

## Выбор конфигурации Ethernet

При выборе конфигурации сети Ethernet, состоящей из сегментов различных типов, возникает много вопросов, связанных прежде всего с максимально допустимым размером (диаметром) сети и максимально возможным числом различных элементов. Сеть будет работоспособной только в том случае, если максимальная задержка распространения сигнала в ней не превысит предельной величины. Эта величина определяется выбранным методом управления обменом CSMA/CD, основанным на обнаружении и разрешении коллизий.

Прежде всего отметим, что для получения сложных конфигураций Ethernet из отдельных сегментов применяются концентраторы двух уже упоминавшихся основных типов:

- репитерные концентраторы, которые представляют собой набор репитеров и никак логически не разделяют сегменты, подключенные к ним;
- коммутирующие (switching) концентраторы или коммутаторы, которые передают информацию между сегментами, но не передают конфликты с сегмента на сегмент.

В случае более сложных коммутирующих концентраторов конфликты в отдельных сегментах решаются на месте, в самих сегментах, и не распространяются по сети, как в случае более простых репитерных концентраторов. Это имеет принципиальное значение для выбора топологии сети Ethernet, так как используемый в ней метод доступа CSMA/CD предполагает наличие конфликтов и их разрешение, причем общая длина сети как раз и определяется размером зоны конфликта, области коллизии (collision domain). Таким образом, применение репитерного концентратора не разделяет зону конфликта, в то время как каждый коммутирующий концентратор делит зону конфликта на части. В случае коммутатора оценивать работоспособность надо для каждой части сети отдельно, а в случае репитерных концентраторов надо оценивать работоспособность всей сети в целом.

На практике репитерные концентраторы применяются гораздо чаще, так как они проще и дешевле. Поэтому мы будем в основном говорить в дальнейшем именно о них.

При выборе и оценке конфигурации Ethernet используются две основные модели. Остановимся кратко на их особенностях.

### 1.1. Правила модели 1

Первая модель формулирует набор простых правил, которые необходимо соблюдать проектировщику сети при соединении отдельных компьютеров и сегментов.

1. Репитер или концентратор, подключенный к сегменту, снижает на единицу максимально допустимое число абонентов, подключаемых к сегменту.

2. Полный путь между двумя любыми абонентами должен включать в себя не более пяти сегментов, четырех концентраторов (репитеров) и двух трансиверов (MAU) для сегментов 10 BASE5.

3. Если путь между абонентами состоит из пяти сегментов и четырех концентраторов (репитеров), то количество сегментов, к которым подключены компьютеры, не должно превышать трех, а остальные сегменты должны просто связывать между собой концентраторы (репитеры). Это так называемое «правило 5-4-3».

4. Если путь между абонентами состоит из четырех сегментов и трех концентраторов (репитеров), то должны выполняться следующие условия:

- максимальная длина оптоволоконного кабеля сегмента 10BASE-FL, соединяющего между собой концентраторы (репитеры), не должна превышать 1000 м;

- максимальная длина оптоволоконного кабеля сегмента 10BASE-FL, соединяющего концентраторы (репитеры) с компьютерами, не должна превышать 400 м;
- ко всем сегментам могут подключаться компьютеры.

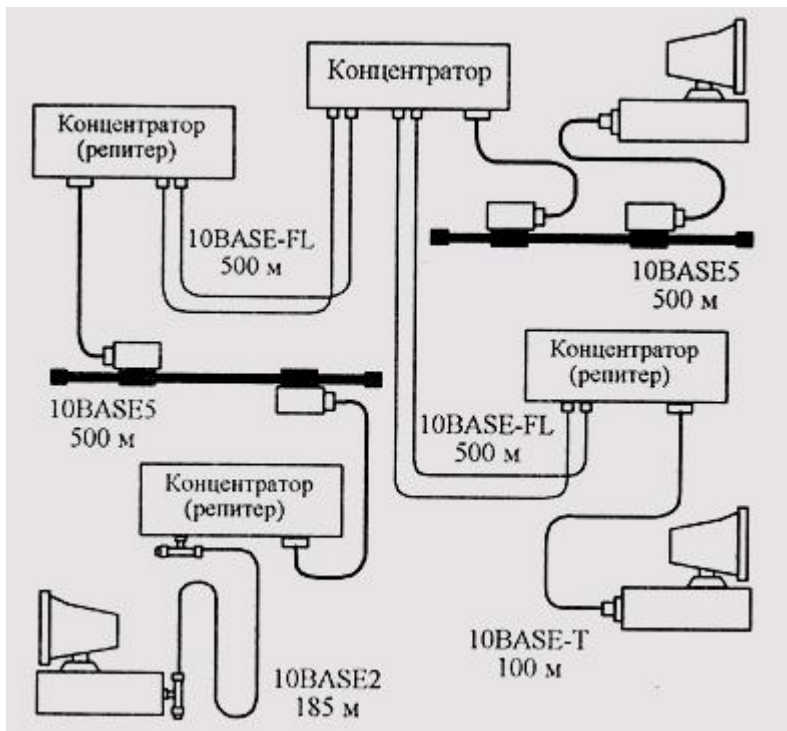


Рис. 10.1. Пример максимальной конфигурации в соответствии с первой моделью

При выполнении этих правил можно быть уверенным, что сеть будет работоспособной. Никаких дополнительных расчетов в данном случае не требуется. Считается, что соблюдение данных правил гарантирует допустимую величину задержки сигнала в сети.

