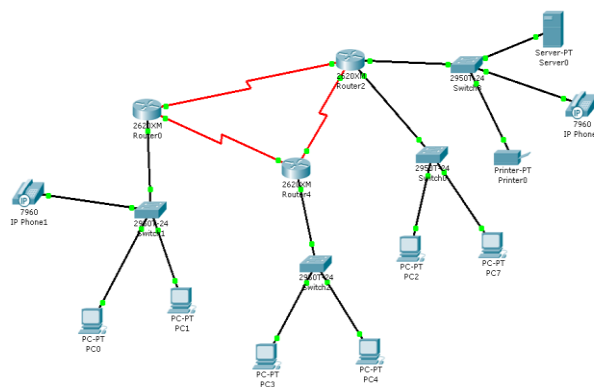


Рисунок. 3.8 Результат построения сети

Маршрутизаторы соединяются между собой при помощи DCE – кабеля. В данной сети маршрутизаторы используют RIP – протокол для осуществления передачи данных между различными подсетями(рис. 3.9).

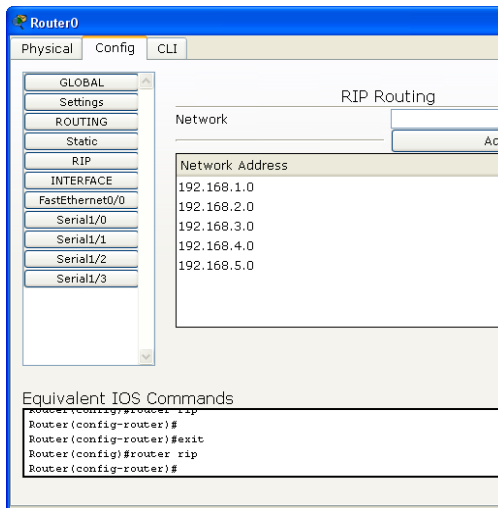


Рис. 3.9. Список подсетей

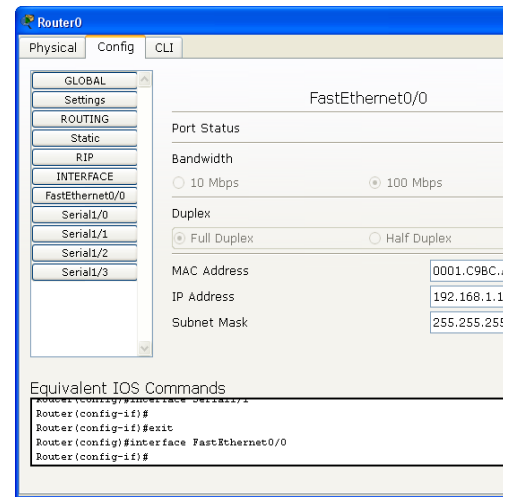


Рис. 3.10. Назначение IP-адреса маршрутизатору

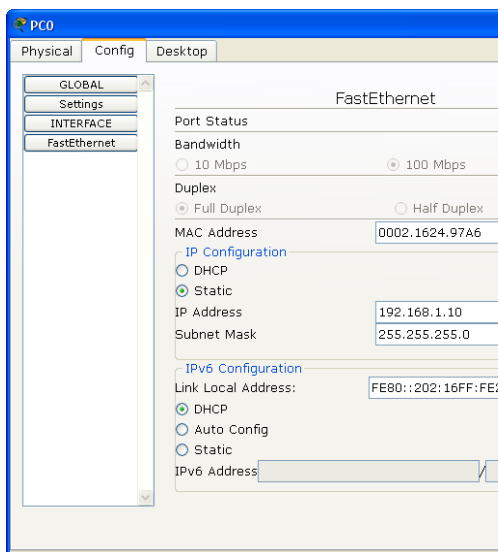
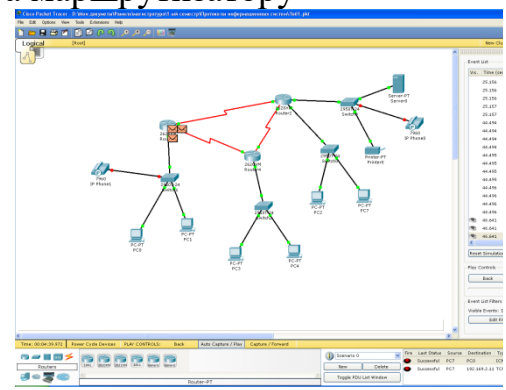


Рис.3.11. Назначение IP-адреса ПК



При этом, IP-адреса назначаются статически для маршрутизаторов и окончного оборудования

Содержание отчета

Отчет по данной работе не оформляется, так как все отчеты сохраняются на сервере.

После проведения всех исследований, данный факт регистрируется преподавателем. По окончании занятия преподаватель сохраняет результаты работы студента в файл.

Контрольные вопросы

1. Как называется топология, в которой все компьютеры сети присоединены к центральному узлу, образуя физический сегмент сети
2. Что может выступать в роли центрального узла звезды?
3. Какое устройство подает пакет на все порты?
4. В какой топологии выход из строя одной рабочей станции не отражается на работе всей сети в целом?
5. Каким образом можно наблюдать пошаговое продвижение пакета?
6. Какой провод соединяет свитч и хаб
7. Какую клавишу следует удерживать для того, чтобы скопировать ПК несколько раз?
8. На каком уровне модели OSI работает хаб, который отправляет широковещательный запрос?
9. Что является диаметром сети?
10. Что такое PDU?
11. С какой целью (для чего) была разработана модель OSI?
12. Почему хаб в плане безопасности и производительности сети хуже, чем свитч?
13. В какую группу входят эти устройства?
14. Каким инструментом можно создавать надписи на схеме сети?

4 Расчет нагрузки сетей связи

4.1 Краткие теоретические сведения

В повседневной жизни нам приходится постоянно иметь дело с обслуживанием, т.е. удовлетворением некоторых потребностей, и очень часто с очередями, когда обслуживание является массовым. Примерами процессов массового обслуживания могут служить продажа билетов в железнодорожных, театраль-ных и других кассах, обслуживание бригадой рабочих группы станков, осуществление телефонной связи и т.д. Естественно, что во всех случаях большое значение имеет степень удовлетворения потребности в обслуживании, или качество обслуживания. Так, при осуществлении телефонной связи важно знать, как долго придется ожидать соединения с требуемым абонентом после заказа междугородного разговора при ручном способе установления соединений или сколько в среднем попыток необходимо сделать для установления соединения при автоматическом способе.

