

# Практическая работа № 8

## Организация корпоративных сетей по технологии Ethernet

### 1. Цель работы

Целью работы является изучение вопросов конфигурации сетей Ethernet.

### 2. Общие теоретические сведения

#### 2.1. Введение

Наибольшее распространение среди локальных вычислительных сетей получила сеть Ethernet (стандарт IEEE 802.3). Стандарт определяет множественный доступ к моноканалу типа “шина” с обнаружением конфликтов и контролем передачи (по-русски МДКН/ОК - метод доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий (столкновений), по-английски CSMA/CD – Carrier-Sense Multiple Access/Collision Detection). Основные характеристики стандарта IEEE 802.3 следующие: топология – “шина”, скорость передачи – 10 Мбит/с, метод доступа - CSMA/CD, передача узкополосная (моноканал). Передача идет пакетами переменной длины. Предусмотрена индивидуальная, групповая и широковещательная адресация.

Помимо стандартной топологии типа “шина” применяются также топологии типа “пассивная звезда” и “дерево”. При этом предполагается использование репитеров и пассивных (репитерных) концентраторов, соединяющих между собой различные части (сегменты) сети (рис. 1).

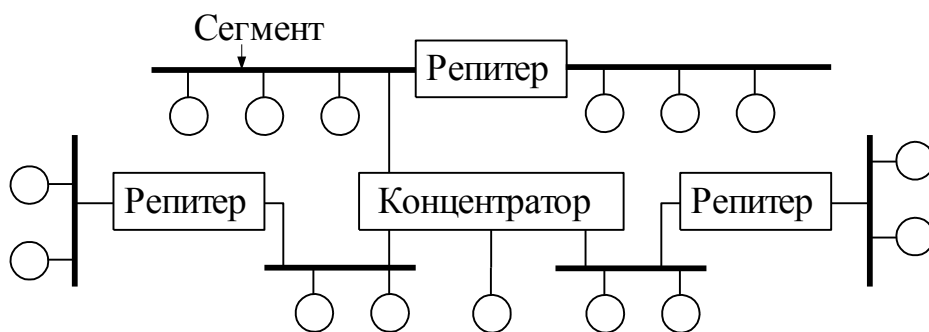


Рис. 1

В качестве сегмента может выступать единичный абонент. Главное – чтобы в полученной в результате топологии не было замкнутых путей (петель). Фактически получается, что абоненты соединены все в ту же “шину”, так как сигнал от каждого из них распространяется сразу во все стороны и не возвращается назад.

Для сети Ethernet стандарт определяет четыре основных типа среды передачи:

- 10BASE5 (“толстый” коаксиальный кабель);
- 10BASE2 (“тонкий” коаксиальный кабель);
- 10BASE-T (витая пара);
- 10BASE-F (оптоволоконный кабель).

Обозначение среды передачи включает в себя три элемента: цифра “10” означает скорость передачи 10 Мбит/с, слово BASE означает передачу в основной полосе частот (т.е. без модуляции высокочастотного сигнала), а последний элемент означает допустимую длину сегмента: “5” – 500 метров, “2” – 200 метров (точнее, 185 метров) или тип линии связи: “T” – витая пара (от английского “twisted-pair”, “F” – оптоволокно (от англий-

ского “fiber optic”).

## 2.2. Аппаратура 10BASE5 (“толстый” кабель)

Аппаратные средства 10BASE5 представлены на рис. 2, а схема подсоединения адаптера к “толстому” кабелю – на рис. 3.

“Толстый” коаксиальный кабель имеет диаметр 0,5 дюйма (около 1 см) и отличается высокой жесткостью, что приводит к большим трудностям монтажа аппаратуры. Волновое сопротивление “толстого” коаксиального кабеля – 50 Ом. Максимальная длина сегмента – 500 метров (без репитеров). Широко распространены “толстые” кабели типа RG-8 и RG-11.

Для соединения кусков “толстого” коаксиального кабеля и присоединения к нему терминаторов используются разъемы N-типа. Два разъема N-типа соединяются с помощью Barrel-коннекторов.

На концах кабеля сегмента должны быть установлены 50-омные терминаторы N-типа, один из которых надо заземлить.

Для присоединения трансиверов к “толстому” кабелю чаще всего используют AMP соединитель.

Непосредственно на кабеле размещается специальный трансивер (или MAU – Medium Attachment Unit), присоединяемый к сетевому адаптеру с помощью гибкого многопроводного трансиверного кабеля AUI (диаметром около 1 см), состоящего из 4 витых пар, имеющего на концах 15-контактные разъемы (DIX-разъемы типа “вилка”). Длина обычного трансиверного кабеля может достигать 50 м, а более тонкого и гибкого офисного варианта трансиверного кабеля – до 12,5 м. Трансивер питается от источника питания компьютера.

Трансивер (transmitter+receiver=transceiver – приемопередатчик) – это часть сетевого адаптера, которая выполняет следующие функции:

- прием и передачу данных с кабеля на кабель;
- определение коллизий на кабеле;
- электрическая развязка между кабелем и остальной частью адаптера;
- защита кабеля от некорректной работы адаптера.

