

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ
РЕАЛИЗАЦИИ
ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ
СЕТЕЙ *ETHERNET***

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Телекоммуникационные системы»
для студентов очной и заочной форм обучения
направлений подготовки 11.03.01 «Радиотехника»,
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
и специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 621.396 + 621.391
И88

Р е ц е н з е н т:

С.Р. Зиборов - кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации»

Ответственный за выпуск:

И.Л. Афонин - заведующий кафедрой «Радиоэлектроника
и телекоммуникации», д.т.н., профессор

Составитель: А.А. Савочкин

И88 Исследование вариантов реализации физического уровня сетей Ethernet : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Телекоммуникационные системы» для студентов очной и заочной форм обучения направлений подготовки 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Сост. А.А. Савочкин ; Министерство науки и высшего образования РФ, Севастопольский государственный университет, Институт радиоэлектроники и информационной безопасности, кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации». - Севастополь: СевГУ, 2020. - 28 с. - Текст : электронный.

Цель учебно-методического пособия — оказание помощи студентам в подготовке и выполнении лабораторной работы по дисциплине «Телекоммуникационные системы», а также в получении ими теоретических знаний по работе систем передачи данных технологии Ethernet и практических навыков исследования характеристик телекоммуникационного оборудования, используемого в локальных сетях.

УДК 621.396 + 621.391

Утверждено на заседании кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации», протокол № 12 от 09 июня 2020 г.

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании Ученого совета Института радиоэлектроники и информационной безопасности, протокол № 12 от 10 июня 2020 года.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель лабораторной работы	4
2. Теоретическая часть.....	4
2.1. Основные сетевые топологии	4
2.2. Линии связи и каналы передачи данных	8
3. Описание лабораторной установки	18
3.1. Характеристика аппаратной части	18
3.2. Характеристика программных средств.....	19
4. Порядок выполнения лабораторной работы	20
4.1. Подготовка к выполнению работы	20
4.2. Исследование пропускной способности кабельных каналов связи.....	20
5. Содержание отчета по лабораторной работе	25
6. Контрольные вопросы	26
6.1. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы.....	26
6.2. Вопросы для защиты лабораторной работы.....	27
Библиографический список.....	28

1. ЦЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с принципами построения телекоммуникационных систем путем экспериментального исследования основных характеристик сетевого оборудования стандартов *IEEE 802*.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Основные сетевые топологии

Компьютеры и сетевые устройства в локальных и глобальных сетях соединены линиями связи. Геометрическое расположение линий связи относительно узлов сети и физическое подключение узлов к сети называется физической топологией. В зависимости от топологии различают сети: шинной, кольцевой, звездной, иерархической и произвольной структуры.

Различают физическую и логическую топологию. Физическая топология — это геометрия построения сети, а логическая топология определяет направления потоков данных между узлами сети и способы передачи данных. Логическая и физическая топологии сети независимы друг от друга.

В настоящее время в локальных сетях используются следующие физические топологии:

- физическая «шина» (*bus*);
- физическая «звезда» (*star*);
- физическое «кольцо» (*ring*);
- физическая «звезда» и логическое «кольцо» (*Token Ring*).

2.1.1. Шинная топология

Сети с шинной топологией используют линейный моноканал (обычно коаксиальный кабель) для передачи данных, на концах которого устанавливаются оконечные сопротивления (терминаторы). Каждый компьютер подключается к коаксиальному кабелю с помощью Т-разъема (Т-коннектора), как показано на рис. 2.1. Данные от передающего узла сети поступают по шине в обе стороны. Терминаторы предотвращают отражение сигналов, т. е. используются для «гашения» сигналов, которые достигают концов канала передачи данных. Таким образом, информация поступает на все узлы, но принимается только тем узлом, которому она предназначена.

В топологии логическая шина среда передачи данных используется совместно и одновременно всеми персональными компьютерами (ПК) сети, а сигналы от ПК распространяются одновременно во все направления по среде передачи. Так как передача сигналов в топологии физическая ши-

на является широковещательной, т. е. сигналы распространяются одновременно во все направления, то логическая топология данной локальной сети является логической шиной.

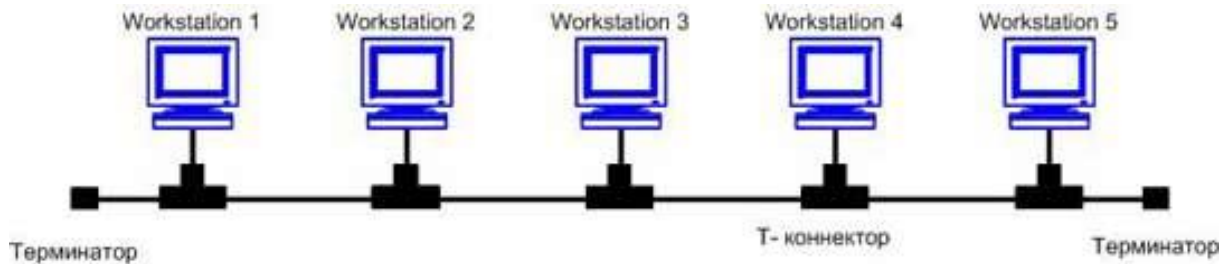


Рис. 2.1 — Структура сети с шинной топологией

Данная топология применяется в локальных сетях с архитектурой *Ethernet* (классы 10Base-5 и 10Base-2 для толстого и тонкого коаксиального кабеля соответственно).

Преимущества сетей шинной топологии:

- отказ одного из узлов не влияет на работу сети в целом;
- сеть легко настраивать и конфигурировать.

Недостатки сетей шинной топологии:

- разрыв кабеля нарушает работу всей сети;
- ограниченная длина кабеля и количество рабочих станций;
- трудно определить местоположение с дефектом соединения.

2.1.2. Топология типа «звезда»

В сети построенной по топологии типа «звезда» каждая рабочая станция подсоединяется кабелем (обычно витой парой) к концентратору (*hub*) или коммутатору (*switch*). Концентратор обеспечивает параллельное соединение ПК и, таким образом, все компьютеры, подключенные к сети, могут общаться друг с другом.

Данные от передающей станции сети поступают через концентратор по всем линиям связи всем ПК. Информация передается на все рабочие станции, но принимается только теми станциями, которым она предназначена. Так как передача сигналов в топологии физическая звезда является широковещательной, т. е. сигналы от ПК распространяются одновременно во все направления, то логическая топология данной локальной сети является логической шиной. Структура сети с топологией «звезда» изображена на рис. 2.2. Данная топология применяется в локальных сетях с архитектурой *Ethernet*. Преимущества сетей топологии «звезда»:

- легко подключить новый ПК;
- возможность централизованного управления;
- сеть устойчива к неисправностям отдельных ПК;
- разрыв линии между отдельным ПК и концентратором не влияет на работу всей сети.

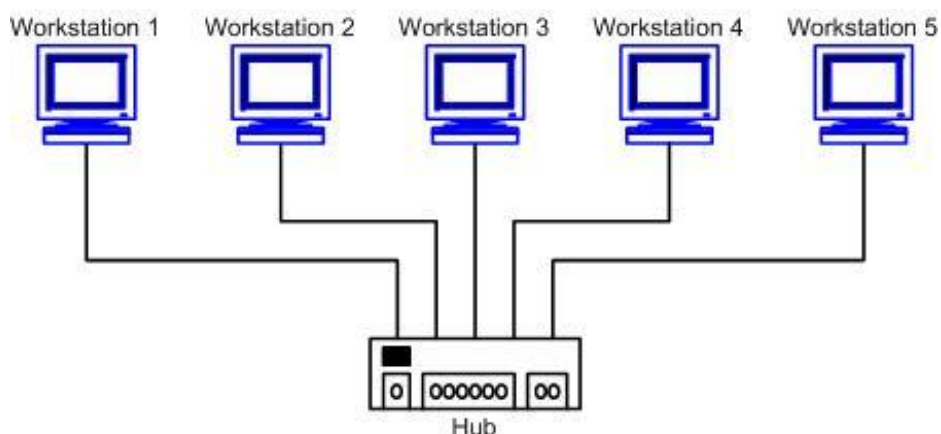


Рис. 2.2 — Структура сети с топологией «звезда»

Недостатки сетей топологии «звезда»:

- отказ концентратора влияет на работу всей сети;
- большой расход кабеля.