Количественная сторона процессов массового обслуживания является предметом раздела прикладной математики, которую советский математик А.Я. Хинчин (1894–1959 гг.) назвал теорией массового обслуживания. Родилась теория массового обслуживания в первой четверти XX в. вследствие возникновения потребностей разработки математических методов для оценки качества функционирования телефонных систем. Основоположителем теории телетрафика, из которой выросла теория массового обслуживания, является датский ученый А.К. Эрланг (1878–1929 гг.) – сотрудник Копенгагенской телефонной компании.

В теории массового обслуживания все рассматриваемые объекты объединяются под общим названием системы массового обслуживания. Одним из классов систем массового обслуживания являются системы распределения информации (системы телетрафика).

Системой распределения информации могут быть совокупность коммутационных приборов, часть или весь коммутационный узел либо сеть связи, которые обслуживают по определенному алгоритму телефонные, телеграфные и другие сообщения.

В настоящее время методы теории массового обслуживания используются для решения самого широкого круга задач – от бытового обслуживания до космических исследований, однако определяющую роль в развитии теории массового обслуживания продолжает играть одна из ее ветвей – теория телетрафика.

Предметом теории телетрафика является количественная сторона процессов обслуживания потоков сообщений в системах распределения информации.

Основная цель теории телетрафика заключается в разработке методов оценки качества функционирования систем распределения информации. В соответствии с этим на первом месте в теории телетрафика стоят задачи анализа, т.е. отыскание зависимостей и значений величин, характеризующих качество обслуживания, от характеристик и параметров входящего потока вызовов, схемы и дисциплины обслуживания. Эти задачи в начальный период развития телефонной техники были более актуальными, чем задачи синтеза, и решались, как правило, с помощью теории вероятностей, поэтому наиболее значительные результаты на сегодняшний день получены при решении задач анализа.

Развитие координатной и особенно квазиэлектронной и электронной коммутационной техники поставило перед теорией телетрафика сложные вероятностно-комбинаторные задачи синтеза, в которых требуется определить структурные параметры коммутационных систем при заданных потоках, дисциплине и качестве обслуживания.

Близкими к задачам анализа и синтеза являются задачи оптимизации. Эти задачи при проектировании систем распределения информации формулируются следующим образом: определить такие значения структурных параметров коммутационной системы (алгоритмы функционирования), для которых:

1) при заданных потоках, качестве и дисциплине обслуживания стоимость или объем оборудования системы распределения информации минимальны;

2) при заданных потоках, дисциплине обслуживания и стоимости качественные показатели функционирования системы распределения информации оптимальны.

При эксплуатации систем распределения информации задача оптимизации формулируется как задача управления потоками вызовов или структурой системы для достижения наилучших показателей качества функционирования. Из-за больших вычислительных трудностей задачи оптимизации систем распределения информации начали ставить и решать в последние два десятилетия после появления быстродействующих ЭВМ.

Основным математическим аппаратом теории телетрафика являются теория вероятностей, математическая статистика и комбинаторика.

Значительные результаты теории телетрафика получены благодаря сформулированному А.К. Эрлангом понятию статистического равновесия: вероятностный процесс находится в состоянии статистического равновесия, если его вероятностные характеристики не зависят от времени. Понятие

статистического равновесия не только стимулировало развитие теории телетрафика, но также способствовало практическому применению и дальнейшему развитию теории вероятностей.

Методы математической статистики применяют при оценке результатов наблюдений за параметрами потоков вызовов и показателями качества обслуживания в действующих системах распределения информации, а также при моделировании таких систем.

При анализе, синтезе и оптимизации структурно-сложных систем распределения информации кроме вероятностных методов используют комбинаторные и алгебраические методы, теорию множеств, принципы системного подхода (системотехники). Основными методами решения задач в теории телетрафика являются аналитические, численные и метод статистического моделирования.

Аналитические методы позволяют решать задачи теории телетрафика в тех случаях, когда структура системы, характеристики потока и дисциплина обслуживания относительно просты. При этом рассматриваются все возможные состояния системы, определяемые положением каждой точки коммутации или другого элемента системы при наиболее подробном ее описании. Такие состояния называются микросостояниями системы. Каждый раз, когда поступает новый вызов, заканчивается какая-либо фаза работы управляющего устройства по установлению соединения или заканчивается соединение, система меняет свое микросостояние. Для каждого микросостояния записывается уравнение статистического равновесия. Решая систему таких уравнений, находят точное решение задачи в пределах принятой модели.

Для сложных систем число микросостояний так велико, что решить систему уравнений статистического равновесия не представляется возможным даже с помощью самых быстродействующих ЭВМ. Более перспективным является так называемый макроподход. В сложной системе с очень большим числом микросостояний имеется тот или иной признак, по которому микросостояния объединяются в классы-макросостояния. Путем усреднения определяются интенсивности переходов из одних макросостояний в другие. Для каждого макро-состояния записывается уравнение статистического равновесия. В результате решения системы таких уравнений выводятся точные или приближенные формулы для вероятностей макросостояний. Чтобы представить трудности, связанные с использованием аналитических методов, достаточно указать, что число микросостояний неполнодоступного пучка из v линий оценивается как 2^v . Например, при $v = 20$ число состояний более 106. Для решения задач такой размерности с помощью ЭВМ используют специальные алгоритмы,

позволяющие находить приближенные решения итерационными или другими численными методами.

Наиболее универсальным методом, который пригоден для решения задач практически любой сложности, является метод статистического моделирования. Метод заключается в построении математической модели системы, реализация которой осуществляется в виде программы для ЭВМ. Моделирование позволяет получить численные результаты, характеризующие качество обслуживания при заданных параметрах потока, схемы и дисциплины обслуживания. Однако в силу специфики этот метод менее удобен по сравнению с аналитическим и численными методами при определении скрытых закономерностей функционирования или зависимостей между отдельными характеристиками системы. Наиболее универсальный метод решения сложных задач – метод статистического моделирования. Во многих случаях разумное сочетание аналитических и численных методов с методом статистического моделирования позволяет детально проанализировать исследуемую систему.

При малых значениях параметров системы удастся получить решение с помощью точных аналитических методов и проанализировать предельные случаи при асимптотическом поведении характеристик изучаемой системы. Полученные сведения дополняют результаты статистического моделирования в области реальных значений параметров системы.

Оценивая результаты исследований систем распределения информации любыми математическими методами, следует помнить, что математика оперирует не реальными системами, а их математическими моделями. Так как математические модели всегда лишь приближенно описывают реальные системы, то никакие математические методы не могут заменить исследований, проводимых на реально функционирующих системах.