Допускается подключение к одному сегменту не более 100 трансиверов, причем расстояние между подключениями трансиверов не должно быть меньше 2,5 м.

Схема соединения компьютеров сегмента сети на “толстом” кабеле показана на рис. 4.

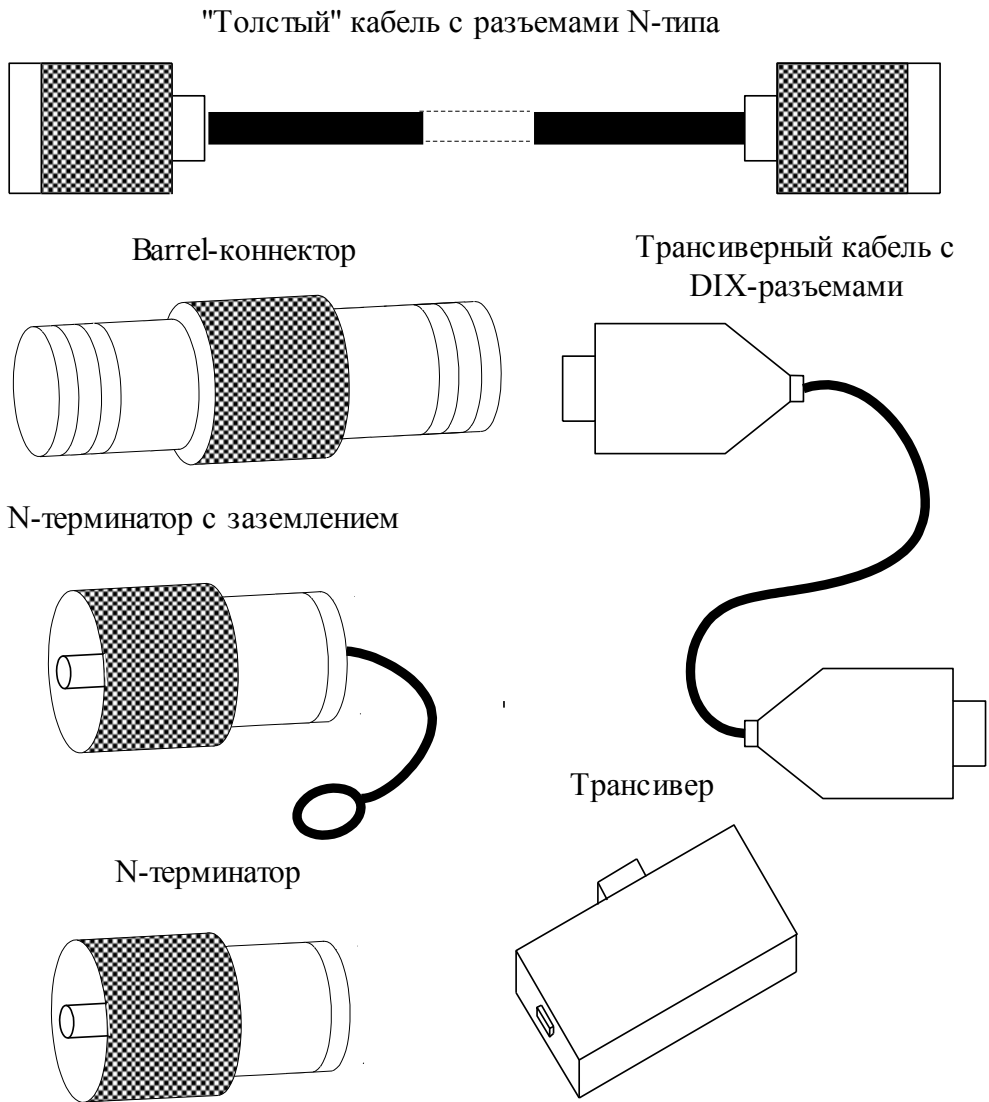


Рис.2

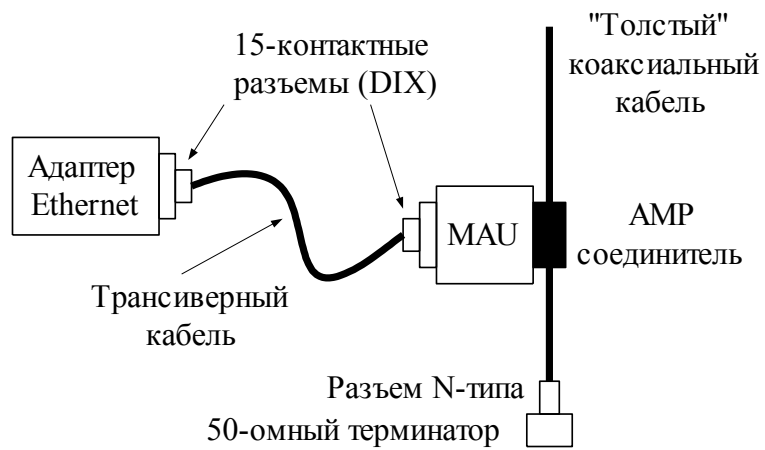


Рис.3

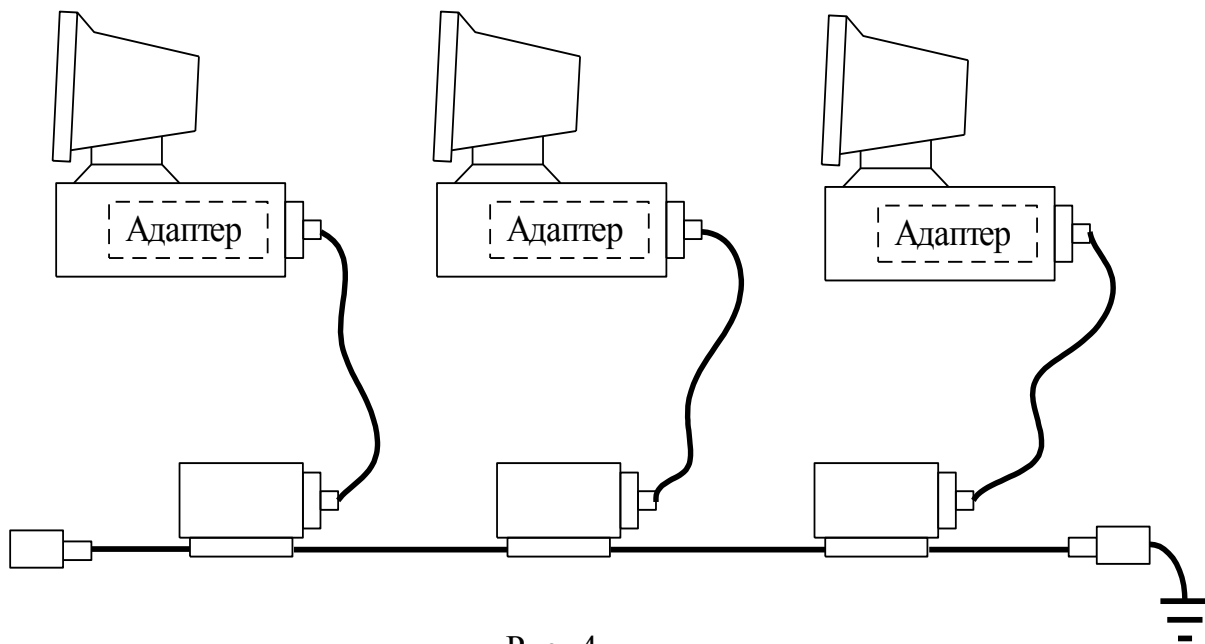


Рис. 4

Сетевой адаптер, работающий с “толстым” кабелем, должен иметь внешний 15-контактный AUI-разъем (разъем DIX типа “розетка”).

Стандарт разрешает использование в сети не более 4 репитеров (репитерных концентраторов) и, соответственно, не более 5 сегментов кабеля. Это дает максимальную длину сети 10BASE5 равную 2500 метров. Только 3 сегмента из 5 могут быть нагруженными, то есть такими, к которым подключаются компьютеры. Между нагруженными сегментами должны быть ненагруженные сегменты, так что максимальная конфигурация сети представляет собой два нагруженных крайних сегмента, которые соединяются ненагруженными сегментами еще с одним центральным нагруженным сегментом.

Правило применения репитеров (репитерных концентраторов) в сети Ethernet 10BASE5 носит название “правило 5-4-3”: 5 сегментов, 4 репитера (репитерных концентратора), 3 нагруженных сегмента.