На рис. 10.1 показан пример максимальной конфигурации, удовлетворяющей этим правилам. Здесь максимально возможный путь (диаметр сети) проходит между двумя нижними по рисунку абонентами: он включает в себя пять сегментов (10BASE2, 10BASE5, 10BASE-FL, 10BASE-FL и 10BASE-T), четыре концентратора (репитера) и два трансивера MAU.

## 1.2. Расчет по модели 2

Вторая модель, применяемая для оценки конфигурации Ethernet, основана на точном расчете временных характеристик выбранной конфигурации сети. Она иногда позволяет выйти за пределы жестких ограничений модели 1. Применение модели 2 совершенно необходимо в том случае, когда размер проектируемой сети близок к максимально допустимому.

В модели 2 используются две системы расчетов:

- первая система предполагает вычисление двойного (кругового) времени прохождения сигнала по сети и сравнение его с максимально допустимой величиной;
- вторая система проверяет допустимость величины получаемого межкадрового временного интервала, межпакетной щели (IPG - InterPacket Gap) в сети.

При этом вычисления в обеих системах расчетов ведутся для наихудшего случая, для пути максимальной длины, то есть для такого пути передаваемого по сети пакета, который требует для своего прохождения максимального времени. При первой системе расчетов выделяются три типа сегментов:

- начальный сегмент — это сегмент, соответствующий началу пути максимальной длины;

- конечный сегмент — это сегмент, расположенный в конце пути максимальной длины;
- промежуточный сегмент - это сегмент, входящий в путь максимальной длины, но не являющийся ни начальным, ни конечным.

Табл. 10.1. Величины задержек для расчета двойного времени прохождения сигнала (задержки даны в битовых интервалах)

Тип сегмента Ethernet	Макс, длина м	Начальный сегмент		Промежуточный сегмент	Конечный сегмент		Задержка на метр длины,
					tm		
10BASE5	500	11,8	55,0	46,5 89,8	169,5	212,8	0,087
10BASE2	185	11,8	30,8	46,5 65,5	169,5	188,5	0,103
10BASE-T	100	15,3	26,6	42,0 53,3	165,0	176,3	0,113
10BASE-FL	2000	12,3	212,3	33,5 233,5	156,5	356,5	0,100
FOIRL	1000	7,8	107,8	29,0 129,0	152,0	252,0	0,100
AUI	50	0	5,1	0 5,1	0	5,1	0,103

Промежуточных сегментов в выбранном пути может быть несколько, а начальный и конечный сегменты при разных расчетах могут меняться местами друг с другом. Выделение трех типов сегментов позволяет автоматически учитывать задержки сигнала на всех концентраторах, входящих в путь максимальной длины, а также в приемопередающих узлах адаптеров.

Для расчетов используются величины задержек, представленные в таблице 10.1. Методика расчета сводится к следующему.

1. В сети выделяется путь максимальной длины. Все дальнейшие расчеты ведутся для него. Если этот путь не очевиден, то расчеты ведутся для всех возможных путей, и на основании этих расчетов выбирается путь максимальной длины.
2. Если длина сегмента, входящего в выбранный путь, не максимальна, то рассчитывается двойное (круговое) время прохождения в каждом сегменте выделенного пути по формуле:  $t_s = LtL + t_o$ , где  $L$  — длина сегмента в метрах (при этом надо учитывать тип сегмента: начальный, промежуточный или конечный).
3. Если длина сегмента равна максимально допустимой, то из таблицы для него берется величина максимальной задержки  $t$ .
4. Суммарная величина задержек всех сегментов выделенного пути не должна превышать предельной величины 512 битовых интервалов (51,2 мкс).
5. Выполняются те же действия для обратного направления выбранного пути (то есть конечный сегмент считается начальным, и наоборот). Из-за разных задержек передающих и принимающих узлов концентраторов величины задержек в разных направлениях могут отличаться (правда, не слишком сильно).
6. Если задержки в обоих случаях не превышают величины 512 битовых интервалов, то сеть считается работоспособной.

Например, для конфигурации, показанной на рис. 10.1, путь наибольшей длины - это путь между двумя нижними по рисунку компьютерами. В данном случае это довольно очевидно. Этот путь включает в себя пять сегментов (слева направо): 10BASE2, 10BASE5, 10BASE-FL (два сегмента) и 10BASE-T.

Произведем расчет, считая начальным сегментом 10BASE2, а конечным -10BASE-T.

1. Начальный сегмент 10BASE2 имеет максимально допустимую длину (185 м), следовательно, для него берем из таблицы величину задержки 30,8.

2. Промежуточный сегмент 10BASE5 также имеет максимально допустимую длину (500 м), поэтому для него берем из таблицы величину задержки 89,8.

3. Оба промежуточных сегмента 10BASE-FL имеют длину 500 м, следовательно, задержка каждого из них будет вычисляться по формуле:

$$500 \cdot 0,100 + 33,5 = 83,5.$$

1. Конечный сегмент 10BASE-T имеет максимально допустимую длину (100 м), поэтому из таблицы берем для него величину задержки 176,3.