4.2 Практическое занятие № 3. Расчет нагрузки сетей связи

Цель: изучение процедур расчета нагрузки на отдельные сетевые элементы массового обслуживания

Время: 4 часа.

Задания на выполнение

В результате выполнения расчетов необходимо определить нагрузку выполняемую системой коммутации (АТС)

Данное значение необходимо для проектирования сети связи.

Исходные данные
Для варианта используются ДВЕ цифры номера в журнале

Наименование	Последняя цифра варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Монтируемая ёмкость номеров N	110	800	200	300	600	150	100	110	500	160
Среднее число вызовов на одного абонента в ЧНН: при внутренней связи C _{проект}	2,7	2,6	2,1	2,4	2,0	1,8	2,5	2,2	2,3	1,9
по соединительным линиям (сл): к АТС-1 C _{АТС 1}	0,35	0,45	0,38	0,30	0,55	0,35	0,31	0,5	0,4	0,4
к АТС-2 C _{АТС 2}	0,55	0,65	0,85	0,6	0,7	0,95	0,75	0,85	0,5	0,9
к АТС-3 C _{АТС 3}	0,2	0,15	0,21	0,12	0,13	0,2	0,17	0,14	0,18	0,16
к столу справок C _{сп}	0,04	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,01
к столу заказов C _{зак}	0,12	0,14	0,14	0,19	0,11	0,17	0,15	0,13	0,18	0,12
Средняя длительность одного разговора при внутренней связи T _{проект,с}	60	70	115	110	80	130	100	70	80	90
по с.л. к АТС-1 T	60	70	60	80	70	100	60	80	70	90
к АТС-2 T	70	80	110	140	100	120	90	130	100	120
к АТС-3 T	80	50	60	70	90	120	60	100	90	70
к столу справок T _{сп}	20	60	25	55	30	50	35	45	40	20
к столу заказов T _{зак}	22	30	18	27	19	25	20	21	24	15
Доля состоявшихся разговоров K _р	0,69	0,6	0,65	0,62	0,64	0,68	0,63	0,66	0,61	0,7
Нагрузка U _{рсл} , Эрл, при потерях p	0,002	0,005	0,03	0,05	0,01	0,002	0,005	0,03	0,05	0,01

Наименование процесса	Обозначение	Ср. длительность, с
Слушание сигнала «ответ станции»	t _{ос}	3
Слушание сигнала вызова	t _{выз}	10
Соединение с момента окончания набора номера до подключения к линии вызываемого абонента	t _у	2
Набор одного знака номера	t _{нн}	1,5

Параметрами нагрузки являются: число источников нагрузки, среднее число вызовов от одного источника, среднее время занятия приборов. Единица измерения _Эрланг. Эрл.

Нагрузка на систему коммутации определяется по формуле:

$$Y = \frac{1,1 \cdot K_p \cdot N}{3600} \cdot (C_{\text{проект}} \cdot T_{\text{проект}} + C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + C_3 \cdot T_3) + \frac{N}{3600} \cdot (C_{\text{СПР}} \cdot T_{\text{СПР}} + C_{\text{ЗАК}} \cdot T_{\text{ЗАК}}). \quad (4.1)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий вызовы, не окончившиеся разговором;

C , K_p , N – берутся из таблицы исходных данных;

T_{1-3} – то же, к АТС-1-3;

$T_{\text{спр}}$ – то же, к столу справок;

$T_{\text{зак}}$ – то же, к столу заказов.

Время работы АТС для проектируемой станции:

$$T_{\text{проект}} = T + t_{\text{уст.соед}}, \quad (4.2)$$

$$t_{\text{уст.соед.}} = t_{\text{ОС}} + n \cdot t_{\text{НН}} + t_{\text{выз}} + t_y \quad (4.3)$$

где T – средняя длительность разговора при внутреннем соединении (по таблице исходных данных);

$t_{\text{уст.соед}}$ – время установления внутреннего соединения;

n – количество знаков в наборе номера.

Другие значения $T_{(1-3, \text{спр}, \text{зак})}$ находятся также как и по предыдущей формуле, только меняется время разговора.

Число знаков в наборе номера АТС-1-5знаков, АТС2 – 3, АТС3 – 4, а также справочная служба и служба заказов – 2 знака.

Содержание отчета

Название и цель работы;

Расчет количественной оценки системы.

Выводы по исследованию.

Контрольные вопросы

1. Что называется потоком вызовов?
2. Какие основные характеристики потоков вызовов? Дать определение интенсивности и параметра потока.
3. Каковы принципы классификации потоков вызовов? Дать определение свойств стационарности, ординарности, последействия.
4. Что называется простейшим потоком вызовов?

Математическая модель простейшего потока вызовов.

5. Что называется примитивным потоком вызовов?
Математическая модель примитивного потока вызовов.
6. Что понимают под поступающей, обслуженной и потерянной нагрузкой?
7. Что называется часом наибольшей нагрузки станции?
8. Назовите основные параметры нагрузки.
9. В каких единицах измеряется нагрузка и интенсивность нагрузки?
10. Приведите формулы для определения нагрузки и поясните значение входящих в них аргументов.

5 Схемы сетей связи

5.1 Краткие теоретические сведения

По территориальному делению ССОП России разделяются на несколько иерархических уровней. На рис. 5.1 приведена структура ТфОП России из четырёх уровней:

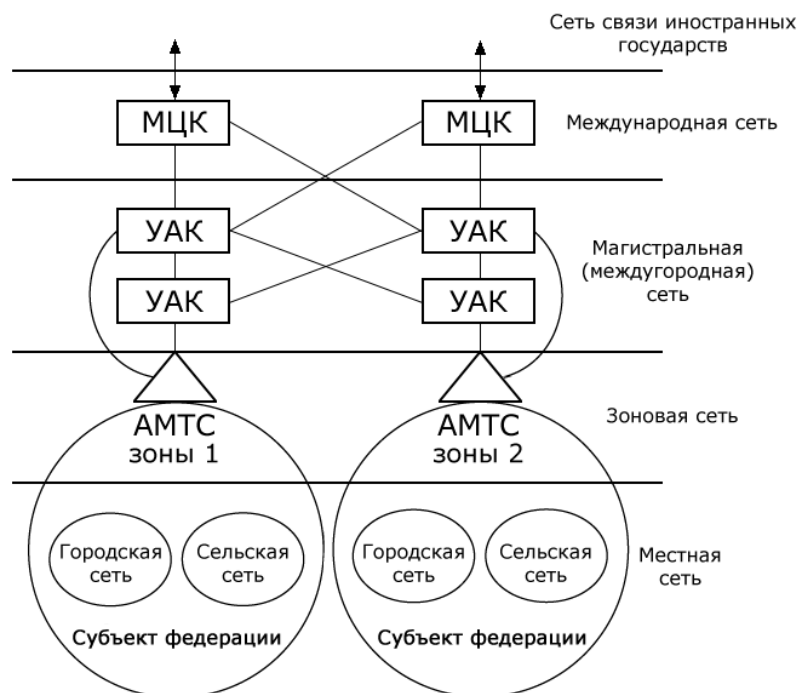


Рисунок 1. Структура ТфОП Российской Федерации

местные сети, образуемые в пределах административной территории. Местные сети подразделяются на городские и сельские;