2.1.3. Топология «кольцо»

В сети с топологией «кольцо» все узлы соединены каналами связи в неразрывное кольцо (необязательно в форме окружности), по которому передаются данные. Сетевой выход одного ПК соединяется с сетевым входом другого ПК. Начав движение из одной точки, данные, в конечном счете, попадают в его начало. Данные в кольце всегда движутся в одном и том же направлении. Структура сети показана на рис. 2.3.

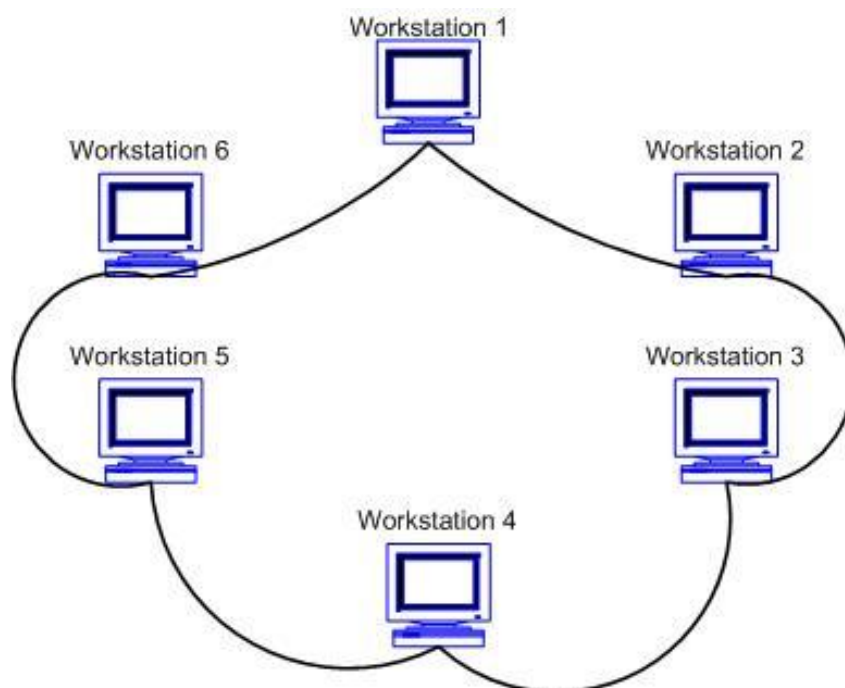


Рис. 2.3 — Структура сети с топологией «кольцо»

Принимающая рабочая станция распознает и получает только адресованное ей сообщение. В сети с топологией типа физическое кольцо используется маркерный доступ, который предоставляет станции право на использование кольца в определенном порядке. Логическая топология данной сети — логическое кольцо.

Данную сеть просто создавать и настраивать. Основным недостатком сетей топологии «кольцо» является то, что повреждение линии связи в одном месте или отказ ПК приводит к неработоспособности всей сети.

Как правило, в чистом виде топология «кольцо» не применяется из-за своей малой надёжности, поэтому на практике применяются различные модификации кольцевой топологии.

2.1.4. Топология «*Token Ring*»

Эта топология основана на топологии «физическое кольцо с подключением типа звезда». В данной топологии все рабочие станции подключаются к центральному концентратору (*Token Ring*), как в топологии физическая звезда. Центральный концентратор — это интеллектуальное устройство, которое обеспечивает последовательное соединение выхода одной станции с входом другой станции.

В результате, с помощью концентратора каждая станция соединяется только с двумя другими станциями (предыдущей и последующей станциями). Таким образом, рабочие станции связаны петлей кабеля, по которой пакеты данных передаются от одной станции к другой, и каждая станция ретранслирует эти посланные пакеты. Для этого каждая рабочая станция содержит приемо-передающее устройство, которое позволяет управлять прохождением данных в сети. Физически такая сеть построена по типу топологии «звезда», как изображено на рис. 2.4.

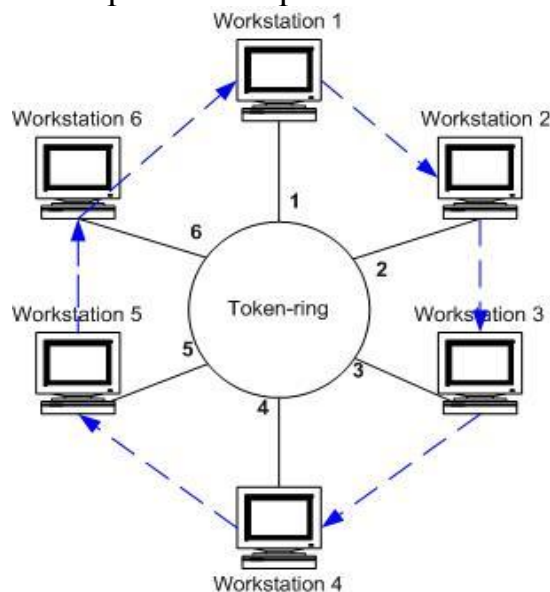


Рис. 2.4 — Структура сети с топологией «*Token Ring*»

Концентратор создаёт первичное (основное) и резервное кольца. Если в основном кольце произойдёт обрыв, то его можно обойти, воспользовавшись резервным кольцом, содержащим четырёхжильный кабель. Отказ станции или обрыв линии связи рабочей станции не влечет за собой отказ сети как в топологии «кольцо», потому что концентратор отключает неисправную станцию и замкнет кольцо передачи данных.

В архитектуре «*Token Ring*» маркер передаётся от узла к узлу по логическому кольцу, созданному центральным концентратором. Такая маркерная передача осуществляется в фиксированном направлении (направление движения маркера и пакетов данных показано на рис. 2.4 пунктирными стрелками). Станция, обладающая маркером, может отправить данные другой станции.

Для передачи данных рабочие станции должны сначала дожидаться прихода свободного маркера. В маркере содержится адрес станции, пославшей этот маркер, а также адрес той станции, которой он предназначен. После этого отправитель передает маркер следующей в сети станции для того, чтобы и та могла отправить свои данные.

Один из узлов сети (обычно для этого используется файл-сервер) создаёт маркер, который отправляется в кольцо сети. Такой узел служит активным монитором, который следит за тем, чтобы маркер не был утерян или разрушен.

Преимущества сетей топологии «*Token Ring*»:

- топология обеспечивает равный доступ ко всем рабочим станциям;
- высокая надежность, так как сеть устойчива к неисправностям отдельных станций и к разрывам соединения отдельных станций.

Недостатки сетей топологии «*Token Ring*»: большой расход кабеля и соответственно высокая стоимость разводки линий связи.

2.2. Линии связи и каналы передачи данных

2.2.1. Проводные и кабельные линии связи

Для построения компьютерных сетей применяются линии связи, использующие различную физическую среду. В качестве физической среды в коммуникациях используются: металлы (в основном медь), сверхпрозрачное стекло (кварц) или пластик. Физическая среда передачи данных может представлять собой — коаксиальный кабель, кабель «витая пара», волоконно-оптический кабель и свободное пространство. В лабораторной работе исследуются особенности использования физической среды передачи данных в виде направляющей системы, т. е. проводные и кабельные линии связи [1, 2].

Линии связи или линии передачи данных образуются физической средой и промежуточной аппаратурой, по которым передаются информационные сигналы.

В одной линии связи можно образовать несколько каналов связи (виртуальных или логических каналов), например, путем частотного или временного разделения каналов.

Канал связи — это средство односторонней передачи данных, образованный от входа передающего оборудования до выхода приемного оборудования.

Канал передачи данных — это средства двустороннего обмена данными, которые включают в себя линии связи и аппаратуру передачи (приема) данных. Каналы передачи данных связывают между собой источники и приемники информации.

В зависимости от физической среды передачи различают следующие виды линий связи:

- проводные без изолирующих и экранирующих оплеток;
- кабельные, в которых для передачи сигналов используются кабели «витая пара», коаксиальные или оптоволоконные кабели;
- беспроводные (наземной и спутниковой связи), в которых для передачи сигналов используются электромагнитные волны, распространяющиеся в свободном пространстве.

Проводные (воздушные) линии связи используются для передачи телефонных и телеграфных сигналов, а также для передачи компьютерных данных.

С помощью проводных линий связи могут быть организованы аналоговые и цифровые каналы передачи данных. К недостаткам этих линий относятся невысокая помехозащищенность и возможность простого несанкционированного подключения.

Кабельные линии связи имеют довольно сложную структуру. Кабель состоит из проводников, заключенных в несколько слоев изоляции. В компьютерных сетях используются три типа кабелей: «витая пара», коаксиальные и оптоволоконные.