2. В путь наибольшей длины входят также шесть АШ-кабелей: два из них (в сегменте 10BASE5) показаны на рисунке, а четыре (в двух сегментах 10BASE-FL) не показаны, но в реальности вполне могут присутствовать. Будем считать, что суммарная длина всех этих кабелей равна 200 м, то есть четырем максимальным длинам. Тогда задержка на всех АШ-кабелях будет равна

$$4 \cdot 5,1 = 20,4.$$

1. В результате суммарная задержка для всех пяти сегментов составит:

$$30,8 + 89,8 + 83,5 + 83,5 + 176,3 + 20,4 = 484,3,$$

что меньше, чем предельно допустимая величина 512, то есть сеть работоспособна.

произведем теперь расчет суммарной задержки для того же пути, но в обратном направлении. При этом начальным сегментом будет 10BASE-T, а конечным - 10BASE2. В конечной сумме изменятся только два слагаемых (промежуточные сегменты остаются промежуточными). Для начального сегмента 10BASE-T максимальной длины задержка составит 26,6 итоговых интервалов, а для конечного сегмента 10BASE2 максимальной длины задержка составит 188,5 битовых интервалов. Суммарная задержка будет равняться

$$26,6 + 83,5 + 83,5 + 89,8 + 188,5 + 20,4 = 492,3, \text{ то опять же меньше } 512.$$

Работоспособность сети подтверждена.

Однако расчета двойного времени прохождения, в соответствии со стандартом, еще не достаточно, чтобы сделать окончательный вывод о работоспособности сети.

Второй расчет, применяемый в модели 2, проверяет соответствие стандарту величины межкадрового интервала (IPG). Эта величина изначально не должна быть меньше, чем 96 битовых интервалов (9,6 мкс), то есть только через 9,6 мкс после освобождения сети абоненты могут начать свою передачу. Однако при прохождении пакетов (кадров) через репитеры и концентраторы межкадровый интервал может сокращаться, вследствие чего два пакета могут в конце концов восприниматься абонентами как один. Допустимое сокращение IPG определено стандартом в 49 битовых интервалов (4,9 мкс).

Табл. 10.2. Величины сокращения межкадрового интервала (IPG) для разных сегментов Ethernet

Сегмент	Начальный	Промежуточный
10BASE2	16	11

10BASE5	16	11
10BASE-T	16	11
10BASE-FL	11	8

Для вычислений здесь так же, как и в предыдущем случае, 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 концентраторов.

Вычисления здесь очень простые. Для них используются данные табл. 10.2.

Для получения полной величины сокращения IPG надо просуммировать величины из таблицы для сегментов, входящих в путь максимальной длины, и сравнить сумму с предельной величиной 49 битовых интервалов. Если сумма меньше 49, мы можем сделать вывод о работоспособности сети. Для гарантии расчет производится в обоих направлениях выбранного пути.

Для примера обратимся все к той же конфигурации, показанной на рис. 10.1. Максимальный путь здесь — между двумя нижними по рисунку компьютерами. Берем в качестве начального сегмента 10BASE2. Для него сокращение межкадрового интервала равно 16. Далее следуют промежуточные сегменты: 10BASE5 (величина сокращения составит 11) и два сегмента 10BASE-FL (каждый из них внесет свой вклад по 8 битовых интервалов). В результате суммарное сокращение межкадрового интервала составит:

$$16 + 11 + 8 + 8 = 43,$$

что меньше предельной величины 49. Следовательно, данная конфигурация и по этому показателю будет работоспособна.

Вычисления для обратного направления по этому же пути дадут в данном случае тот же результат, так как начальный сегмент 10BASE-T даст ту же величину, что и начальный сегмент 10BASE2 (16 битовых интервалов), а все промежуточные сегменты опять же останутся промежуточными.

Попробуем теперь с помощью второй модели расчетов оценить, каков может быть максимальный размер сети Ethernet. Теоретически возможный размер сети составляет 6,5 км - в предположении, что вся сеть выполнена на одном сегменте. Однако в реальности это невозможно, ведь предельная длина сегмента не превышает 2 км (для 10BASE-FL). Поэтому присутствие репитеров или концентраторов в сети максимального размера обязательно, а они вносят свой вклад в задержку прохождения сигнала по сети.

Возьмем простейшую конфигурацию сети из двух сегментов 10BASE-FL, соединенных концентратором (рис. 10.2).

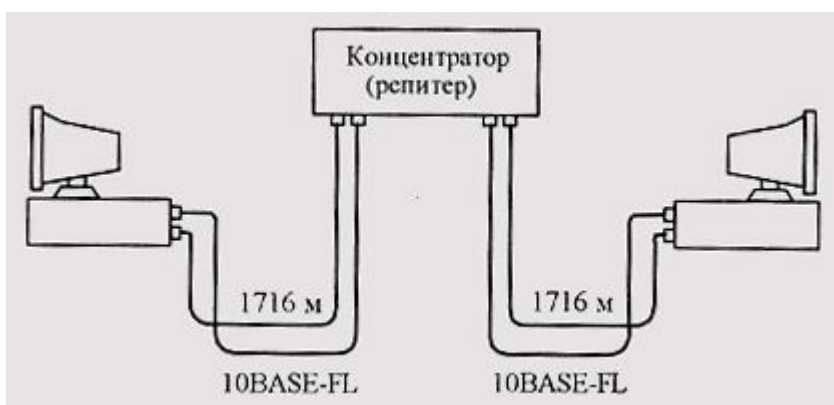


Рис. 10.2. Сеть Ethernet максимальной возможной длины

Из таблицы 10.1 видно, что при выборе максимальной длины обоих сегментов по 2000 метров (один из них будет начальным, а другой - конечным) суммарная двойная задержка распространения составит:

$$212,3 + 356,5 = 568,8,$$

сто значительно больше допустимой величины 512. То есть реальная длина сети будет даже меньше, чем 4 км. Элементарный расчет показывает, что три двух одинаковых сегментах 10BASE-FL длина каждого из них не должна превышать 1716 м. Двойная задержка распространения при этом будет вычисляться так (табл. 10.1):

$$12,3 + 1716 \cdot 0,1 + 156,5 + 1716 \cdot 0,1 = 512.$$

И общая длина сети будет при этом составлять 3432 м, что значительно меньше теоретически возможной длины в 6500 м. Отметим, что сегменты в конфигурации на рис. 10.2 могут быть и разной длины, но их общая длина не должна превышать все тех же 3432 м. При этом стоит еще учитывать, что мы не включали в расчет задержки трансиверных кабелей. Если используются внешние трансиверы, то необходимо еще уменьшить длину оптоволоконных кабелей.

Попробуем теперь оценить максимально возможный размер сети при использовании только электрического кабеля, например, наиболее популярной сейчас витой пары.

Допустим, мы имеем конфигурацию из пяти сегментов 10BASE-T предельно допустимой длины (100 м), соединенных между собой четырьмя концентраторами. Задержка начального сегмента составит (из табл. 10.1) 26,6 битовых интервалов. Задержка конечного сегмента будет равна 176,3 битовых интервалов. Задержка трех промежуточных сегментов будет 53,3 битовых интервала на каждый сегмент. Итого суммарная задержка равняется:

$$26,6 + 176,3 + 3 \cdot 53,3 = 362,8, \text{ что меньше предельной величины } 512.$$

Мы можем добавить еще два промежуточных 100-метровых сегмента, которые дадут еще 106,6, увеличив количество сегментов до 7, а количество концентраторов до 6. И еще останется запас в 42,6 битовых интервалов. Всего получаем, что сегментов может быть даже 8 при семи концентраторах, а общая длина всех кабелей может достигать 705,3 м. Это значительно превышает ограничения модели 1.

Но подсчитаем, какая величина сокращения межкадрового интервала получается при такой конфигурации. Один начальный сегмент даст 16 битовых интервалов (см. табл. 10.2). Шесть промежуточных сегментов дадут 77 битовых интервалов. В сумме получится 93 битовых интервала, что значительно превышает разрешенные 49 битовых интервалов. Поэтому в данном случае предельная длина сети будет ограничена пятью сегментами, которые сократят межкадровый интервал на величину  $16 + 11 \cdot 3 = 49$  битовых интервалов.

В результате сеть максимального размера на витой паре будет состоять из пяти сегментов по 100 м (рис. 10.3), что совпадает с требованиями модели 1. Полная длина сети составит 500 м.

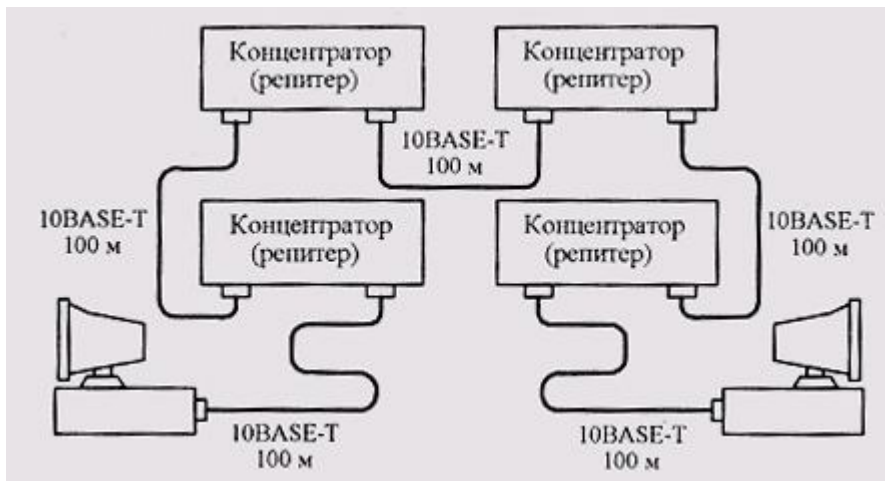


Рис. 10.3. Сеть Ethernet максимального размера на витой паре

Интересно, что пути максимальной длины для расчета круговой задержки и для расчета IPG могут быть различными. Вполне возможна ситуация, когда максимальную задержку прохождения дает один путь в сети, а максимальное сокращение IPG дает другой путь. Например, если один путь состоит из пяти коротких сегментов (электрических и оптоволоконных) и четырех концентраторов, а другой путь имеет всего два оптоволоконных сегмента, но зато с суммарной длиной, близкой к максимально возможной, то первый даст максимальное сокращение IPG, а второй — максимальную задержку прохождения сигнала.