– зоновые (региональные) сети, образуемые в пределах территории одного или нескольких субъектов Федерации (регионов). Всего в стране 89 зон;

– магистральная (междугородная) сеть связывает между собой узлы субъектов Российской Федерации и узлы центра Российской Федерации. Магистральная сеть обеспечивает транзит потоков сообщений между зональными сетями с помощью узлов автоматической коммутации (УАК), связанных между собой по схеме «каждый с каждым» (полносвязная схема). В ТфОП Российской Федерации действует восемь УАК, расположенных в городах Екатеринбург, Иркутск, Москва, Новосибирск, Ростов-на-Дону, Самара, Санкт-Петербург, Хабаровск. Шлюз между зональными сетями и магистральной сетью является автоматическая междугородная телефонная станция (АМТС). Каждая такая АМТС для надёжности связи соединена не менее, чем с двумя УАК, а также прямыми

пучками каналов с АМТС других географических зон при соответствующем взаимном тяготении.

– международная сеть общего пользования присоединена к сетям связи иностранных государств через международные центры коммутации (МЦК).

5.2 Практическое занятие № 2. Структурные схемы сетей связи

Цель: изучение структурных схем сетей связи

Время: 4 часа.

Задания на выполнение

Изобразите схему зонной сети, при условии что в ее состав входят 2 зоны нумерации (согласно варианту в таблице). Определите способ построения, укажите нумерацию абонентов.

Каждый студент получает индивидуальные исходные данные для выполнения плана нумерации. После этого преподаватель кратко излагает план нумерации, и студенты самостоятельно выполняют план нумерации. После выполнения всех необходимых расчетов студенты оформляют отчет и представляют его на проверку преподавателю.

Таблица №2

	Емкость 1 зоны нумерации	Емкость 2 зоны нумерации
1	СТС 8т ГТС 20т	ГТС 120т ГТС 45т
2	ГТС 100т СТС 9т	СТС 7т ГТС 25т
3	ГТС 30т ГТС 45т	СТС 11т ГТС 85т
4	СТС 14т ГТС 35т	ГТС 80т СТС 16,5т
5	СТС 17,5 ГТС 110т	ГТС 50т СТС 10,5т
6	СТС 12,5т ГТС 100т	ГТС 25т СТС 17,5
7	СТС 8,5т СТС 10т	ГТС 95т ГТС 35т
8	СТС 7т ГТС 8т	СТС 20т ГТС 45т

9	ГТС 25т СТС 17т	ГТС 90т СТС 9,5т
10	ГТС 75т СТС 3т	СТС 10т ГТС 125т

В процессе занятия необходимо произвести следующую работу.

1. По исходным данным изобразить схему ССОП
2. Составить план нумерации на сети.

Содержание отчета

По результатам выполнения работы каждый студент формирует индивидуальный отчет, соответствующий его исходным данным. Отчет должен содержать:

1. Перечень исходных данных;
2. Схему ССОП;
3. Составить план нумерации на сети

Контрольные вопросы

1. Междугородная и международная телефонные сети
2. Местные телефонные сети
3. На какие единицы разбивается информация для передачи данных по сети?
4. На какие подуровни разделяется канальный уровень и каковы их функции?
5. На какие уровни делится всемирная сеть электросвязи?
6. На какие уровни разбита базовая модель OSI?
7. Негеографический план номеров.
8. Необходимость перехода к сетям NGN.
9. Нумерация экстренных и информационно-справочных служб
10. Оптические системы доступа. FTTB
11. Оптические системы доступа. FTТх
12. Основные принципы коммутации каналов в сетях связи.

6 Топологические модели сетей

6.1 Краткие теоретические сведения

Локальная компьютерная сеть это комплекс программного обеспечения и устройств, объединяющих абонентов, находящихся на незначительной дистанции друг от друга. Как правило, такие системы используются в границах одного предприятия или здания.

Типы локальных сетей

Данные линии принято разделять на 2 вида:

Сети, для которых характерно централизованное управление, характеризующиеся общей политикой безопасности применимой ко всем пользователям

Одноранговые сети. В такой системе все пользователи самостоятельно определяют какую информацию и ресурсы они будут представлять в целях общего пользования. А компьютеры являются полностью равноправными и могут быть одновременно, как клиентом, так и сервером.

Основные задачи локальных вычислительных сетей

Главная задача локальной компьютерной сети – это реализация совместного доступа всех пользователей к данным, устройствам и программам. Таким образом, клиентам системы доступно выполнять операции одновременно, а не поочередно.

Помимо этого, локальные линии решают вопросы:

Обработки и хранения данных;

Передачи результатов информации пользователям;

Контроля выполнения проектов.

Главные составляющие локальной сети

Локальная компьютерная сеть не может полноценно функционировать без специального оборудования. Для нее основными составляющими являются:

Пассивное оборудование: коммутационные панели, монтажные шкафы, информационные розетки, кабели, кабельные каналы;

Периферийные устройства и компьютеры: принтеры, серверы, рабочие станции, сканеры;

Активное оборудование: маршрутизаторы, коммутаторы (свитчи), специальные медиаконвекторы.

В зависимости от того, как будет построена сеть, какой протяженностью и согласно каким требованиям, комплекс устройств при монтаже может существенно меняться.

Преимущества пользования локальной сетью

Такой тип системы решает множество вычислительных и информационных задач в пределах одного предприятия. Поэтому для организации компьютерная сеть локального типа является необходимой в силу нескольких ее преимуществ:

Система обеспечивает хранение всех данных персонального характера на диске файлового сервера. Это дает возможность осуществлять одновременную работу всеми клиентами, обновлять данные в сетевых программных продуктах и при этом пользоваться информацией, защищенной на уровне файлов и каталогов.