2.2.2. Коаксиальный кабель

Коаксиальный кабель (*coaxial cable*) содержит центральный медный провод, окруженный слоем изолирующего материала, который изолирует центральный проводник от внешнего проводящего экрана (медной оплетки или слоя алюминиевой фольги). Внешний проводящий экран коаксиального кабеля также покрывается изоляцией.

В сетевых приложениях используют два типа коаксиального кабеля: тонкий коаксиальный кабель диаметром 5 мм и толстый коаксиальный кабель диаметром 10 мм. Затухание сигнала, вносимое толстым коаксиальным кабелем, меньше, чем у тонкого кабеля. Стоимость коаксиального кабеля больше стоимости витой пары, и выполнение монтажа сети с использованием коаксиального кабеля сложнее, чем с использованием витой парой.

Коаксиальный кабель применяется, например, в локальных сетях с ар-

хитектурой *Ethernet*, построенных по топологии типа «общая шина» и обеспечивает пропускную способность от 10 до 100 Мбит/с. Кроме того, коаксиальный кабель более помехозащищен, чем витая пара, и несанкционированное подключение к коаксиальному кабелю сложнее, чем к витой паре.

2.2.3. Кабель «витая пара»

Кабель «витая пара» (*twisted pair*) представляет собой витую пару медных проводов (или несколько пар проводов), каждый из которых заключённых в изолирующую оболочку. Пары проводов скручиваются между собой с целью уменьшения наводок. Витая пара является достаточно помехоустойчивой линией связи. Существует два типа этого типа кабеля: неэкранированная витая пара — *Unshielded twisted pair (UTP)* и экранированная витая пара — *Shielded Twisted Pair (STP)*.

Кабель «витая пара» является самым недорогим и распространенным видом кабеля, который нашел широкое применение в локальных сетях с архитектурой *Ethernet*, построенных по топологии типа «звезда». Кабель подключается к сетевым устройствам при помощи соединителя *RJ-45*. Кабель используется для передачи данных при скорости 10, 100 или 1000 Мбит/с. Характерным для кабеля «витая пара» является простота монтажа.

Сетевой стандарт *Ethernet* был разработан в 1975-х г. в исследовательском центре корпорации *Xerox*, после чего доработан совместно фирмами *DEC*, *Intel* и *Xerox* (отсюда сокращение *DIX*) и впервые опубликован как *Ethernet I* в 1980 г. Данный стандарт получил дальнейшее развитие, и в 1985 году был принят новый стандарт — *Ethernet II* (известный также как *DIX*).

На основе стандарта *Ethernet DIX* был разработан стандарт *IEEE 802.3*, одобренный в 1985 году комитетом по *LAN IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*. В зависимости от вида физической среды передачи данных различают следующие модификации стандарта *IEEE 802.3*, в обозначении которых число 10 соответствует скорости передачи данных):

- *10Base-5* (толстый коаксиальный кабель диаметром 0,5 дюйма с волновым сопротивлением 50 Ом; максимальная длина сегмента сети без повторителей — 500 м);

- *10Base-2* (тонкий коаксиальный кабель диаметром 0,25 дюйма с волновым сопротивлением 50 Ом; максимальная длина сегмента сети без повторителей — 185 м);

- *10Base-T* (кабель на основе неэкранированной витой пары — *UTP, Unshielded Twisted Pair*; физическая топология — звезда с концентратором в центре, максимальное расстояние между концентратором и конечным узлом — 100 м);

- *10Base-F* (двухволоконный волоконно-оптический кабель; топология сети аналогична *10Base-T*; вариант *FOIRL* допускает расстояние до

1000 м, а варианты *10Base-FL* и *10Base-FB* — до 2000 м).

В 1995 г. принят стандарт *Fast Ethernet (IEEE 802.3u)*, в 1998 г. — *Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z)*, в 2002 г. — *10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae)*.

В стандартах *Ethernet* и *Fast Ethernet* применяют один и тот же метод разделения среды передачи данных *CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)*, метод коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий).

Сравнительные данные основные сетевых технологий приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 — Основные характеристики сетевых технологий

Характеристика	<i>Ethernet</i>	<i>Fast Ethernet</i>	<i>Gigabit Ethernet</i>
Номинальная скорость передачи информации, Мбит/с	10	100	1000
Среда передачи	Витая пара, коаксиал, оптоволоконно	Витая пара, оптоволоконно	Витая пара, оптоволоконно
Варианты реализации	10 <i>Base2</i> , 10 <i>BaseT</i> , 10 <i>Base5</i> , 10 <i>BaseFL</i>	100 <i>Base-TX</i> , 100 <i>Base-FX</i> , 100 <i>Base-T4</i>	1000 <i>Base-X</i> , 1000 <i>Base-LX</i> , 1000 <i>Base-SX</i> , 1000 <i>Base-CX</i> , 1000 <i>Base-T</i>
Топология	Шина, звезда	Звезда	Звезда

В настоящее время при создании локальных компьютерных сетей практически всегда (для технологий *Ethernet*, *Fast Ethernet* и *Gigabit Ethernet*) применяют кабель *UTP* категории 5 (восемь попарно скрученных медных проводов, имеющих активное сопротивление не более 9,4 Ом на 100 м, полное волновое сопротивление кабеля — 100 Ом в диапазоне частот от 100 до 120 МГц, затухание кабеля от 0,8 до 22 дБ на 100 м в диапазоне частот от 64 кГц до 100 МГц. Каждый провод кабеля *UTP* маркирован цветом (синий и белый с синими полосками, оранжевый и белый с оранжевыми полосками, зеленый и белый с зелеными полосками, коричневый и белый с коричневыми полосками по скрученным парам соответственно), для *UTP*-кабеля применяются соединители *RJ-45*, как показано на рис. 2.5.

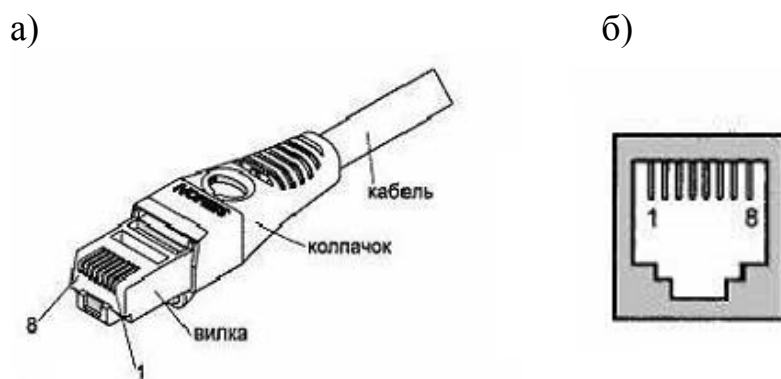


Рис. 2.5 — Вилка а) и розетка б) соединителя *RJ-45*

Отрезок *UTP*-кабеля (обычно не более 5 метров) с установленными на его концах соединителями (вилки) *RJ-45*, которые называют *Patch cord*-ом. Вилки *RJ-45* являются неразборными. В случае неисправности вилки кабель отрезают около вилки, и монтируют на его конце новую вилку.

При скорости передачи 10 Мбит/с и 100 Мбит/с (*10BaseT/100BaseTX*) названия контактов содержат символы *TX* (*transmitter* — передатчик), *RX* (*receiver* — приемник) со знаками «+» и «–». При этом из восьми проводов используется только половина (рис. 2.5). В случае стандарта *Gigabit Ethernet (1000BaseTX)* используются восемь проводов, что обеспечивает обмен данными по четырем парам жил в обоих направлениях одновременно. Варианты соединения (разводки) проводов разъема *RJ-45* приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 — Варианты разводки проводов в разъеме *RJ-45*

Номер контакта	<i>10BaseT / 100BaseTX</i>	<i>1000BaseTX</i>
1	<i>TX+</i>	<i>D1+</i>
2	<i>TX–</i>	<i>D1–</i>
3	<i>RX+</i>	<i>D2+</i>
4	не использован	<i>D3+</i>
5	не использован	<i>D3–</i>
6	<i>RX–</i>	<i>D2–</i>
7	не использован	<i>D4+</i>
8	не использован	<i>D4–</i>

По каждой двухпроводной линии сигналы передаются дифференциальным способом (с противоположной полярностью на проводах линии — «+» и «–»), причем входные и выходные цепи сетевых адаптеров гальванически развязаны, как показано на рис. 2.6.