Каждый репитер (репитерный концентратор) подключается к сегменту одним своим трансивером, поэтому к нагруженным сегментам можно подключить не более 99 компьютеров. Максимальное количество компьютеров в сети 10BASE5 составляет  $99 \cdot 3 = 297$  компьютеров.

Минимальный набор оборудования для односегментной сети на “толстом” кабеле включает в себя следующие элементы:

- сетевые адаптеры (по числу объединяемых компьютеров);
- “толстый” кабель с разъемами N-типа на концах, общая длина которого достаточна для объединения всех компьютеров сети;
- трансиверные кабели с 15-контактными разъемами на концах длиной от компьютера до “толстого” кабеля (по количеству сетевых адаптеров);
- трансиверы (по количеству сетевых адаптеров);
- два BNC-коннектора N-типа для присоединения терминаторов на концах кабеля;
- один N-терминатор без заземления;
- один N-терминатор с заземлением.

### 2.3. Аппаратура 10BASE2 (“тонкий” кабель)

“Тонкий” коаксиальный кабель отличается от “толстого” меньшей толщиной - диаметр около 0,5 дюйма (5 мм), большей гибкостью, большим удобством монтажа, меньшей стоимостью. “Тонкий” кабель имеет волновое сопротивление 50 Ом и требует 50-омного оконечного согласования. Максимальная длина сегмента – 185 метров (без репитеров).