Значит, в идеале необходимо рассчитывать как круговую задержку, так и сокращение IPG для каждого из возможных путей в данной топологии сети. А условие работоспособности сети будет состоять в том, что все задержки всех путей должны быть меньше 512 битовых интервалов, а все величины сокращения IPG для всех путей должны быть меньше 49 битовых интервалов. Правда, неоднозначность пути максимальной длины надо учитывать только в том случае, когда в сети присутствует больше четырех концентраторов, так как четыре концентратора (пять сегментов) в принципе не могут уменьшить APG больше, чем на 49 битовых интервалов при выборе любых возможных сегментов (см. табл. 10.2).

Таким образом, для оценки работоспособности той или иной конфигурации можно использовать обе модели (модель 1 и модель 2), хотя для сложных топологий и предельно длинных сегментов предпочтительнее вторая (числовая) модель, позволяющая количественно оценить временные характеристики сети. В случае же более простых топологий вполне достаточно проверить выполнение элементарных правил первой модели, что не требует никаких расчетов.

## 2. Выбор конфигурации Fast Ethernet

Точно так же, как и в случае Ethernet, для определения работоспособности сети Fast Ethernet стандарт IEEE 802.3 предлагает две модели, называемые Transmission System Model 1 и Transmission System Model 2. При этом первая модель основана на нескольких несложных правилах, а вторая использует систему точных расчетов. Первая модель исходит из того, что все компоненты сети (в частности, кабели) имеют наихудшие из возможных временные характеристики, поэтому она всегда дает результат со значительным запасом. Во второй модели можно использовать реальные временные характеристики кабелей, поэтому ее применение позволяет иногда преодолеть жесткие ограничения модели 1.

### 10.2.1. Правила модели 1

- В соответствии с первой моделью, при выборе конфигурации в любом случае надо руководствоваться следующими принципами:

- Сегменты, выполненные на электрических кабелях (витых парах) не должны быть длиннее 100 м. Это относится к кабелям всех возможных категорий - 3, 4 и 5, к сегментам 100BASE-T4 и 100BASE-TX.
- Сегменты, выполненные на оптоволоконных кабелях, не должны быть длиннее 412 м.
- Если используются адаптеры с внешними (выносными) трансиверами, то трансиверные кабели (МП) не должны быть длиннее 50 см.

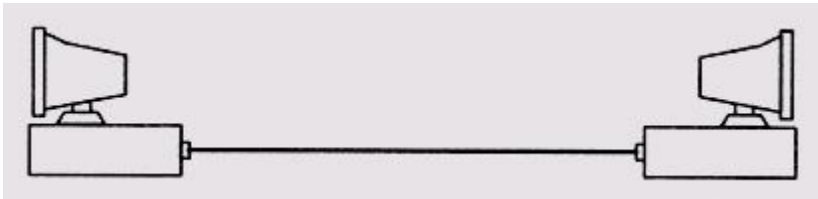


Рис. 10.4. Двухточечное соединение без концентратора

Модель 1 выделяет три возможных конфигурации сети Fast Ethernet:

1. Соединение двух абонентов (узлов) сети напрямую, без репитера или концентратора (рис. 10.4). Абонентами при этом могут выступать не только компьютеры, но и сетевой принтер, порт коммутатора, моста или маршрутизатора. Это соединение называется соединением DTE—DTE или двухточечным.
2. Соединение двух абонентов сети с помощью одного репитерного концентратора класса I или класса II (рис. 10.5).
3. Соединение двух абонентов сети с помощью двух репитерных концентраторов класса II (рис. 10.6). При этом предполагается, что для связи концентраторов всегда используется электрический кабель длиной не более 5 м. Концентраторы класса II имеют меньшую задержку, поэтому их может быть два. Использование трех концентраторов не допускается в соответствии с моделью 1 ни в коем случае.