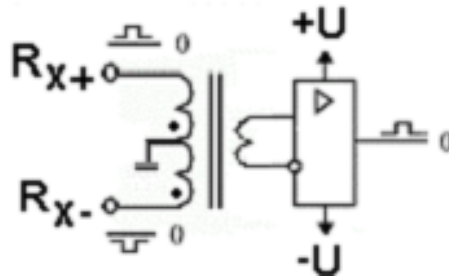


Рис. 2.6 — Фрагмент принципиальной схемы преобразования дифференциального сигнала в однополярный сигнал

Кабель *UTP* соединяется с вилкой *RJ-45* без применения пайки. При монтаже вилки *RJ-45* на кабеле удаляют внешнюю оболочку на длину 12,5 мм (см. рис. 2.7, б) с помощью специального инструмента (рис. 2.7, а), содержащего нож и ограничитель длины удаляемой оболочки. При этом удалять изоляцию с проводов не нужно, однако их следует расположить на плоскости в последовательности, соответствующей требуемой схеме подключения вилки (см. таблицу 2.2).

а)

б)

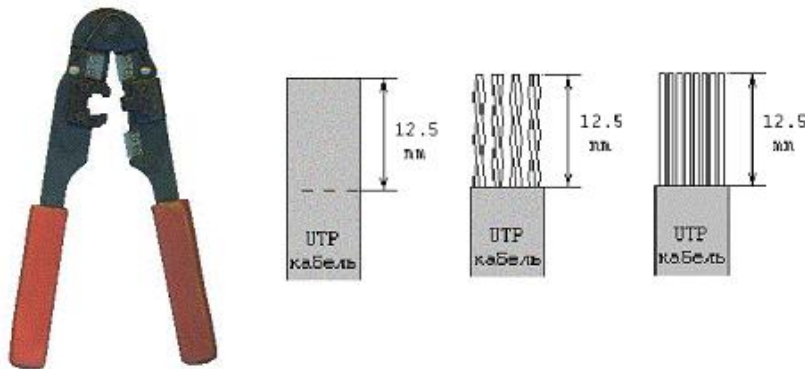
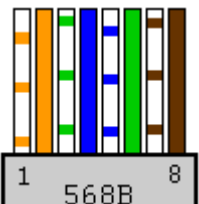


Рис. 2.7 — Обжимной инструмент для разделки *UTP*-кабеля и монтажа соединителя *RJ-45* (а) и последовательность снятия внешней оболочки (б)

Таблица 2.3 — Назначение контактов соединителя *RJ-45* по варианту *EIA/TIA-568A*

Номер контакта, I сторона	Цвет оболочки провода	Номер контакта, II сторона	Изображение соединителя <i>RJ-45</i>
1	белый с зелеными полосками	1	
2	зеленый	2	
3	белый с оранжевыми полосками	3	
4	синий	4	
5	белый с синими полосками	5	
6	оранжевый	6	
7	белый с коричневыми полосками	7	
8	коричневый	8	

Таблица 2.4 — Назначение контактов соединителя *RJ-45* по варианту *EIA/TIA-568B*

Номер контакта (одна сторона кабеля)	Цвет оболочки провода	Номер контакта (другая сторона кабеля)	Изображение соединителя <i>RJ-45</i>
1	белый с оранжевыми полосками	1	
2	оранжевый	2	
3	белый с зелеными полосками	3	
4	синий	4	
5	белый с синими полосками	5	
6	зеленый	6	
7	белый с коричневыми полосками	7	
8	коричневый	8	

2.2.4. Оптоволоконный кабель

Оптоволоконный кабель (*fiber optic*) представляет собой оптическое волокно на кремниевой или пластмассовой основе, помещённое в материал с низким коэффициентом преломления света, закрытый внешней оболочкой.

В оптических системах обычно используется передача сигналов только в одном направлении, поэтому кабель состоит из двух волокон. На передающем конце оптоволоконного кабеля требуется установка преобразователя электрического сигнала в световой, а на приемном конце — преобразователя светового сигнала в электрический [2].

Основными преимуществами оптоволоконного кабеля являются: высокая скорость передачи данных от 1 до 10 Гбит/с, малое затухание сигнала и высокий уровень помехозащищенности. Несанкционированно подключиться к такому кабелю очень сложно. К основным недостаткам оптоволоконного кабеля относятся: сложность монтажа, небольшая механическая прочность и чувствительность к ионизирующим излучениям.

Оптические волокна могут быть одномодовыми и многомодовыми. Диаметр сердцевины одномодовых волокон обычно составляет от 7 до 9 микрон. Благодаря малому диаметру достигается передача по волокну лишь одной моды электромагнитного излучения, за счёт чего исключается влияние дисперсионных искажений оптических сигнала. В настоящее время практически все производимые волокна являются одномодовыми.

Существует три основных типа одномодовых волокон:

— одномодовое ступенчатое волокно с несмещённой дисперсией (стандартное) (*Step Index Single Mode Fiber, SMF*), определяется рекоменда-

цией *ITU-T G.652* и применяется в большинстве оптических систем связи;

— одномодовое волокно со смещённой дисперсией (*Dispersion Shifted Single Mode Fiber, DSF*), определяется рекомендацией *ITU-T G.653*. В волокнах *DSF* с помощью примесей область нулевой дисперсии смещена в третье окно прозрачности, в котором наблюдается минимальное затухание;

— одномодовое волокно с ненулевой смещённой дисперсией (*Non-Zero Dispersion Shifted Single Mode Fiber, NZDSF*), определяется рекомендацией *ITU-T G.655*.

Многомодовые волокна отличаются от одномодовых диаметром сердцевины, который составляет 50 микрон в европейском стандарте и 62,5 микрон в североамериканском и японском стандартах. Из-за большого диаметра сердцевины по многомодовому волокну распространяются одновременно несколько мод излучения — каждая под своим углом, из-за чего импульс света испытывает дисперсионные искажения, и форма импульса из прямоугольной превращается в колоколообразную. Примеры реализации конструкций волоконных световодов показаны на рис. 2.8.

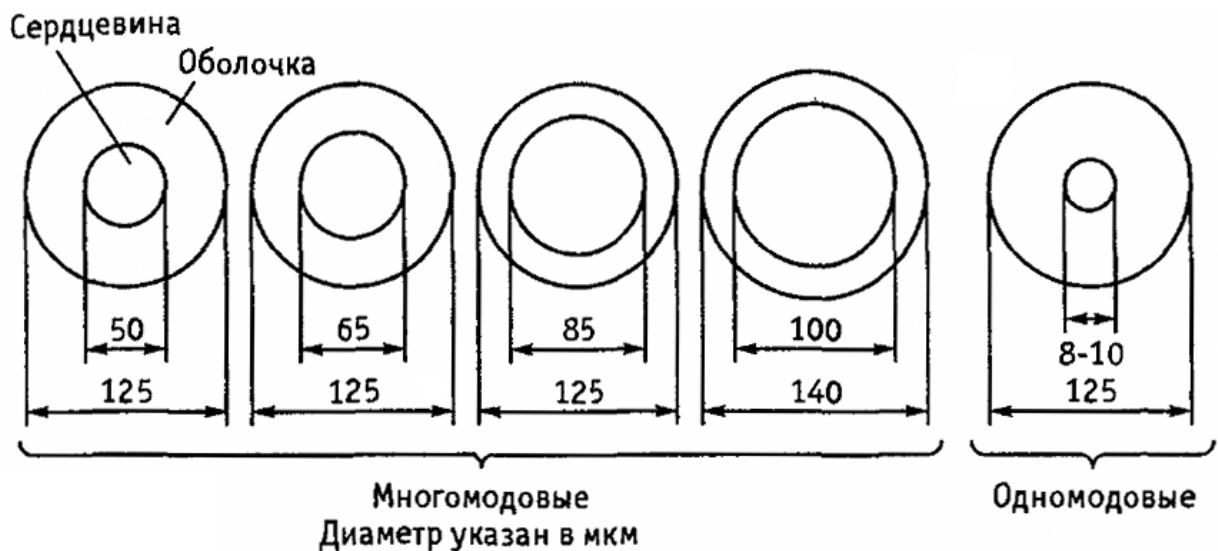


Рис. 2.8 — Примеры конструкций волоконных световодов

Многомодовые волокна подразделяются на ступенчатые и градиентные. В ступенчатых волокнах показатель преломления от оболочки к сердцевине изменяется скачкообразно. В градиентных волокнах это изменение происходит иначе — показатель преломления сердцевины плавно возрастает от края к центру. Это приводит к явлению рефракции в сердцевине, благодаря чему снижается влияние дисперсии на искажение оптического импульса.