Самым большим недостатком “тонкого” кабеля является меньшая допустимая длина сегмента (до 185 м). Наиболее распространенные типы “тонкого” коаксиального кабеля – это RG-58 /U, RG-58 A/U, RG-58 C/U.

Аппаратные средства 10BASE2 представлены на рис. 5, а схема подключения адаптера к “тонкому” кабелю – на рис. 6.

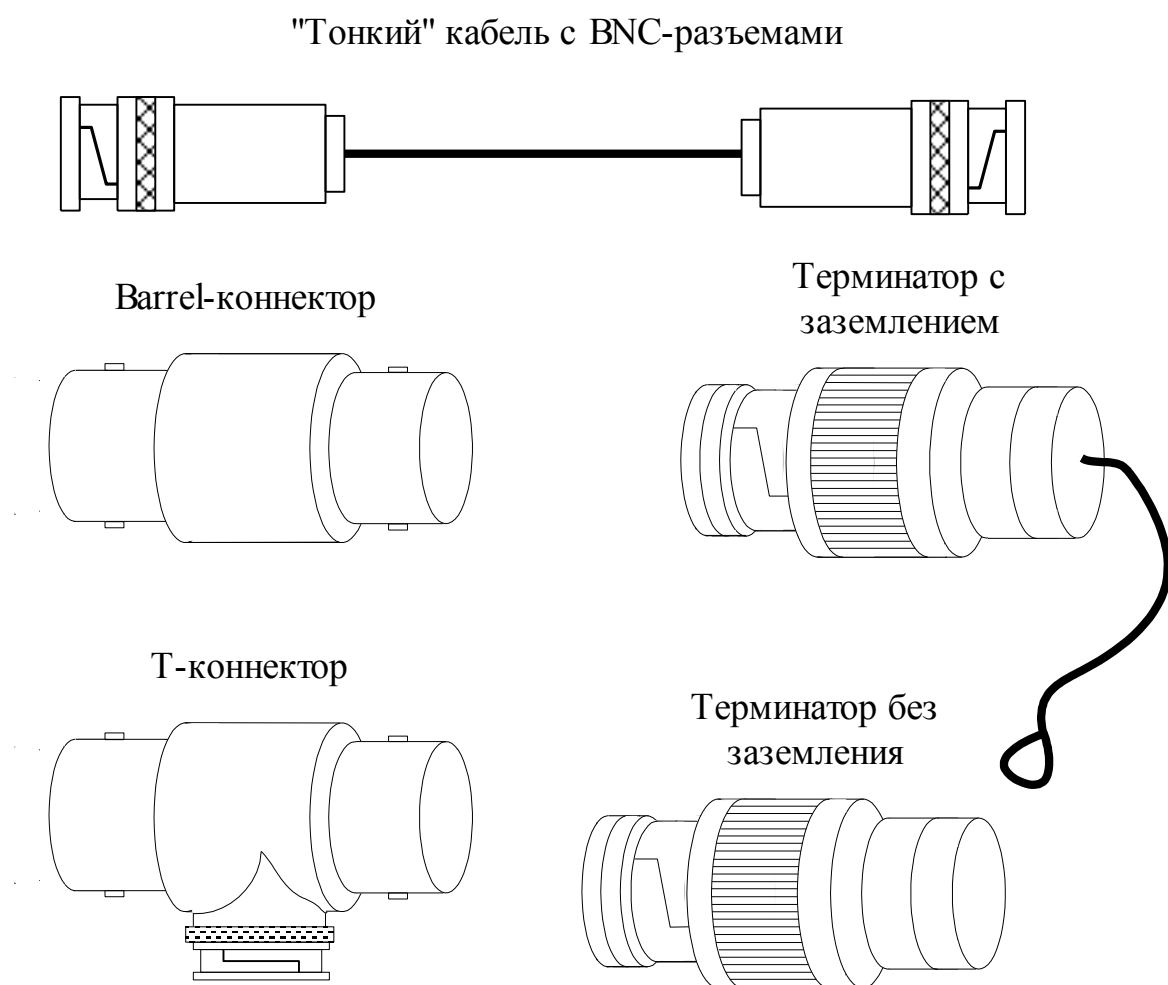


Рис. 5

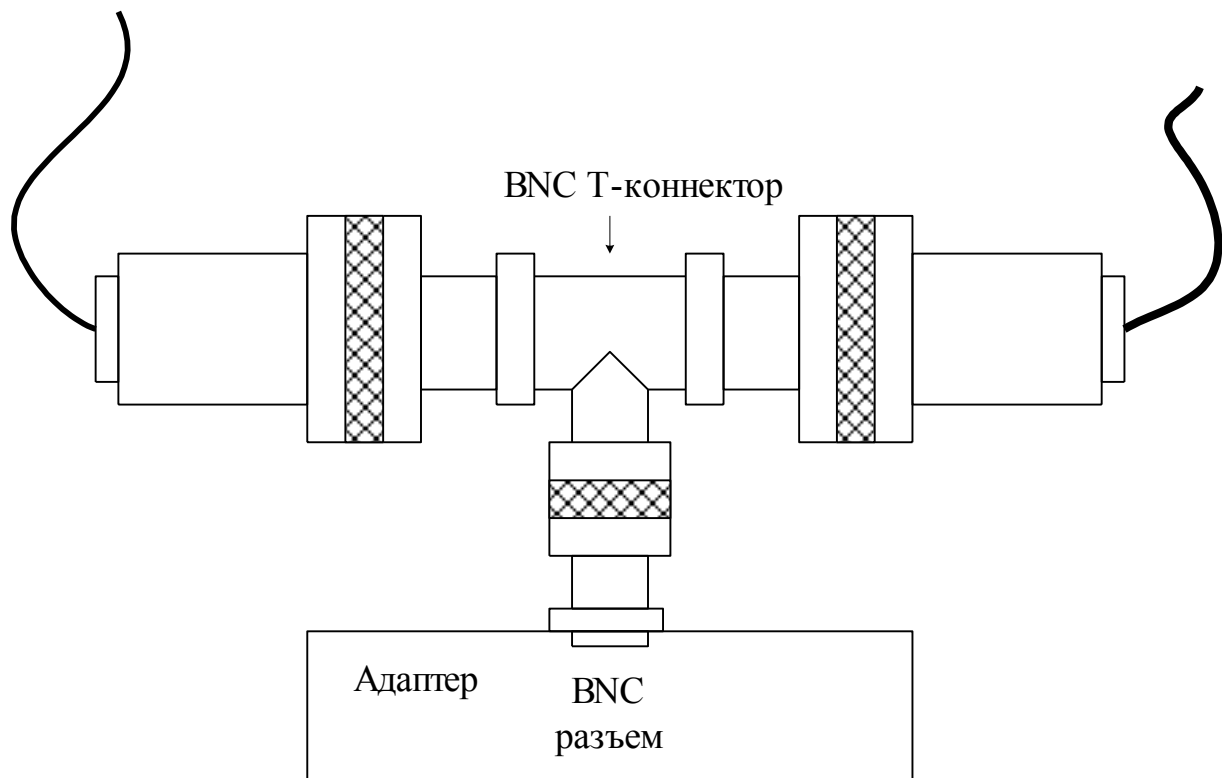


Рис. 6

Если вся сеть выполняется на “тонком” кабеле, то, согласно стандарту, количество сегментов не должно превышать пяти (общая длина сети составит 925 м, потребуется четыре репитера). При этом на одном сегменте не должно быть больше 30 абонентов, включая репитеры, то есть общее число компьютеров в сети на базе “тонкого” кабеля не может быть больше  $(30-1) \cdot 3 = 87$ . Минимальное расстояние между компьютерами – 1 м.

Стандарт 10BASE2 предусматривает использование репитеров (репитерных концентраторов), применение которых также должно соответствовать “правилу 5-4-3”.

Минимальный набор оборудования для односегментной сети на “тонком” кабеле должен включать в себя следующие элементы:

- сетевые адаптеры (по числу объединяемых в сеть компьютеров);
- отрезки кабеля с BNC-разъемами на двух концах, общая длина которых достаточна для объединения всех компьютеров;
- BNC T-коннекторы (по числу сетевых адаптеров);
- один BNC терминатор без заземления;
- один BNC терминатор с заземлением.