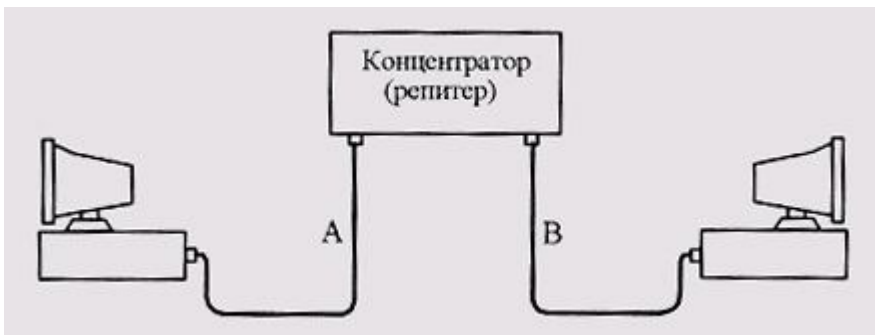


Рис. 10.5. Соединение с одним концентратором

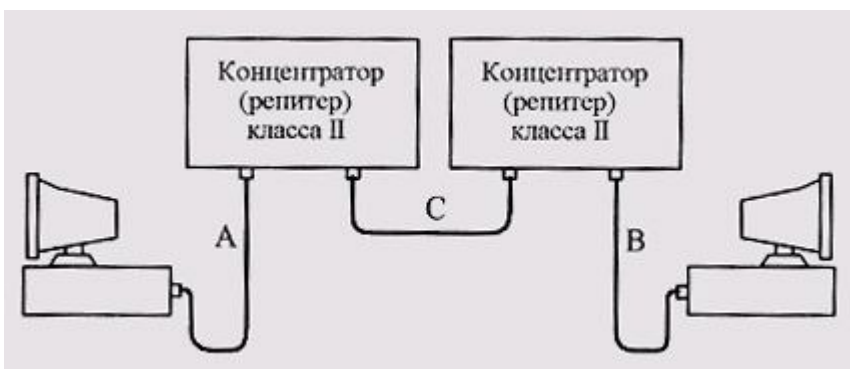


Рис. 10.6. Соединение с двумя концентраторами



В случае первой конфигурации правила модели 1 предельно простые: электрический кабель не должен быть длиннее 100 м, полудуплексный оптоволоконный не должен быть длиннее 412 м, полнодуплексный оптоволоконный - 2000 м (при этом задержка сигнала в кабеле уже не имеет значения, так как метод CSMA/CD не работает).

В случае применения конфигурации с одним концентратором надо ограничивать длину кабелей сети в соответствии с таблицей 10.3.

В случае выбора конфигурации с двумя концентраторами надо ограничивать длину кабелей А и В в соответствии с таблицей 10.4 (по умолчанию предполагается, что кабель С имеет длину 5 м).

Табл. 10.3. Максимальная длина кабелей в конфигурации с одним концентратором

Вид кабеля А	Вид кабеля В	Класс концентратора	Макс, длина кабеля А	Макс, длина кабеля В	Макс, размер сети, м
ТХ, Т4	ТХ,Т4	I или II	100	100	200
тх	FX	I	100	160,8	260,8
Т4	FX	I	100	131	231
FX	FX	I	136	136	272
ТХ	FX	II	100	208,8	308,8
Т4	FX	II	100	204	304
FX	FX	II	160	160	320

Табл. 10.4. Максимальная длина кабелей в конфигурации с двумя концентраторами

Вид кабеля А	Вид кабеля В	Макс, длина кабеля А, м	Макс, длина кабеля В, м	Макс, размер сети
ТХ,Т4	ТХ,Т4	100	100	205
ТХ	FX	100	116,2	221,2
Т4	FX	100	136,3	241,3
FX	FX	114	114	233

В обеих конфигурациях с концентраторами при использовании одновременно электрического и оптоволоконного кабелей можно за счет уменьшения длины электрического кабеля увеличить длину оптоволоконного кабеля. Причем уменьшению длины электрического кабеля на 1 м соответствует увеличение длины оптоволоконного кабеля на 1,19 м. Например, уменьшив кабель ТХ на 10 м, можно увеличить кабель FX на 11,9 м, и его предельная длина составит при двух концентраторах 128,1 м. Немного увеличится и предельный размер сети (в нашем примере на 1,9 м).

В случае использования двух оптоволоконных кабелей можно уменьшать один из кабелей за счет увеличения другого. При уменьшении одного кабеля на 10 м можно увеличить другой тоже на 10 м. Если же используется два электрических кабеля, то увеличивать один из них за счет уменьшения другого нельзя, так как их длина в принципе не может превышать 100 м из-за затухания сигнала в кабеле.

Отметим, что концентратор класса II в принципе не может одновременно поддерживать сегменты с разными методами кодирования ТХ/FX и Т4. Поэтому варианты, соответствующие вторым снизу строкам обеих таблиц 10.3 и 10.4 никогда не реализуются на практике, но стандарт почему-то дает цифры и для них.

Во всех перечисленных случаях под размером сети понимается размер зоны конфликта (области коллизии, collision domain). При этом надо учитывать, что включение в сеть одного коммутатора позволяет увеличить полный размер сети вдвое.

Пример сети максимальной конфигурации в соответствии с первой моделью для витой пары показан на рис. 10.7.

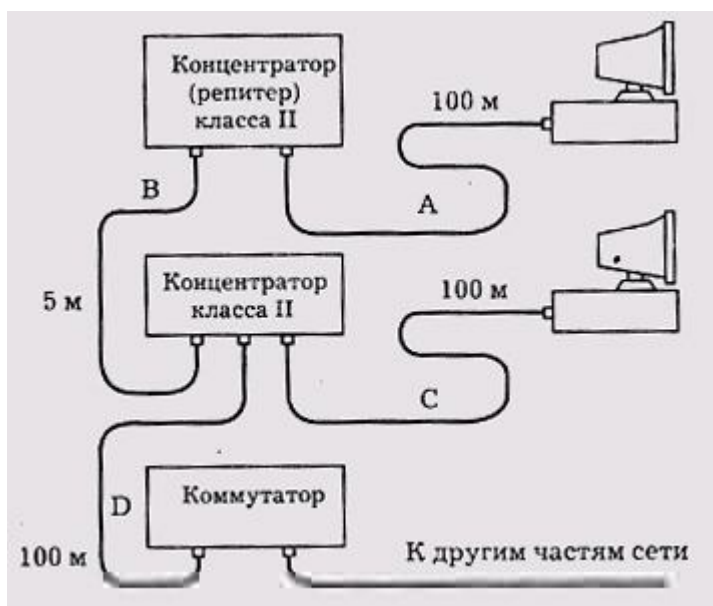


Рис. 10.7. Пример максимальной конфигурации сети Fast Ethernet

Здесь максимальный размер зоны конфликта складывается из сегментов А, В и С, то есть составляет:

$$100 + 5 + 100 = 205 \text{ метров,}$$

что удовлетворяет условию работоспособности сети (табл. 10.4, верхняя строчка). Отметим, что сегмент D также входит в зону конфликта, так как коммутатор тоже является полноправным передатчиком пакетов сети. Поэтому длина сегмента D также не может превышать в нашем случае 100 м, чтобы суммарная длина сегментов А, В и D не превысила все тех же 205 м. Сегменты, отделенные от рассматриваемой зоны конфликта коммутатором, никак не влияют на ее работоспособность.