Для изготовления световодов применяют материалы, которые условно подразделяют на неорганические и органические. К неорганическим относятся стекла (SiO_2 , GeO_2 , NaO_2 , CaO и другие) и дополнительные присадки к ним (P_2O_5 , TiO_2 , Al_2O_3 , Sb_2O_3). К органическим относятся пластмассы на

основе различных полимеров (метилметакрилат, тетрафторпропилметакрилат, метилакрилат и др.).

Волоконные световоды на основе пластмасс по своим характеристикам уступают световодам на основе стекол, но они на порядок дешевле, что очень важно при использовании волоконных световодов в сетях доступа, где снижение затрат является наиболее актуальным.

Наиболее важными параметрами одномодовых и многомодовых световодов, характеризующих передачу оптических сигналов являются: затухание и дисперсия.

Затухание обычно измеряется в децибелах на километр (дБ/км) и определяется потерями на поглощение и рассеяние излучения в световоде. Затухание зависит от длины волны излучения, вводимого в волокно. Например, для кварцевых волокон (стекловолокон) передача наиболее эффективна вблизи длин волн: 0,85; 1,3 и 1,55 мкм (рис. 2.9). Полимерным волокнам соответствуют другие значения длин волн наивысшей эффективности передачи (рис. 2.10) [3].

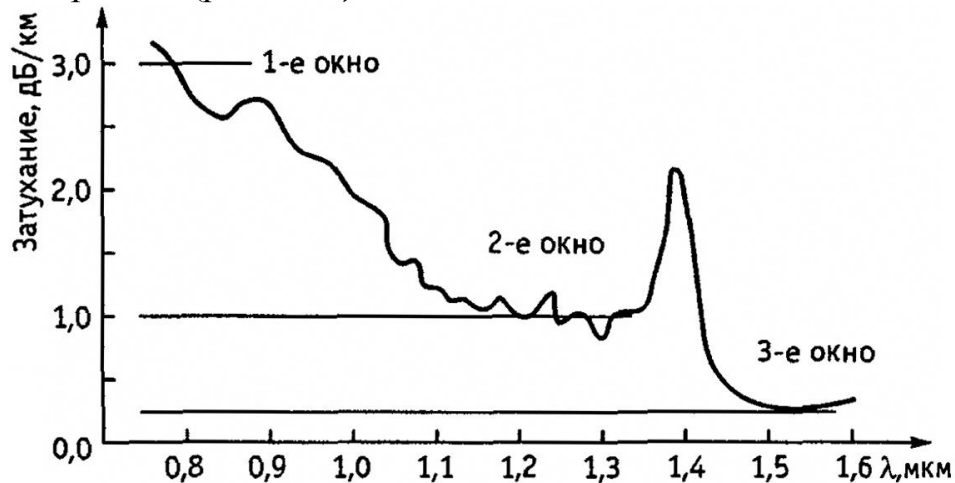


Рис. 2.9 — Характеристики затухания стекловолокна

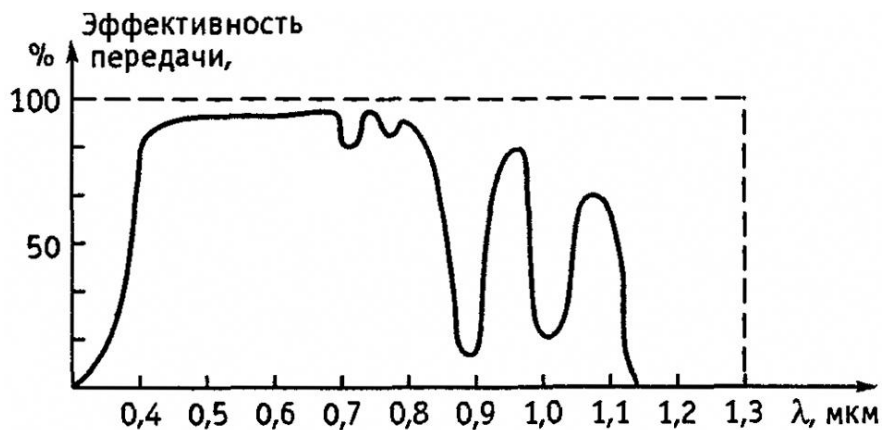


Рис. 2.10 — Зависимость эффективности передачи мощности оптического излучения от длины волны в пластиковом световоде

Затухание пластикового световода может составлять десятки и сотни дБ/км, что естественно ограничивает возможности передачи до десятков и сотен метров. Лучшие пластиковые световоды обеспечивают передачу до 5 км при использовании стандартных излучателей и приемников.

Дисперсия представляет собой рассеяние во времени спектральных, модовых и поляризационных составляющих оптического сигнала.

Для подключения оптической линии к оборудованию в локальных сетях используется абонентский разъем в виде SC-коннектора (*Subscriber Connector*) типа 568SC, который определён действующими стандартами как основной тип разъема. Разъём изготавливается как в одинарном, так и двойном (дуплексном) исполнении. В конструкции одинарного разъема предусмотрена возможность объединения двух разъемов в один дуплексный с помощью специальных фиксаторов на вилках или внешнего фиксатора.

Сечение корпуса SC-коннектора имеет прямоугольную форму (рис. 2.11). Подключение и отключение коннектора осуществляется поступательным движением по направляющим и фиксируется защелками. Керамический наконечник разъёма имеет цилиндрическую форму диаметром 2,5 мм со скругленным торцом. Наконечник почти полностью покрывается корпусом и потому менее подвержен загрязнению, нежели в конструкции других разъемов, например, типа *ST*. Отсутствие вращательных движений при подключении разъема обуславливает более осторожное прижатие наконечников, что продлевает срок эксплуатации разъема.

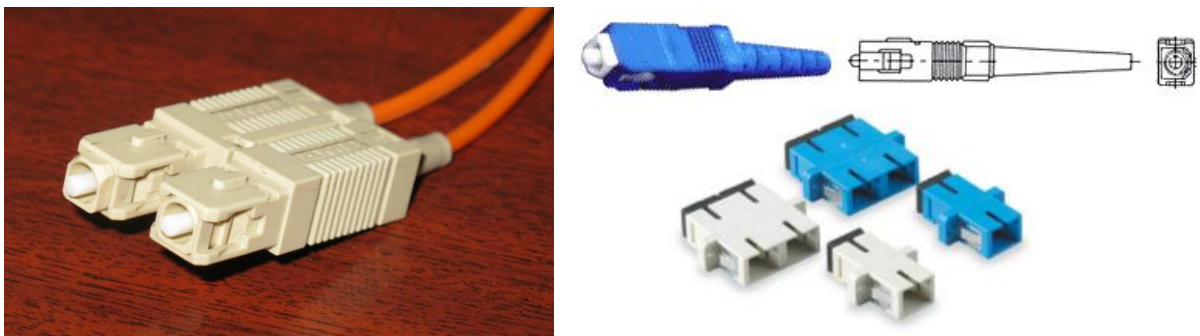


Рис. 2.11 — Вилка и адаптеры разъема типа SC

Во избежание неправильного подключения к адаптеру в верхней части корпуса вилки имеется специальный ключ в виде выступа. Коннекторы для подключения кабелей с одномодовым волокном обычно маркируются голубым цветом, а с многомодовым волокном — серым (или бежевым).

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

3.1. Характеристика аппаратной части

Структурная схема лабораторной установки изображена на рис. 3.1. Исследование производится с использованием двух компьютеров, в каждый из которых установлено четыре сетевых адаптера для работы с различными линиями передачи:

- 10Base-2 (коаксиальный кабель) скорость до 10 Мбит/с;
- 100BaseTX (витая пара) скорость до 100 Мбит/с;
- 1000BaseTX (витая пара) скорость до 1000 Мбит/с;
- 1000BaseSX (оптический кабель) скорость до 1000 Мбит/с.

Адаптер 1000BaseTX подключен к системной плате ПК через интерфейс *PCIe*, все остальные адаптеры — через 32 разрядный интерфейс *PCI* версии 2.2. Системная плата выполнена на чипсете *Intel 845*.