#### 2.4. Аппаратура 10BASE-T (витая пара)

В сети Ethernet на базе витой пары (UTP-кабели, Unshielded Twisted-Pair cable) передача сигналов осуществляется по двум витым парам проводов, каждая из которых передается только в одну сторону (одна пара – передающая, другая – принимающая). Каждый из абонентов сети присоединяется кабелем к концентратору, использование которого обязательно.

Длина соединительного кабеля между адаптером и концентратором не должна превышать 100 м. Кабель используется гибкий, диаметром около 6 мм. Наиболее распространенный тип кабеля – телефонный кабель EIA/TIA категории 3.

Кабели присоединяются 8-контактными разъемами типа RJ-45, в которых используются только четыре контакта. В концентраторах иногда применяются также 50-контактные разъемы типа Telco.

В стандарте определено максимальное число концентраторов между двумя станциями сети, а именно 4. Это правило носит название “правило 4-х хабов”. При создании сети 10BAS-T с большим числом станций концентраторы можно соединять друг с другом иерархическим способом, образуя древовидную структуру.

Петлевидное соединение концентраторов в стандарте 10BASE-T запрещено. Резервирование связей (создание параллельных каналов связи между важными концентраторами для резервирования связей на случай отказа порта, концентратора или кабеля) возможно только за счет перевода одной из параллельных связей в неактивное (заблокированное) состояние.

Общее количество компьютеров в сети 10BASE-T – 1024, максимальная длина сети (максимальное расстояние между двумя компьютерами сети) – 500 м.