Локальная сеть способствует обмену информацией между всеми компьютерами, находящимися в системе.

Каждый клиент имеет доступ к глобальной сети при условии наличия специального коммутационного узла.

Такая вычислительная сеть обеспечивает полноценную печать информации всеми пользователями на общественных принтерах.

Локальная система позволяет хранить программные продукты (графические редакторы, таблицы, системы управления базами данных) на дисках файлового сервера в единственном экземпляре.

Требования предъявляемые локальным вычислительным сетям

В настоящее время IT-компаниями создано большое количество локально-вычислительных сетей, которые различаются алгоритмами работы, структурой организации, топологиями, размерами. Они эксплуатируются в разных странах мира, но требования, предъявляемые к ним, являются общепринятыми.

Надежность. Одно из главных свойств, нацеленное сохранить полное и частичное функционирование при поломке нескольких узлов.

Скорость. Важнейшее свойство, характеризующееся наличием высокоскоростных каналов передачи данных.

Адаптация. Свойство локально-вычислительной сети, направленное на расширение: рабочие станции устанавливаются в том месте, где это потребуется.

6.2 Практическое занятие №3. Топологические модели сетей

Цель: изучение топологические модели сетей

Время: 4 часа.

Задания на выполнение

Описать локальную сеть с заданной топологией.

Проанализируйте описание локальной сети и сделайте выводы.

Заполните таблицу.

Задание 1 это варианты 1,4,7 и тд

Задание 1

1. Описать одноранговую локальную сеть с топологией линейная шина.
2. Проанализируйте описание локальной сети и сделайте выводы.
3. Заполните таблицу.

Схема локальной сети		
Недостатки		
Преимущества		
Количество компьютеров в сети		
Оборудование, необходимое для создания сети и его стоимость	оборудование	стоимость
Общая стоимость создания локальной сети		
Выводы:		

Задание 1 это варианты 2, 5, и тд

Задание 2

1. Описать одноранговую локальную сеть с топологией звезда.
2. Проанализируйте описание локальной сети и сделайте выводы.
3. Заполните таблицу.

Схема локальной сети		
Недостатки		
Преимущества		
Количество компьютеров в сети		
Оборудование, необходимое для создания сети и его стоимость	оборудование	стоимость
Общая стоимость создания локальной сети		
Выводы:		

Задание 3 это варианты 3,6, и тд

Задание 3

1. Описать локальную сеть на основе сервера.
2. Проанализируйте описание локальной сети и сделайте выводы.
3. Заполните таблицу

Схема локальной сети		
Недостатки		
Преимущества		
Количество компьютеров в сети		
Оборудование, необходимое для создания сети и его стоимость	оборудование	стоимость
Общая стоимость создания локальной сети		
Выводы:		

Содержание отчета

Цель работы

Перечень исследуемых элементов с указанием сайта производителя.

Результаты сравнительного анализа с аналогичными по функционалу двумя другими wybranными программами из предложенного списка или выбранных студентом самостоятельно.

Выводы по проведенному исследованию.

Контрольные вопросы

При сдаче отчета по лабораторному исследованию студент должен быть готов ответить на следующие вопросы:

1. Дайте определение топологии.
2. Что такое УЗЕЛ?
3. Что представляют собой логические связи в сети?
4. Поясните особенности построения сети с топологией «шина».
5. Поясните особенности построения сети с топологией «кольцо».
6. Поясните особенности построения сети с топологией «звезда».
7. Поясните особенности построения сети с ячеистой топологией.

8. Поясните особенности построения сети с топологией звезда на шине.

11. Что называется Сегментом сети?

12. Какие недостатки сети на одной разделяемой среде?

13. Какие достоинства предоставляет сегментирование сети?

7 Построение беспроводных сетей

1.1 Краткие теоретические сведения

Беспроводными обычно называют сети, соответствующие требованиям, предъявляемым к передаче данных в компьютерных сетях, созданные без использования кабельной проводки. Такие сети, в зависимости от задач и выбранной топологии, могут являться сегментами других сетей, построенных на иных физических принципах.

Беспроводная сеть является средой передачи данных, которая используется различными корпоративными приложениями для поддержания и оптимизации бизнес-процессов компании благодаря гибкости, мобильности и доступности сетевой среды.

Способы передачи

Беспроводные сети используют несколько способов передачи данных:

- инфракрасное излучение;
- оптическое излучение;
- лазерное излучение;
- радиопередача в узком спектре (одночастотная передача);
- радиопередача в рассеянном спектре.

Типы беспроводных сетей

В зависимости от решаемых задач и технологии передачи данных, беспроводные сети можно разделить на следующие типы:

- Беспроводная персональная сеть (WPAN) – применяется для связи различных устройств, таких как компьютерная и бытовая техника между собой, а также с сетями более высокого уровня. WPAN разворачивается с применением сетевых технологий Bluetooth, infrared или Wi-Fi и имеет небольшой радиус действия от десятков сантиметров до нескольких метров.

- Беспроводная локальная сеть (WLAN) – объединение беспроводных устройств в сеть происходит без использования кабелей, передача данных осуществляется через радиозфир. Наиболее распространенной сетевой технологией для построения беспроводных локальных сетей является Wi-Fi. Данная технология обеспечивает необходимое покрытие помещений для работы конечных пользователей, например, добавлением в сеть дополнительных точек доступа.

- Беспроводная сеть масштаба город (WMAN) – реализуется широкополосный доступ к сети через радиоканал с возможностью передачи звука и видео. WMAN используется для соединения территориально распределенных объектов (до 50 км) при помощи технологии WiMAX.

- Беспроводная глобальная вычислительная сеть (WWAN) – главным отличием от локальных беспроводных сетей WLAN является использование беспроводных технологий сотовой связи для передачи данных (таких как UMTS, GPRS, CDMA, GSM, CDPD, Mobitex, HSDPA, 3G и др.). Технологии WWAN дают возможность пользователям получать доступ к Интернету, электронной почте и подключаться к виртуальным частным сетям из любой точки в пределах зоны действия оператора беспроводной связи.

Преимущества внедрения беспроводных решений

Беспроводные технологии передачи данных имеют значительное влияние на производительность и эффективность бизнес-процессов, позволяя расширить возможности для развития и совершенствования бизнеса путем внедрения функций мобильной передачи голоса, данных, видео и других приложений.

Основными преимуществами использования беспроводных технологий в отличие от кабельных технологий являются:

- обеспечение мобильностью пользователей сетевой инфраструктуры;
- гибкость и масштабируемость системы;
- доступность и высокая производительность IT-инфраструктуры;
- простое централизованное администрирование и удобство в обслуживании,
- снижение стоимости владения беспроводной сетевой инфраструктурой;
- и др.