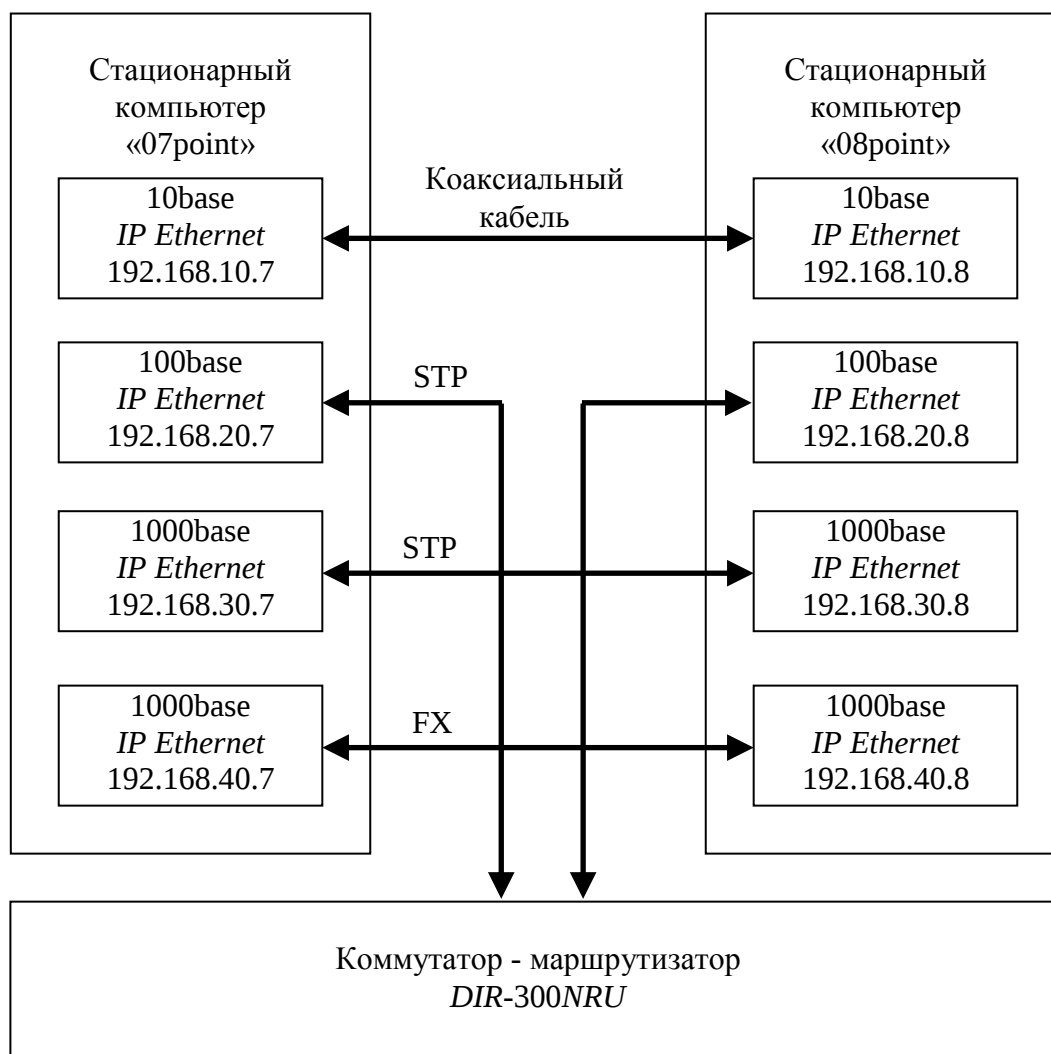


Рис. 3.1 — Структурная схема лабораторной установки

Для организации работы сети по протоколу 1000BaseSX в состав ПК включены сетевые адаптеры 3C985B-SX производства 3COM. Внешний вид адаптера показан на рис. 3.2. Сетевой адаптер имеет 32/64-битную 33/66 МГц шину PCI.



Рис. 3.2 — Внешний вид сетевого адаптера 3C985B-SX

3.2. Характеристика программных средств

Для выполнения работы используется программное обеспечение (ПО) *Chariot*, которое разработано для тестирования сетей типа клиент-сервер, и генерирует потоки данных по типу «запрос-ответ». Функционал ПО *Chariot* обеспечивает функционирование комплекса эталонных тестов, которые представляют собой отдельные фиксированные процедуры. Комплект тестов выполняет простые операции чтения и записи файлов для имитации работы файлового сервера (например, команды *ftp* протокола — *put*, *get*), а также имитирует передачу данных в *World Wide Web*.

Функционал ПО *Chariot* состоит из консоли *Chariot* и оконечных программных агентов *Endpoint*. Консоль реализует интерфейс с тестовой системой. С помощью командной консоли осуществляется компоновка и администрирование выполняемых тестов. Оконечные программные агенты

Endpoint устанавливаются на тех сетевых узлах, которые включаются в процесс тестирования сети.

Консоль управления устанавливается лишь на один компьютер, с которого производится тестирование, а программные агенты *Endpoint* на все компьютеры, между которыми предполагается проводить измерения. Возможна установка консоли управления на компьютер с программным агентом *Endpoint*.

Важно, что ПО *Chariot* поддерживает различные сетевые протоколы, в том числе *UDP*, *TCP*, *IPX*, *SPX* и *APPC* (*Advanced Program-to-Program Communications*) компании *IBM*.

При выполнении лабораторной работы один конечный пункт выполняет роль клиента, а другой — сервера. Для имитации работы реальной сети допускается задание в любом тесте нескольких пар одновременно взаимодействующих конечных пунктов. В зависимости от характера теста, каждая пара конечных пунктов может выполнять свой сценарий тестирования или работать по единому сценарию.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

4.1. Подготовка к выполнению работы

1) Включить ПК «07point» и «08point». Выполнение работы производится с рабочего места ПК «07point».

2) Проверить включение аппаратного коммутатора-маршрутизатора *D-link* типа *DIR-300NRU*. Для проверки использовать команду
ping 192.168.20.1

4.2. Исследование пропускной способности кабельных каналов связи

4.2.1. Исследование пропускной способности линии 10base

В данном эксперименте исследуются характеристики сетевой технологии, использующей в качестве физической среды коаксиальный кабель.

Для измерения пропускной способности сети используется специализированное ПО *Chariot*, которое состоит из консоли управления измерениями и «конечных точек производительности» — «*Endpoint*». Произвести запуск программы тестирования сетей *Chariot*, и создать новый тест (команда *New*). Вид главного окна программы *Chariot* показан на рис. 4.1.

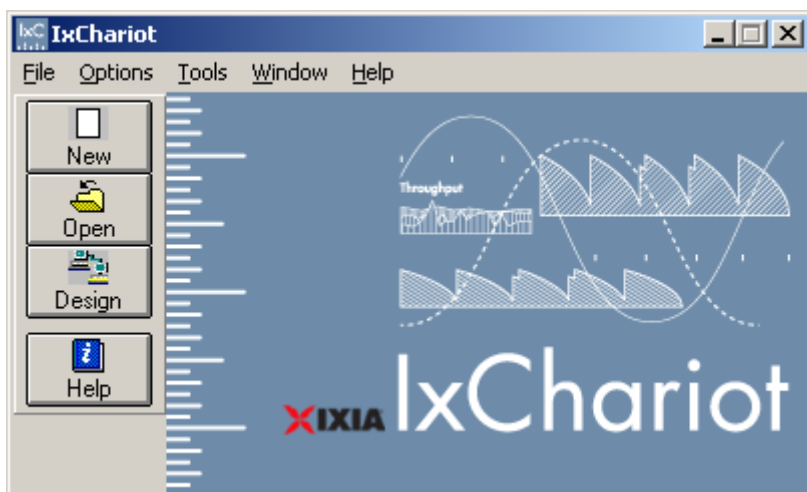


Рис. 4.1 — Вид главного окна программы *Chariot*

В окне «*IxChariot Test*» необходимо выбрать конфигурацию для сетевого тестирования — создать пару узлов, между которыми будет передаваться трафик. Для этого необходимо нажать «*Add pair*» (рис. 4.2).