## 2.2. Расчет по модели 2

Вторая модель для сети Fast Ethernet, как и в случае Ethernet, основана на вычислении суммарного двойного времени прохождения сигнала по сети. В отличие от второй модели, используемой для оценки конфигурации Ethernet, здесь не проводится расчетов величины сокращения межкадрового интервала (межпакетной щели, IPG). Это связано с тем, что даже максимальное количество репитеров и концентраторов, допустимых в Fast Ethernet, в принципе не может вызвать недопустимого сокращения межкадрового интервала.

Табл. 10.5. Двойные задержки компонентов сети Fast Ethernet (величины задержек даны в битовых интервалах)

Тип сегмента	Задержка на метр	Макс, задержка
Два абонента TX/FX	—	100
Два абонента T4	-	138
Один абонент T4 и один TX/FX	—	127
Сегмент на кабеле категории 3	1,14	114 (100м)

Сегмент на кабеле категории 4	1,14	114 (100м)
Сегмент на кабеле категории 5	1,112	111,2 (100м)
Экранированная витая пара	1,112	111, 2 (100м)
Оптоволоконный кабель	1,0	412 (412м)
Репитер (концентратор) класса I	-	140
Репитер (концентратор) класса II с портами TX/FX	_	92
Репитер (концентратор) класса II с портами T4	_	67

Для расчетов в соответствии со второй моделью сначала надо выделить в сети путь с максимальным двойным временем прохождения и максимальным числом репитеров (концентраторов) между компьютерами, то есть путь максимальной длины. Если таких путей несколько, то расчет должен производиться для каждого из них.

Расчет в данном случае ведется на основании таблицы 10.5.

Для вычисления полного двойного (кругового) времени прохождения для сегмента сети необходимо умножить длину сегмента на величину задержки на метр, взятую из второго столбца таблицы. Если сегмент имеет максимально возможную длину, то можно сразу взять величину максимальной задержки для данного сегмента из третьего столбца таблицы. Затем задержки сегментов, входящих в путь максимальной длины, надо просуммировать и прибавить к этой сумме величину задержки для приемопередающих узлов двух абонентов (это три верхние строчки таблицы) и величины задержек для всех репитеров (концентраторов), входящих в данный путь (это три нижние строки таблицы). Суммарная задержка должна быть меньше, чем 512 битовых интервалов. При этом надо помнить, что стандарт IEEE 802.3 рекомендует оставлять запас в пределах 1-4 битовых интервалов для учета кабелей внутри соединительных шкафов и погрешностей измерения, то есть лучше сравнивать суммарную задержку с величиной 508 битовых интервалов, а не 512 битовых интервалов. Все задержки, приведенные в таблице, даны для наихудшего случая. Если известны временные характеристики конкретных кабелей, концентраторов и адаптеров, то практически всегда лучше использовать именно их. В ряде случаев это может дать заметную прибавку к допустимому размеру сети.

Рассмотрим пример расчета по второй модели для сети, показанной на рис. 10.7. Здесь существуют два максимальных пути: между компьютерами (сегменты А, В и С) и между верхним (по рисунку) компьютером и коммутатором (сегменты А, В и D). Оба эти пути включают в себя два 100-метровых сегмента и один 5-метровый. Предположим, что все сегменты представляют собой 100BASE-TX и выполнены на кабеле категории 5. Произведем расчет работоспособности сети.

1. Для двух 100-метровых сегментов (максимальной длины) из таблицы берем величину задержки 111,2 битовых интервалов.
2. Для 5-метрового сегмента высчитываем задержку, умножая 1,112 (задержка на метр) на длину кабеля (5 метров):  $1,112 \cdot 5 = 5,56$  битовых интервалов.
3. Берем из таблицы задержку для двух абонентов TX - 100 битовых интервалов.
4. Берем из таблицы величины задержек для двух репитеров класса II - по 92 битовых интервала.
5. Суммируем все перечисленные задержки и получаем:  $111,2 + 111,2 + 5,56 + 100 + 92 + 92 = 511,96$ , что меньше 512, следовательно, данная сеть будет работоспособна, хотя и на пределе, что, вообще говоря, не рекомендуется.

Для гарантии лучше несколько уменьшить длину кабелей или взять кабели, имеющие меньшую задержку (см. табл. 2.3). Например, при использовании кабеля AT&T 1061 ( $NVP = 0,7$ ,  $t_3 = 0,477$ ) мы получим следующие величины задержек для 100-метровых сегментов:  $(0,477 \cdot 2) \cdot 100 = 95,4$  битовых интервалов (умножение на два необходимо, чтобы получить двойное время прохождения), а для 5-метрового сегмента - 4,77 битовых интервалов. Суммарная задержка при этом составит:

$$95,4 + 95,4 + 4,77 + 100 + 92 + 92 = 483,57,$$

то есть гораздо меньше 512 и даже 508, что означает полностью работоспособную сеть.

Пользуясь моделью 2, можно обойти некоторые ограничения модели 1, так как модель 1 рассчитывается для наихудшего случая. Например, в сети может присутствовать больше двух концентраторов класса II или больше одного концентратора класса I, а кабель, соединяющий концентраторы, может быть длиннее 5 м.

Для примера на рис. 10.8 показана сеть, содержащая три концентратора класса II, соединенных между собой отрезками кабеля длиной по 10 м. Компьютеры присоединены к концентраторам сегментами 100BASE-TX длиной по 50 м. Произведем расчет двойного времени прохождения для этого случая.

1. Каждый из трех концентраторов класса II с портами TX даст задержку 92 битовых интервала. Суммарная задержка концентраторов будет равна 276 битовым интервалам.
2. Для двух соединительных кабелей между концентраторами задержка равна  $2 \cdot 1,112 \cdot 10 = 22,24$  битовых интервала.
3. Для двух сегментов TX по 50 метров задержка составит  $2 \cdot 1,112 \cdot 50 = 111,2$  битовых интервала.

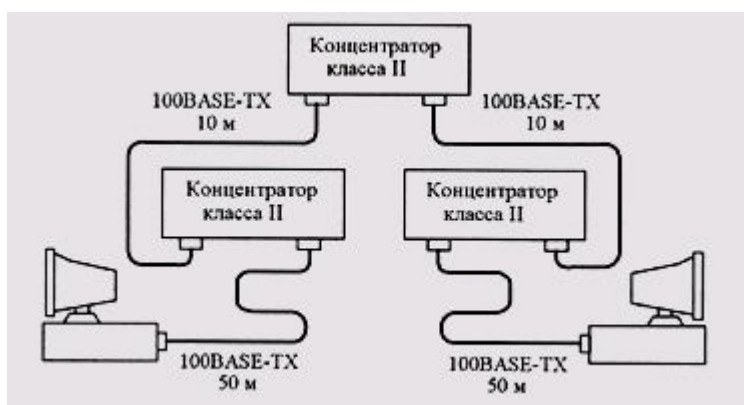


Рис. 10.8. Пример работоспособной конфигурации сети, нарушающей правила модели 1

4. Для двух абонентов TX задержка будет равна 100 битовым интервалам.
5. Итого суммарная задержка будет составлять:

$276 + 22,24 + 111,2 + 100 = 509,44$  битовых интервала. Данная сеть работоспособна, но при этом надо учитывать, что каждый дополнительный концентратор класса II уменьшает общую допустимую длину кабеля на величину  $92/1,112 = 82,7$  м. Сеть с четырьмя концентраторами уже не будет иметь смысла, так как на задержку в кабеле уже не остается почти никакого запаса (четыре концентратора дадут суммарную задержку в  $92 \cdot 4 = 368$  битовых интервалов).

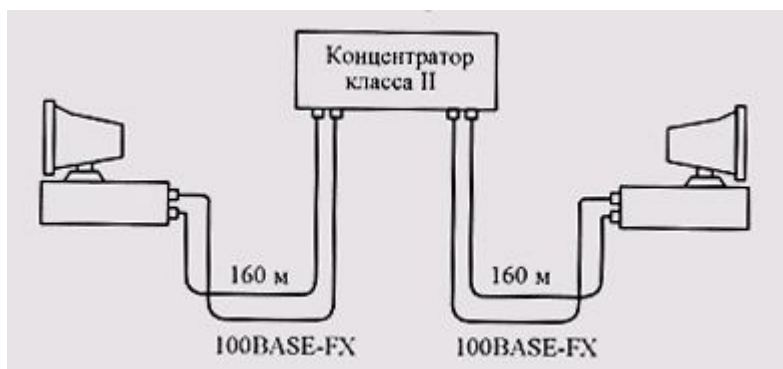


Рис. 10.9. Сеть Fast Ethernet максимальной длины

А теперь посмотрим, какова может быть максимальная величина сети Fast Ethernet. Для этого надо взять сеть с одним концентратором класса II и два сегмента 100BASE-FX. Элементарный расчет по-

казывает, что при одинаковых сегментах длина каждого из них может достигать 160 метров (рис. 10.9), а общая длина сети составит 320 метров. Расчет двойного времени прохождения для этого случая будет выглядеть так:

$$92 + 100 + 2 \cdot 1,0 \cdot 160 = 512.$$

Получается, что сеть работоспособна, хотя и на пределе. Естественно, в данном случае важна только суммарная длина обеих кабелей. При уменьшении длины какого-нибудь из сегментов можно без потери работоспособности увеличить на точно такую же величину длину другого сегмента.

Если в приведенной на рис. 10.9 конфигурации используется концентратор класса I, а не концентратор класса II, то допустимая суммарная длина сегментов сокращается с 320 м до 272 м (расчет для этого случая очевиден). А с учетом рекомендуемого стандартом запаса лучше еще уменьшить суммарную длину кабеля на 1-4 м, что даст снижение круговой задержки на 1-4 битовых интервала.

В заключение отметим, что модель 2 целесообразно применять в основном при наличии в сети оптоволоконных сегментов. На электрическом кабеле даже при большом желании довольно трудно создать сеть слишком большого размера.