Сегодня даже самые "непосвященные" в IT-технологии потребители интернет-услуг, ни разу не слышавшие о 4G и LTE, используют Wi-Fi как само собой разумеющееся решение при использовании Интернет-услуг.

За 25-летний путь развития скорости беспроводные передачи данных по Wi-Fi были увеличены почти в 3.5 тысячи раз, достигая на сегодняшний день почти 7-гигабитных скоростей (против 2 Мегабит в секунду в начале своего пути). Сегодня технология 802.11 является глобальной, и во многих местах, начиная от небольших кафе и заканчивая крупными бизнес-центрами, это решение является почти неотъемлемой частью любой инфокоммуникационной инфраструктуры. То поколение, которое растет сейчас, ожидает, что Wi-Fi будет и в их недалеком будущем, поскольку тарифные планы на сотовых телефонах лимитированы, и пользователи привыкли работать в сети через Wi-Fi в целях экономии трафика. Выпуск серии стандартов Wi-Fi является ярким примером того, как технология связи позволила пользователям получать доступ к данным и различным

информационным технологиям самым экономичным образом. Решение 802.11 стало первой в истории беспроводной технологией, которую эффективно и легко мог подключить и настроить любой пользователь без необходимости в получении лицензии на использование радиоканала. Разработчики Wi-Fi технологии на самом старте своего развития "отдали" ее в свободное плавание и позволили производителям оборудования и крупным корпорациям экспериментировать с этим беспроводным решением, что, несомненно, и стало определяющим фактором в успехе и повсеместном внедрении хот-спотов на основе стандарта IEEE 802.11.

Стандарты Wi-Fi следующих поколений

Недавно вышедшая на свет версия стандарта Wi-Fi - 802.11ad (альтернативное название – Multi-Gigabit Wi-Fi) работает в диапазоне 60 ГГц с максимальной скоростью 7 Гбит/сек, вывела эту беспроводную технологию на новый уровень. Несмотря на то, что технологически производство радиостанций для частоты 60 ГГц более сложно, чем в диапазонах 2.4 и 5 ГГц, эти продукты вскоре получают широкое распространение на рынке. По крайней мере, уже есть несколько беспроводных решений, поддерживающих этот стандарт. Полоса в 60 ГГц предназначена в основном для использования внутри помещений и ориентирована на работу с видео-сервисами и приложениями:

Будущее технологии Wi-Fi

Следующая версия стандарта – 802.11ay (WiGig второго поколения), которая является своего рода улучшением выпущенного 802.11ad, которую мы также рассматривали ранее. Поэтому 802.11ay, как и 11ad, не будет новым типом WLAN сетей, скорее 11ay позволит еще больше оптимизировать использование полосы 60 ГГц и обеспечить скорости передачи данных до 176 Гбит/сек.

Такие скорости стали доступны благодаря использованию 256-QAM модуляции, использованию четырех потоков MIMO по 44 Гбит/сек каждый и увеличению ширины полосы пропускания канала до 8,64 ГГц. Также в 11ay добавится технология MU-MIMO. Разработчики стандарта утверждают, что финальная версия спецификации 802.11ay будет принята до конца 2017 года. В будущем эта технология может использоваться, например, для беспроводного подключения мониторов и телевизоров с высоким разрешением. Поэтому, возможно, еще через несколько лет проводов на наших рабочих столах будет еще меньше, если беспроводные карточки будут сразу интегрированы в мониторы.

Еще одна версия стандарта, которую вы увидим в ближайшем будущем, решит проблему низкой производительности крупных локальных сетей – 802.11ax, предназначенная для повышения эффективности работы Wi-Fi в сегментах с высокой плотностью абонентов (стадионы, торговые

центры, метро), словом, везде, где большое количество людей обращаются к оборудованию Wi-Fi радиодоступа в одном временном интервале. Словом, 802.11ax значительно улучшает работу пользователей в плотных сетях, благодаря внедрению OFDMA в Wi-Fi. Также идут работы над спецификацией 802.11az, которая предназначена для улучшения геопозиционирования объектов с помощью GPS внутри помещений.

802.11ah (альтернативное название - Wi-Fi HaLow) – совсем недавно разработанный стандарт для нашумевшего Internet of Things (IoT), для которого был выделен дополнительный спектр в диапазоне ниже 1 ГГц. IoT несколько отличается от стандартных приложений доступа в Интернет, так как "Интернет вещей" (со скоростями передачи в сотни килобит в секунду) не сильно заинтересован в высокой пропускной способности. Ему скорее необходим более широкий диапазон частот и высокая энергоэффективность, поэтому он и разрабатывается в диапазоне 900 МГц. Но в этом спектре гораздо меньше доступных частот и в разных странах он используется по-разному (в отличие от 2.4 и 5 ГГц, которые доступны по всему миру). Поэтому для полноценной интеграции 802.11ah нужно вести работу по частотному согласованию для выделения дополнительного спектра с представителями различных стран (особенно Европейских). Тем не менее, стандарт уже выпущен, и он позволит Wi-Fi оборудованию вести передачу данных на расстояниях, измеряемых несколькими километрами:

Технология Wi-Fi является настолько удачным решением, что с его помощью также будет производиться "разгрузка" существующих LTE сетей, о чем мы уже писали ранее. Передача мобильных данных через Wi-Fi в LTE сетях является подходящим решением для постоянно растущего мобильного интернета и спроса на него. Это позволит снизить затраты на построение новых сетей оператором связи и предоставляет новые возможности для бизнеса, так как открывает широкий спектр стратегий реализации таких сетей. Для этого нужно создать широкополосное радиопокрытие Wi-Fi, приспособленное для оффлоада и обеспечить взаимодействие Wi-Fi устройств с корневой инфраструктурой мобильной сети оператора для аутентификации. Уже существует большое количество сервисов (Wi-Fi - агрегаторов), позволяющих это сделать. Что касается мобильных устройств самих абонентов, то абонентские Smart-устройства под управлением распространенных ОС (Android, BlackBerry, Apple iOS и Windows Mobile) обычно пытаются автоматически подключиться с 4G/3G сетей на Wi-Fi, как только оказываются в зоне действия последнего. Они также сохраняют параметры Wi-Fi-сетей, с которыми уже производилось соединение.

Сотовая связь - это наиболее современная и быстро развивающаяся область телекоммуникаций. Сотовой она называется потому, что территория, на которой обеспечивается связь, разбивается на отдельные ячейки или соты.