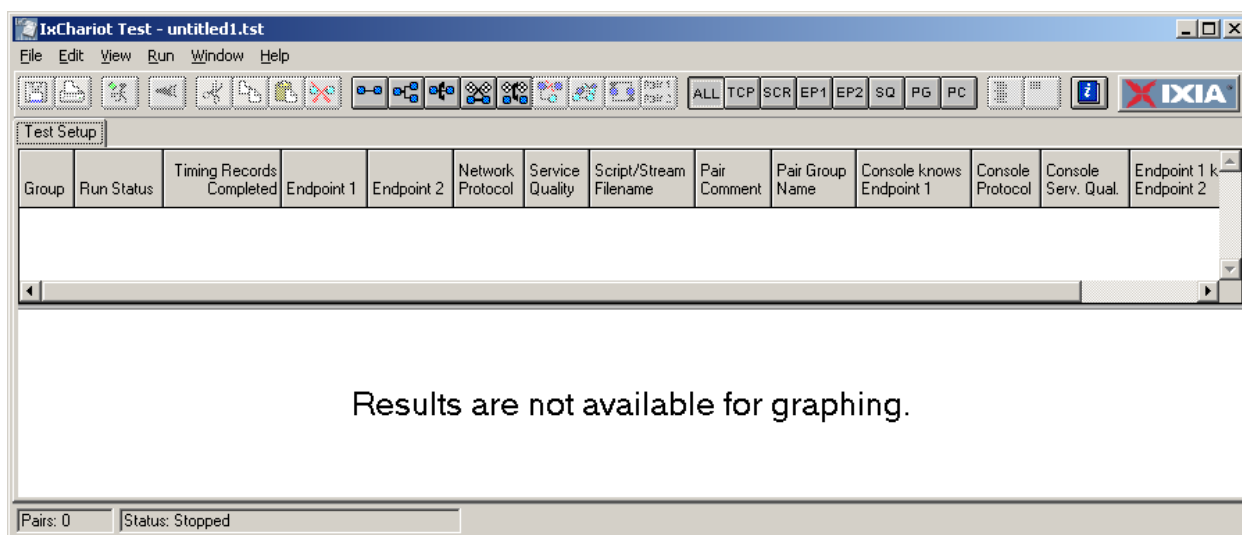


Рис. 4.2 — Вид окна конфигурирования нового теста

В следующем окне (рис. 4.3) следует задать *IP* адреса точек сети: «*Endpoint 1 network address*» — 192.168.10.7 и «*Endpoint 2 network address*» — 192.168.10.8, а в поле «*Pair comment*» указать Ф.И.О. студента (по аналогии с показанным на рис. 4.3).

В этом же окне выберите тип сетевого протокола (*Network protocol*) — *TCP* и выберите сценарии проведения измерений «*Throughput.scr*». Поле *Service quality* следует оставить незаполненным.

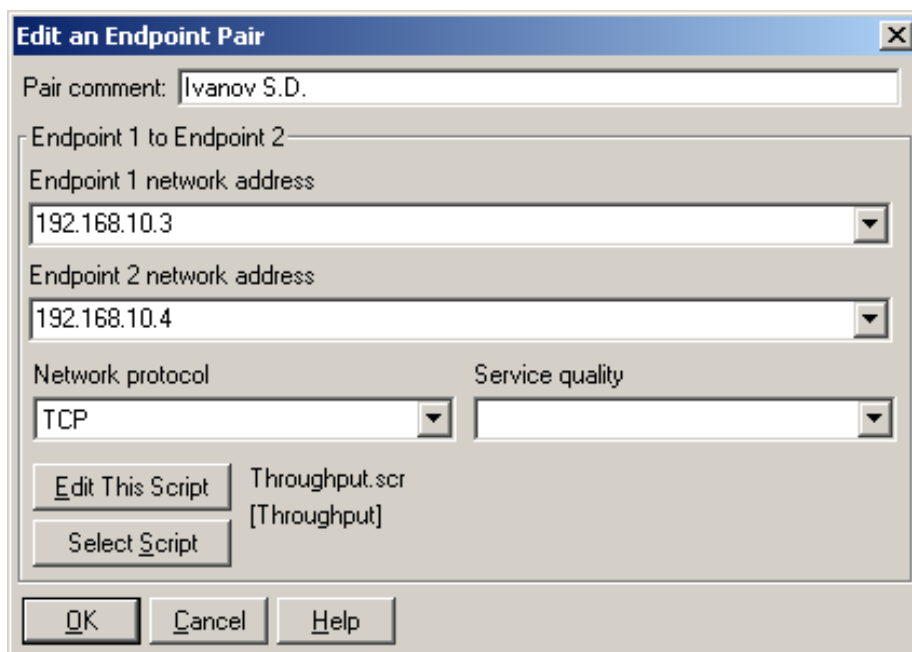


Рис. 4.3 — Вид окна задания параметров тестирования для двух узлов сети

После определения всех параметров теста, следует нажать **OK**. Для выполнения тестирования развернуть программу *Chariot* в полноэкранный режим и запустите тест нажатием на кнопку «Run» (рис. 4.4).

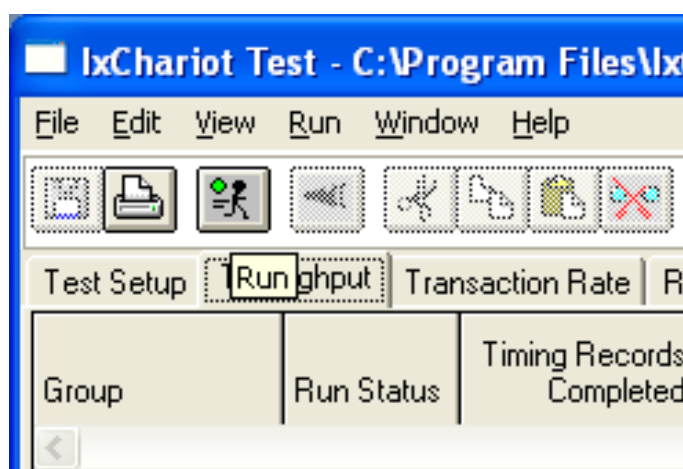


Рис. 4.4 — Запуск теста на выполнение

Результат выполнения теста отобразится в окне, как показано на рис. 4.5. Далее необходимо активировать закладку *Throughput* окна «*IxChariot Test*» и сохранить копию экрана тестирования в файл. Для этого рекомендуется при активном окне «*IxChariot Test*» нажать комбинацию клавиш [Alt] - [PrintScreen], и после этого вставить изображение в документ *Microsoft Office Word*.

4) После проведения тестирования активировать закладку *Response Time* окна «*IxChariot Test*» и сохранить копию экрана тестирования в файл.

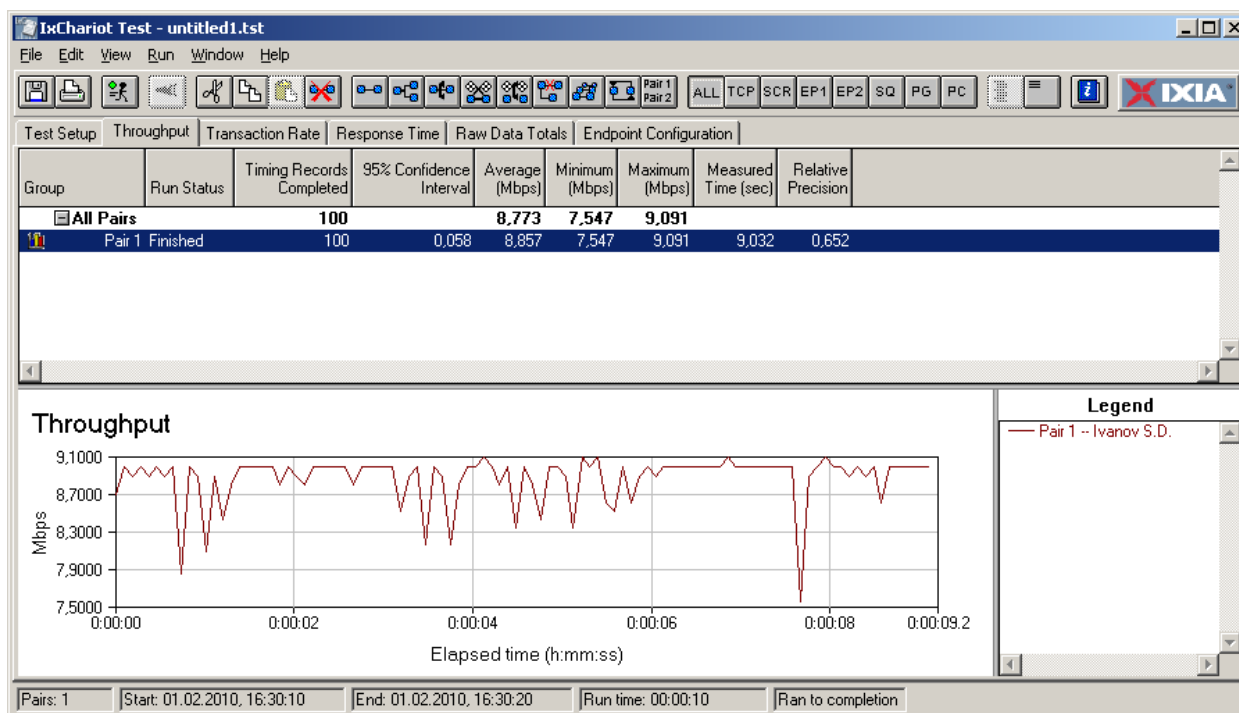


Рис. 4.5 — Результат выполнения теста для двух узлов сети

4.2.2. Исследование пропускной способности линии 100base

В данном эксперименте исследуются характеристики сетевой технологии, использующей в качестве физической среды кабель «витая пара».