Минимальный набор оборудования для сети на витой паре включает в себя следующие элементы:

- сетевые адаптеры (по числу объединяемых в сеть компьютеров), имеющие разъемы RJ-45;
- отрезки кабеля с разъемами RJ-45 на концах (по числу объединяемых компьютеров);
- один концентратор, имеющий столько UTP-портов, сколько необходимо объединить компьютеров.

## **2.5. Аппаратура 10BASE-FL (оптоволоконный кабель)**

Применение оптоволоконного кабеля в Ethernet помимо обеспечения полной гальванической развязки компьютеров сети, позволило увеличить длину сегмента и существенно повысить помехоустойчивость передачи.

Передача информации идет по двум оптоволоконным кабелям, передающим сигналы в разные стороны.

Стандарт 10BASE FL обеспечивает связь между двумя компьютерами, между двумя репитерами или между компьютером и репитером. Стандарт гарантирует длину оптоволоконной связи между репитерами (репитерными повторителями) до 1 км при общей длине сети не более 2500 м. Максимальное расстояние между компьютером и концентратором – 2000 м. Максимальное число репитеров (репитерных концентраторов) между любыми компьютерами сети – 4. Максимальная длина оптоволоконного кабеля 10BASE-FL, соединяющего репитерные концентраторы (репитеры) с компьютерами, не должно превышать 400 метров. Ко всем сегментам могут подключаться компьютеры.

Аппаратура 10BASE-FL имеет сходство как с аппаратурой 10BASE5 (применяются внешние трансиверы соединенные с адаптером трансиверным кабелем), так и с аппаратурой 10BASE-T (применяются топологии типа “пассивная звезда” и два разнонаправленных кабеля). Схема соединения сетевого адаптера и концентратора показана на рис. 7.

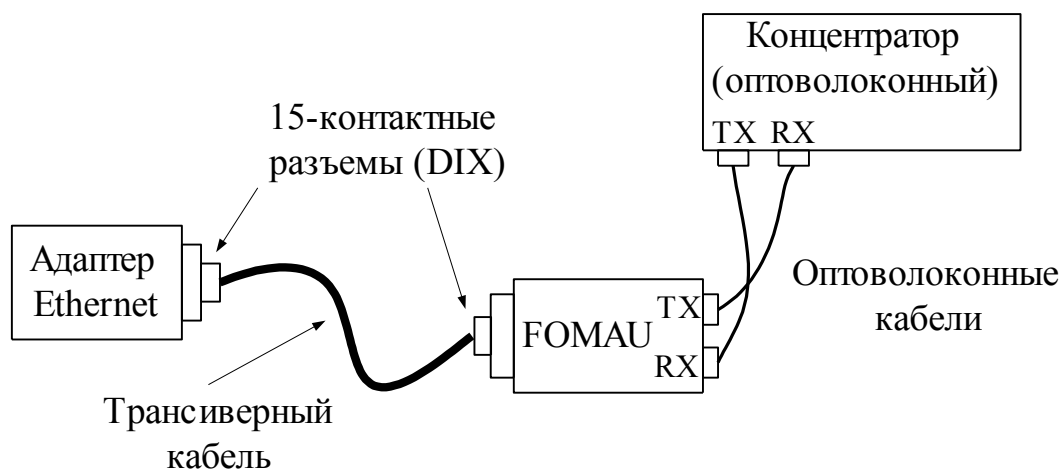


Рис. 7

Минимальный набор оборудования для соединения оптоволоконным кабелем двух компьютеров включает в себя следующие элементы:

- два сетевых адаптера с трансиверными разъемами;
- два оптоволоконных трансивера (FOMAU);
- два трансиверных кабеля;
- два оптоволоконных кабеля с ST-разъемами на концах.

## 2.6. Выбор конфигурации Ethernet

Соблюдение многочисленных ограничений, установленных для различных стандартов физического уровня сетей Ethernet, гарантирует корректную работу сети.

Правила “5-4-3” для коаксиальных сетей и “4-х хабов” для сетей на основе витой пары и оптоволокна не только дают гарантии работоспособности сети, но и оставляют большой “запас прочности” сети.

Для сетей, состоящих из смешанных кабельных систем, на которые правила о количестве повторителей не рассчитаны, необходимо проводить дополнительные расчеты.

Чтобы сеть Ethernet, состоящая из сегментов различной физической природы, работала корректно, необходимо выполнение четырех основных условий:

- количество компьютеров в сети не более 1024;
- максимальная длина каждого физического сегмента не более величины, определенной в соответствующем стандарте физического уровня;
- время двойного оборота сигнала между двумя самыми удаленными друг от друга компьютерами сети не более 575 битовых интервала;
- сокращение межкадрового интервала при прохождении последовательности кадров через все повторители должно быть не больше, чем 49 битовых интервала.

Соблюдение этих требований обеспечивает корректность работы сети даже в случаях, когда нарушаются простые правила конфигурирования, определяющие максимальное количество повторителей и общую длину сети в 2500 м.

### 2.6.1. Расчет времени двойного оборота сигнала

Модель, применяемая для оценки конфигурации Ethernet, основана на подсчете временных характеристик данной конфигурации. В ней применяется две системы расчетов: одна предполагает вычисление двойного (кругового) времени прохождения сигнала по сети, а другая – проверку допустимости получаемого (межкадрового) временного ин-



тервала. При этом расчеты в обеих системах расчетов ведутся для наихудшего случая.

При первой системе расчетов используются такие понятия, как “начальный сегмент”, “промежуточный сегмент” и “конечный сегмент”. Отметим, что промежуточных сегментов может быть несколько, а начальный и конечный сегменты при разных расчетах могут меняться местами. Для расчетов используются величины задержек, представленные в Таблице 1.

Таблица 1

Тип сегмента Ethernet	Макс. длина, м	Начальный сегмент		Промежуточный сегмент		Конечный сегмент		Задержка на метр длины $t_l$
		$t_0$	$t_m$	$t_0$	$t_m$	$t_0$	$t_m$	
10BASE5	500	11,8	55,0	46,5	89,8	169,5	212,8	0,0866
10BASE2	185	11,8	30,8	46,5	65,5	169,5	188,5	0,1026
10BASE-T	100	15,3	26,6	42,0	53,3	165,0	176,3	0,1130
10BASE-FL	2000	12,3	212,3	33,5	233,5	156,5	356,5	0,1000
FOIRL	1000	7,8	107,8	29,0	129,0	152,0	252,0	0,1000
AUI (> 2 м)	2+48=50	0	5,1	0	5,1	0	5,1	0,1026

Примечание. Задержки даны в битовых интервалах.

Расчет сводится к следующему:

1. в сети выделяется путь наибольшей длины;
2. если длина сегмента не максимальна, то рассчитывается двойное (круговое) время прохождения в каждом сегменте выделенного пути по формуле:  $t_s = L \cdot t_l + t_0$ , где  $L$  – длина сегмента в метрах (при этом надо учитывать тип сегмента: начальный, промежуточный или конечный);
3. если длина сегмента максимальна, то из таблицы для него берется величина задержки  $t_m$ ;
4. суммарная величина задержек всех сегментов выделенного пути не должна превышать 575 битовых интервалов;
5. затем необходимо проделать те же действия для обратного направления выбранного пути (то есть, считая конечный сегмент начальным, и наоборот);
6. если задержки в обоих случаях не превышают 575 битовых интервалов, то сеть работоспособна.

Если в выбранной вами конфигурации сети путь наибольшей длины не столь очевиден, то подобные расчеты необходимо произвести для всех путей, претендующих на наибольшую задержку сигнала. В любом случае двойное время прохождения в соответствии со стандартом недостаточно, чтобы сделать окончательный вывод о работоспособности сети.

### 2.6.2. Расчет сокращения межкадрового интервала

Чтобы признать конфигурацию сети корректной, нужно рассчитать также уменьшение межкадрового интервала репитерами (репитерными концентраторами).

Эта величина не должна быть меньше, чем 49 битовых интервалов. Для вычислений здесь также используются понятия начального сегмента и промежуточного сегмента (конечный сегмент не вносит вклада в сокращение межкадрового интервала, так как пакет доходит по нему до принимающего компьютера без прохождения репитеров и репи-

терных концентраторов).

Для расчета сокращения межкадрового интервала можно воспользоваться значениями максимальных величин уменьшения межкадрового интервала при прохождении репитеров (репитерных концентраторов) различных физических сред приведенными в Таблице 2.

Таблица 2

Тип сегмента	Начальный сегмент	Промежуточный сегмент
10BASE5	16	11
10BASE2	16	11
10BASE-T	10,5	8
10BASE-FL	10,5	8

Вычисления здесь очень простые. Суммируя величины сокращений межкадрового интервала для наибольшего пути в выбранной конфигурации и сравнивая сумму с предельной величиной в 49 битовых интервалов, мы можем сделать вывод о работоспособности сети.

Такие же вычисления проводятся и для обратного направления по этому же пути.

### 3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретической частью к лабораторной работе.
2. В соответствии с заданным вариантом спроектируйте локальную вычислительную сеть организации (ПРИЛОЖЕНИЕ А).
3. Подготовьте спецификацию на оборудование и материалы спроектированной локальной вычислительной сети организации (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

### 4. Требования к отчету

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- а) титульный лист;
- б) задание;
- в) конфигурацию спроектированной сети;
- г) программу расчетов, подтверждающих работоспособность сети (программа должна выполнять расчеты для любой конфигурации сети);
- г) программу подготовки спецификации на оборудование и материалы (программа должна выполнять расчеты для любой конфигурации сети);
- д) результаты проектирования показать преподавателю на экране монитора.

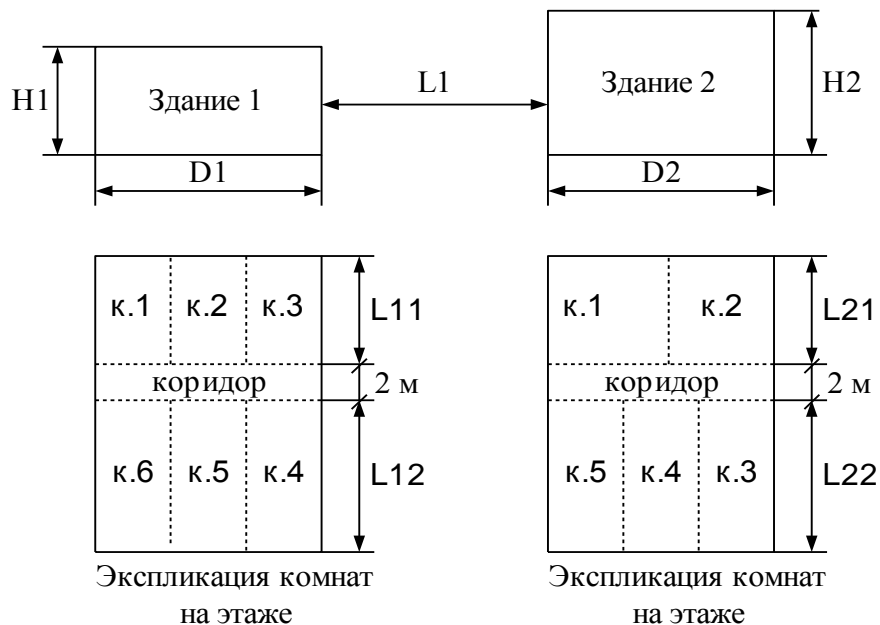
### 5. Контрольные вопросы

1. Среды передачи для сети Ethernet?
2. Аппаратура 10BASE5?
3. Аппаратура 10BASE2?
4. Аппаратура 10BASE-T?
5. Аппаратура 10BASE-FL?
6. Выбор конфигурации Ethernet?

## Список литературы

1. Новиков Ю.В., Карпенко Д.Г. Аппаратура локальных сетей: функции, выбор, разработка/ Под общей редакцией Ю.В. Новикова. – М., Издательство ЭКОМ, 1998. – 288с.: ил.
2. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы/ В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб: Издательство “Питер”, 2000. – 672 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Вариант	L1, м	H1, м	D1, м	L11, м	L12, м	H2, м	D2, м	L21, м	L22, м	Этажность здания 1	Этажность здания 2
1.	max	9	60	15	30	8	150	30	15	3	2
2.	max	6	75	20	25	12	120	25	20	2	3
3.	max	9	90	25	20	8	90	20	25	3	2
4.	max	6	120	30	15	12	60	15	30	2	3

Вариант	Здание	Этаж	Количество компьютеров					
			к.1	к.2	к.3	к.4	к.5	к.6
1.	1	1	1	2	1	2	1	3
		2	3	1	2	1	2	1
		3	1	3	1	2	1	2
	2	1	2	1	3	1	2	1
		2	2	3	1	2	2	-
2.	1	1	3	1	2	1	2	1
		2	1	3	1	2	1	2
	2	1	2	1	3	1	3	-
		2	2	3	1	2	2	-
		3	4	2	1	2	1	-
3.	1	1	3	1	2	1	2	1
		2	1	2	1	2	1	3
		3	2	1	2	1	3	1
	2	1	3	1	3	1	2	-
		2	1	2	1	2	4	
4.	1	1	1	3	1	2	1	2
		2	3	1	2	1	2	1
	2	1	3	1	2	3	1	-
		2	4	1	2	1	2	-
		3	3	3	1	2	1	-

Вариант	Здание	Этаж	Тип среды передачи	Тип среды передачи между зданиями
1.	1	1	10BASE5	10BASE5
		2	10BASE2	
		3	10BASE-T	
	2	1	10BASE-FL	
		2	10BASE5	
2.	1	1	10BASE2	10BASE2
		2	10BASE-T	
	2	1	10BASE-FL	
		2	10BASE5	
		3	10BASE2	
3.	1	1	10BASE-T	10BASE-T
		2	10BASE-FL	
		3	10BASE5	
	2	1	10BASE2	
		2	10BASE-T	
4.	1	1	10BASE-FL	10BASE-FL
		2	10BASE5	
	2	1	10BASE2	
		2	10BASE-T	
		3	10BASE-FL	

Примечание. Можно применять репитеры и репитерные концентраторы на 4, 8, 12 портов.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

№№	Наименование	Единица измерения	Количество
<b>Оборудование</b>			
1.	Репитер	шт.	
2.	Репитерный концентратор на 4 порта	шт.	
3.	Репитерный концентратор на 8 портов	шт.	
4.	Репитерный концентратор на 12 портов		
5.			
6.			
7.			
<b>Материалы</b>			
1.	“Толстый” коаксиальный кабель	м	
2.	“Тонкий” коаксиальный кабель	м	
3.	УТР-кабель категории 3	м	
4.	Оптический кабель	м	
5.			
6.			
7.			