Как правило, в каждой соте абонент получает одинаковый набор услуг и в определенных территориальных границах получает эти услуги по равной цене. Таким образом, перемещаясь от одной соты к другой абонент не чувствует территориальной привязанности и может свободно пользоваться услугами связи. Также важным моментом является непрерывность соединения.

Перемещаясь соединение, установленное абонентом (голосовой звонок, пакетная передача данных) не должны прерываться. Это обеспечивается благодаря так называемому хэндоверу (Handover). Соединение установленное абонентом как бы похватывается соседними сотами по эстафете, а абонент продолжает неподозревая разговаривать или путешествовать по просторам сети Интернет.

Итак, рассмотрим из чего же состоит сеть сотовой связи. Вся сеть делится на две подсистемы: подсистема базовых станций и подсистема коммутации.

Основными элементами подсистемы базовых станций (как не трудно догадаться) являются сами базовые станции (BTS). Они то как раз и создают те соты, о которых говорилось в начале. Каждая базовая станция, как правило, обслуживает три соты. Радиосигнал от базовой станции излучается через 3 секторные антенны, каждая из которых направлена на свою соту. Иногда можно встретить ситуацию, когда на одну соту направлены сразу несколько антенн одной базовой станции. Это связано с тем, что сеть сотовой связи работает в нескольких диапазонах (900 и 1800). Кроме того, на данной базовой станции может присутствовать оборудование сразу нескольких поколений связи (3G и 5G).

Наиболее привычным местом размещения базовой станции является башня или мачта, построенная специально для нее. Однако, в условиях городской местности трудно найти место под размещение массивного сооружения. Поэтому в крупных городах базовые станции размещаются на зданиях. Кроме того, в последнее время появляются мобильные варианты базовых станций, размещенных на грузовиках. Их очень удобно использовать во время стихийных бедствий или во местах массового собрания людей (футбольные стадионы, центральные площади) на время праздников, концертов, футбольных матчей. Но, к сожалению, из-за проблем в законодательстве широкого применения они пока не нашли.

Как это ни странно, но сотовые операторы часто разрешают своим конкурентам использовать свои башенные сооружения для размещения антенн (Естественно на взаимовыгодных условиях). Это вызвано тем, что строительство башни или мачты - это дорогое удовольствие, и такой обмен позволяет сэкономить не мало средств!

От подсистемы базовых станций сигнал передается в сторону подсистемы коммутации, где и происходит установление соединения с нужным абоненту направлением. В подсистеме коммутации есть ряд баз данных, в которых хранятся сведения об абонентах. Кроме того эта подсистема отвечает за безопасность.

Мы рассмотрели основные элементы сети сотовой связи. Здесь конкретно применялись термины стандарта GSM. Однако, и в предыдущих, и в последующих стандартах присутствуют аналогичные элементы и функции, лишь под другими названиями

Радиосвязь организуется не только с помощью сетей фиксированной радиосвязи, но и с использованием сетей с подвижными объектами (СРПО).

Сеть радиосвязи с подвижными объектами – это совокупность технических средств, с помощью которых можно предоставлять подвижным объектам связь между собой и с абонентами телефонной сети. Она предназначена для обслуживания абонентов при международном, национальном и региональном передвижениях (роуминг) и позволяет обеспечивать связь между абонентами при пересечении ими границ разных географических зон.

Сотовая структура сети основана на принципе повторного использования частот – главным принципе сотовой сети. Элементами сотовой сети, кроме того, являются:

- центр коммутации;
- базовые станции;
- подвижные станции, или абонентские радиотелефонные аппараты.

Базовая станция (БС) сотовой связи обслуживает все подвижные станции в пределах своей ячейки, при этом ресурс для установления соединений базовая станция предоставляет по требованию подвижных абонентов, как правило, на равноправной основе.

При перемещении абонента из одной ячейки в другую происходит передача его обслуживания от одной базовой станции к другой. Все базовые станции сети, в свою очередь, замыкаются на центр коммутации, с которого имеется выход в единую сеть электросвязи РФ.

В настоящее время широко используется общеевропейский стандарт GSM-900. В этом стандарте передатчики подвижных станций работают в диапазоне частот 890–915 МГц, передатчики базовых станций – в диапазоне 935–960 МГц. Между диапазонами приёма и передачи предусмотрен

постоянный разнос в 45 МГц. Каждый из поддиапазонов разбит на 124 частотных канала с шагом 200 кГц. Максимальная дальность связи 35 км.

В стандарте GSMобеспечивается высокая степень безопасности передаваемых сообщений за счёт их шифрования по алгоритму шифрования с открытым ключом. Функциональное сопряжение элементов системы осуществляется рядом интерфейсов.

В технологии построения транкинговой связи используется принцип, при котором конкретный канал закрепляется для каждого сеанса связи индивидуально в зависимости от распределения нагрузки в системе, а трафик нагрузки в основном замыкается внутри сетей. Выход абонентов на сеть телефонной связи общего пользования (ТфОП) ограничен.

В настоящее время используют радиальные и радиально-зонавые транкинговые сети. Такая сеть включает:

- базовую станцию, состоящую из антенно-фидерного устройства, модулей приёмопередатчиков, контроллеров для каждого модуля приёмопередатчика и базового контроллера;

- зонавое оборудование (станцию), состоящее из автономных ретрансляторов, соединительных линий с сетью общего пользования и контроллеров;

- оборудование управления, состоящее из системного терминала «менеджер системы», пультов диспетчера.

В транкинговых сетях, построенных по радиальному принципу, весь канальный ресурс закрепляется за одной центральной базовой станцией (ЦРС). Антенна такой станции размещается в наиболее высокой точке предполагаемого обслуживания [2]. Примером такой архитектуры является советская сеть радиосвязи «Антей», созданная в 1960 г.

7.2 Практическое занятие №4. Построение беспроводных сетей

Цель: ознакомится с процессом обслуживания вызова системы коммутации при работе в системе мобильной связи

Время: 4 часа.

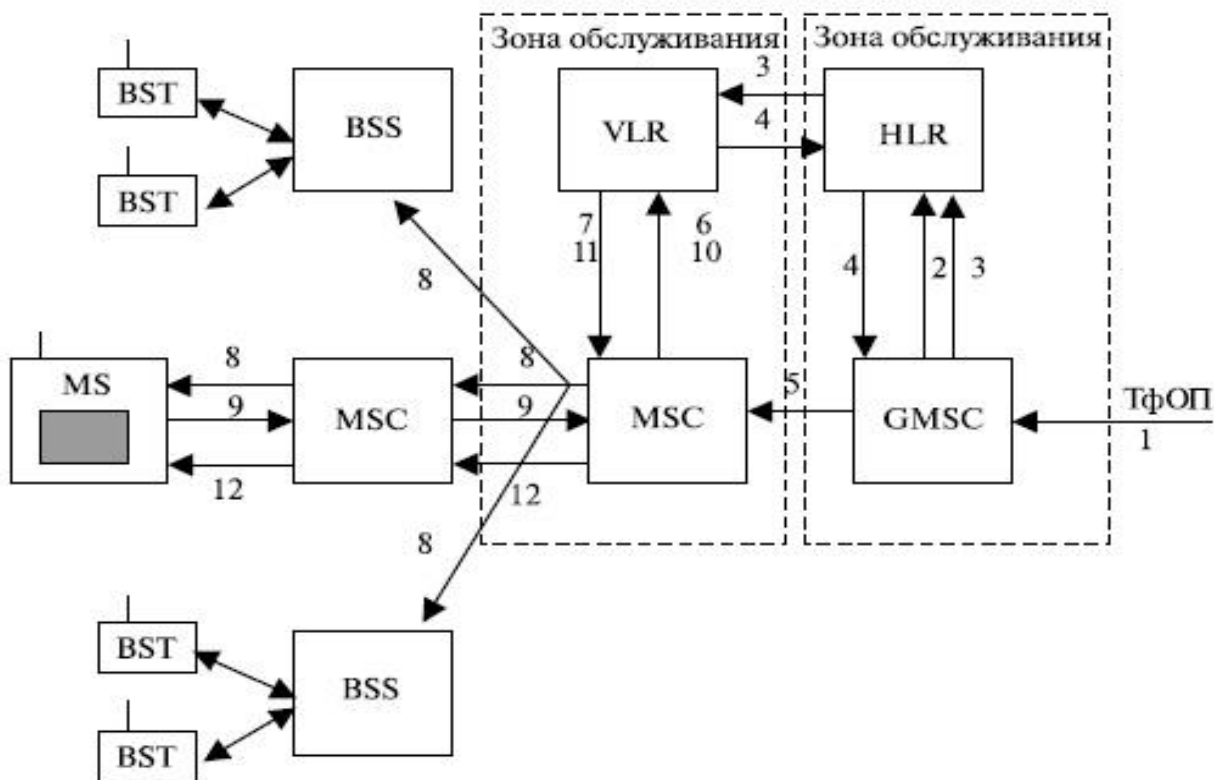
Задания на выполнение

Ознакомится с процессом обслуживания вызова системы коммутации при работе в системе мобильной связи

Изобразить алгоритм обслуживания вызова в системе мобильной связи.

Задания на выполнение

1. Изобразить алгоритм обслуживания вызова в системе мобильной связи



1. Входящий вызов поступает от стационарной сети ТфОП на вход шлюза MSC (GMSC — Gateway MSC).

2. На основе международного мобильного идентификационного номера станции (IMSI — International Mobile Station Identity) вызываемого абонента определяется домашний регистр местоположения (HLR).

3. Затем запрашивают соответствующий визитный регистр местоположения (VLR) для того, чтобы определить для мобильной станции номер для услуг роуминга— MSRN (Mobile Station Roaming Number).

4. Он передается назад в HLR GMSC.

5. Затем соединение переключается к соответствующему MSC.

6. MSC выработывает запрос VLR.

7. Теперь визитный регистр местоположения (VLR) делает запрос зоны местоположения (LA — Location Area) и о состоянии (доступности) мобильного абонента. Если MS отмечена как доступная, то выполняется п. 8.

8. Передается широковещательный вызов по всей зоне нахождения, записанной в визитном регистре местоположения (VLR).

9. Мобильный абонентский телефон отвечает на широковещательный запрос из текущей радиосоты.

10. После этого выполняются все необходимые процедуры безопасности (аутентификация и обмен шифровальными ключами). Если они выполнены успешно, то выполняется п. 11.

11. Визитный регистр местоположения (VLR) указывает для MSC, что вызов закончен, и передает MSC временный мобильный опознавательный код станции (TMSI — Temporary Mobile Station Identity).

12. MSC передает MS TMSI и информирует его о начале работы.

Содержание отчета

Цель работы

Перечень исследуемых элементов с указанием сайта производителя.

Результаты сравнительного анализа с аналогичными по функционалу двумя другими выбранными программами из предложенного списка или выбранных студентом самостоятельно.

Выводы по проведенному исследованию.

Контрольные вопросы

При сдаче отчета по лабораторному исследованию студент должен быть готов ответить на следующие вопросы:

1. Какие беспроводные среды передачи данных вы знаете? Дайте им краткую характеристику.

2. Какую беспроводную среду данных на ваш взгляд наилучше использовать для построения беспроводных компьютерных сетей и почему?

3. Почему в промышленных условиях целесообразно использовать инфракрасные среды передачи данных и почему?

4. В каких случаях целесообразно использовать беспроводные компьютерные сети и почему?

5. В каких случаях нецелесообразно использовать беспроводные компьютерные сети и почему?

6. Что такое беспроводная локальная сеть (WLAN)? Каковы преимущества использования WLAN вместо проводной локальной сети?

7. Что такое точка доступа? Сколько пользователей одновременно поддерживает одна точка доступа и почему?

8. Какие алгоритмы шифрования используются в стандарте IEEE 802.11.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрончик, А.Н., Коллеров, А.С. Сетевая защита. Практический курс: учебное пособие Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014 ЭБС
2. Буранова, М.А., Киреева, Н.В. Конфигурация протокола динамической маршрутизации OSPF: учебное пособие Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016 ЭБС
3. Дибров Максим Владимирович Компьютерные сети и телекоммуникации. Маршрутизация в ip-сетях в 2 ч. Часть 1: Учебник и практикум Москва: Издательство Юрайт, 2019 ЭБС
4. Лихтциндер, Б.Я. Анализ трафика мультисервисных сетей: монография Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015 ЭБС
5. Росляков, А.В. Сети связи: учебное пособие Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017 ЭБС
6. Самуйлов Константин Евгеньевич Сети и телекоммуникации: Учебник и практикум Москва: Издательство Юрайт, 2019 ЭБС
7. Семенов, А.А. Сетевые технологии и Интернет: учебное пособие Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017 ЭБС
8. Сеницын, Ю.И., Ряполова, Е. Сети и системы передачи информации: учебное пособие Оренбург: ОГУ, 2017 ЭБС