Выполнение измерений следует производить аналогично п. 4.2.1. с указанием следующих IP адресов точек сети: «Endpoint 1 network address» — 192.168.20.7 и «Endpoint 2 network address» — 192.168.20.8.

Результаты исследований — зависимости пропускной способности *Throughput* и времени отклика *Response Time* от числа передаваемых пакетов. Повторить проведение измерений 2...3 раза.

4.2.3. Исследование пропускной способности линии 1000base-TX

В данном эксперименте исследуются характеристики сетевой технологии, использующей в качестве физической среды симметричный кабель «Витая пара».

1) Выполнение измерений следует производить аналогично п. 4.2.1. с указанием следующих IP адресов точек сети: «Endpoint 1 network address» — 192.168.30.7 и «Endpoint 2 network address» — 192.168.30.8.

Результаты исследований — зависимости пропускной способности *Throughput* и времени отклика *Response Time* от числа передаваемых пакетов. Повторить проведение измерений 2...3 раза.

4.2.4. Исследование пропускной способности линии 1000base-SX

В данном эксперименте исследуются характеристики сетевой технологии, использующей в качестве физической среды многомодовый волоконно-оптический кабель.

1) Выполнение измерений следует производить аналогично п. 4.2.1. с указанием следующих IP адресов точек сети: «*Endpoint 1 network address*» — 192.168.40.7 и «*Endpoint 2 network address*» — 192.168.40.8.

Результаты исследований — зависимости пропускной способности *Throughput* и времени отклика *Response Time* от числа передаваемых пакетов. Повторить проведение измерений 2...3 раза.

2) Произвести исследование характеристик оптической линии связи при изменении количества передаваемых пакетов, изменяя их количество от 100, 200, 400, 600, 800, 1000.

4.2.5. Исследовательское задание

1) Используя техническую документацию [5] на приемопередающий модуль «1.3 *Gigabit Ethernet 1x9 Transceiver*» произвести разработку структурной схемы приемопередающей части сетевого адаптера стандарта 1000BaseSX. Модуль данного типа используется в составе адаптера 3C985B-SX.

2) Используя техническую документацию производителя [5] определить основные технические параметры приемопередающего модуля: чувствительность приемника, мощность передатчика, рабочую длину волны, рабочую частоту, максимальную дальность сегмента сети.

3) Выполнить расчет максимальной дальности для сегмента сети в предположении использования многомодового светового волокна. Сравнить полученное значение с гарантируемой производителем дальностью.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1) На основании исследований по п. п. 4.2.1. — 4.2.4. представить результаты исследований в виде табл. 5.1 и табл. 5.2.

Таблица 5.1 — Информационные характеристики линий связи

Сетевая технология	Номер испытания	Вариант используемого протокола 802	Потенциальная скорость передачи, Мбит/с	Минимальное значение скорости передачи, Мбит/с	Максимальное значение скорости передачи, Мбит/с	Среднее значение скорости передачи, Мбит/с
10base	1 опыт					
100base	1 опыт					
	2 опыт					
	3 опыт					
1000base-TX	1 опыт					
	2 опыт					
	3 опыт					
1000base-SX	1 опыт					
	2 опыт					
	3 опыт					

Таблица 5.2 — Временные характеристики линий связи

Сетевая технология	Номер испытания	Минимальное значение времени отклика, мс	Максимальное значение времени отклика, мс	Среднее значение времени отклика, мс	Время тестирования, с
10base	1 опыт				
100base	1 опыт				
	2 опыт				
	3 опыт				
1000base-TX	1 опыт				
	2 опыт				
	3 опыт				
1000base-SX	1 опыт				
	2 опыт				
	3 опыт				

2) На основании результатов п. 4.2.4. построить зависимости среднего

и максимального значения пропускной способности от числа передаваемых пакетов.

3) На основании результатов п. 4.2.4. построить зависимости среднего значения времени отклика от числа передаваемых пакетов.

4) Привести в отчете результаты выполнения исследовательского задания по п.п. 4.2.5.

5) Сделать развернутые выводы, в которых отразить особенности полученных результатов для всех этапов исследования:

— охарактеризовать полученные значения производительности с точки зрения потенциальных возможностей исследованных систем передачи данных;

— указать причины отличия экспериментальных значений от потенциальных теоретических значений.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.1. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы

1) Изобразите простейшую структуру сети, на которой можно проиллюстрировать применение ПО *Chariot*, и укажите места установки необходимых программных модулей.

2) Какие подготовительные операции необходимо выполнить для тестирования сети с помощью ПО *Chariot*?

3) Какие характеристики сети могут быть исследованы с помощью ПО *Chariot*?

4) Охарактеризуйте для каких вариантов линий связи выполняются исследования в ходе лабораторной работы.

5) Охарактеризуйте порядок исследований в ходе выполнения лабораторной работы.

6) Охарактеризуйте ожидаемые при выполнении работы результаты по пропускной способности коаксиально линии связи.

7) Охарактеризуйте ожидаемые при выполнении работы результаты по пропускной способности линии связи на основе витой пары.

8) Охарактеризуйте ожидаемые при выполнении работы результаты по пропускной способности оптоволоконной линии связи.

9) Перечислите и кратко охарактеризуйте основные виды сетевых топологий.

10) Охарактеризуйте варианты реализации технологии *Ethernet*, которые исследуются в лабораторной работе.

6.2. Вопросы для защиты лабораторной работы

- 1) Охарактеризуйте потенциальную пропускную способность трех вариантов каналов передачи.
- 2) Произведите оценку максимальной пропускной способности по локальной сети, в случае если сетевой контроллер типа «3C985B-SX 3Com Etherlink Gigabit Server PCI» установлен в системный разъем *PCI 2.1*.
- 3) Охарактеризуйте вид изменения пропускной способности сети при использовании физической среды *UTP*.
- 4) Объясните причины флуктуации времени отклика при выполнении эксперимента с сетью на коаксиальном кабеле.
- 5) Объясните причины флуктуации времени отклика при выполнении эксперимента с сетью на витой паре.
- 6) Охарактеризуйте категории кабеля типа витая пара.
- 7) Проведите сравнительную характеристику сети с использованием коаксиального кабеля и сети на основе кабеля типа витая пара.
- 8) Изобразите структурную схему сети из четырех ПК без выделенного сервера с использованием витой пары.
- 9) Изобразите структурную схему сети из четырех ПК без выделенного сервера с использованием коаксиального кабеля.
- 10) Охарактеризуйте варианты сетевых топологий.
- 11) Поясните, что означает обозначение «1.3 *Gigabit*» в названии приемопередающего модуля.
- 12) В каком случае при использовании сетевого адаптера 3C985B-SX возможно обеспечить дальность сетевого сегмента 550 м?
- 13) Охарактеризуйте области применения разных вариантов разводки кабеля витая пара. Приведите схему разводки одного из вариантов разводки для кабеля витая пара в режимах *10BaseT* / *100BaseTX*.
- 14) Объясните, по каким причинам по кабелю витая пара передаются сигналы в противофазном режиме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернега, В.С. Компьютерные сети. Учеб. пособие для вузов / В.С. Чернега, Б. Платтнер. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. — 500 с.
2. Топологии локальных сетей / В. Ткаченко. — Режим доступа: http://lessons-tva.info/edu/telecom-loc/m1t4_3loc.html (дата обращения: 04.04.2020).
3. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 3. — Мультисервисные сети / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; под ред. В.П. Шувалова. — М.: Горячая линия-Телеком, 2005. — 592 с.
4. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, топологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. — СПб.: Питер, 2012. — 944 с.
5. Multimode 850 nm 1.0625 GBd Fibre Channel 1.3 Gigabit Ethernet 1x9 Transceiver / Infineon Technologies AG. 2000. — Режим доступа: <https://www.chipfind.ru/static/pdf/infineon/v23826-k305-c.pdf> (дата обращения: 04.04.2020).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ СЕТЕЙ *ETHERNET*

*Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы*

Составитель: Савочкин Александр Анатольевич

Редактор: к. т. н., доцент В. Г. Слёзкин

Изд. № 193/2020. Объем 1,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный