

Лабораторная работа № 2. Расчёт сети Fast Ethernet

2.1. Цели работы

Цель данной работы — изучение принципов технологий Ethernet и Fast Ethernet и практическое освоение методик оценки работоспособности сети, построенной на базе технологии Fast Ethernet.

2.2. Теоретические сведения

2.2.1. Технология Ethernet

Спецификация сети Ethernet была предложена фирмами DEC, Intel и Xerox (DIX) в 1980 г., и несколько позже на её основе появился стандарт IEEE 802.3.

Первые версии Ethernet v1.0 и Ethernet v2.0 в качестве среды передачи использовали только коаксиальный кабель. Стандарт IEEE 802.3 позволяет в качестве среды передачи использовать также витую пару и оптоволокно. В 1995 г. был принят стандарт IEEE 802.3u (Fast Ethernet) со скоростью 100 Мбит/с, а в 1997 г. — IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet — 1000 Мбит/с). Осенью 1999 г. принят стандарт IEEE 802.3ab — Gigabit Ethernet на витой паре категории 5. В 2002 г. принят стандарт IEEE 802.3ae 10 Gigabit Ethernet по оптоволоконному кабелю, в 2006 г. IEEE 802.3an — 10 Gigabit Ethernet по витой паре.

В обозначениях Ethernet (10BASE2, 100BASE-TX и др.) первый элемент обозначает скорость передачи данных в Мбит/с; второй элемент BASE означает, что используется прямая (немодулированная) передача; третий элемент обозначает округлённое значение длины кабеля в сотнях метров (10BASE2 — 185 м, 10BASE5 — 500 м) или тип среды передачи (T, TX, T2, T4 — витая пара; FX, FL, FB, SX и LX — оптоволокно; CX — твинаксиальный кабель для Gigabit Ethernet).

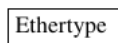
В процессе развития Ethernet и стандарта IEEE 802.3 было предложено 4 варианта формата кадра: DIX (теперь называется Ethernet II), 802.3/LLC, Raw 802.3, SNAP. На канальном уровне структура кадра разных версий Ethernet практически одинакова. Кадр Ethernet (рис. 2.1) добавляет заголовки и концевики вокруг PDU (Protocol Data Unit) третьего уровня для последующей инкапсуляции отправляемого сообщения.



Рис. 2.1. Формат кадра Ethernet

Алгоритм автоматического распознавания разных типов кадров Ethernet (рис. 2.1) достаточно прост. Поле, следующее за полем адреса источника (SA), имеет длину 2 байта и может быть либо полем Ethertype, либо полем длины данных. Максимальная длина поля данных равна 1500 байт (0x05DC в шестнадцатеричной системе счисления). Значение поля Ethertype всегда больше, чем 0x05DC. Следовательно, если значение поля больше, чем 0x05DC, то мы имеем кадр Ethernet DIX (Ethernet II), в противном случае — поле длины. Если следующие за полем длины два байта выставлены в 0xFFFF, то это кадр Raw 802.3. В противном случае мы имеем либо кадр типа 802.3/LLC, либо кадр типа Ethernet SNAP, которые можно различить по значению полей SSAP и DSAP. Если они выставлены в 0xAA, то имеем кадр Ethernet SNAP, иначе — кадр типа 802.3/LLC.

← 2 байта →



(а) Тип кадра Ethernet DIX

← 2 байта →



(б) Тип кадра Raw 802.3

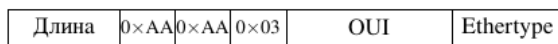
← 2 байта → 1 байт 1 байт 1 или 2 байта



Заголовок LLC

(в) Тип кадра 802.3/LLC

← 2 байта → 1 байт 1 байт 1 байт ← 3 байта → ← 2 байта →



Заголовок LLC1

Заголовок SNAP

(г) Тип кадра Ethernet SNAP

Рис. 2.2. Типы кадров Ethernet (только поле, зависящее от типа кадра)

Формат кадра в стиле Ethernet II используется в сетях TCP/IP.

Стандарты Ethernet II и IEEE 802.3 определяют минимальный размер кадра как 64 байта, а максимальный — 1518 байт. К этому количеству относятся все байты, начиная с поля «MAC-адрес назначения» и заканчивая полем «Контрольная последовательность кадра (FCS)». Поля «Преамбула» и «Начало разделителя кадра (SFD)» при описании размера кадра не включаются. Любой кадр с длиной менее 64 байт считается «фрагментом коллизии», или «карликовым кадром», и автоматически отклоняется принимающими станциями.

Стандарт IEEE 802.3ас, выпущенный в 1998 году, позволил увеличить максимальный допустимый размер кадра до 1522 байт путём добавления после адреса источника 4 байт для маркера 802.1Q VLAN, позволяющего использовать технологию «виртуальной локальной сети» (VLAN).

Если размер передаваемого кадра меньше минимального значения или больше максимального значения, получающее устройство сбрасывает такой кадр.

В основе Ethernet лежит *метод множественного доступа к среде передачи с прослушиванием несущей и обнаружением коллизий* — CSMA/CD (*Carrier Sense with Multiple Access and Collision Detection*), реализуемый адаптерами каждого узла сети на аппаратном или микропрограммном уровне:

- все адаптеры имеют устройство доступа к среде (MAU) — трансивер, подключённый к общей (разделяемой) среде передачи данных;
- каждый адаптер узла перед передачей информации прослушивает линию до момента отсутствия сигнала (несущей);
- затем адаптер формирует кадр (frame), начинающийся с синхронизирующей преамбулы, за которой следует поток двоичных данных в самосинхронизирующемся (манчестерском) коде;
- другие узлы принимают посланный сигнал, синхронизируются по преамбуле и декодируют его в последовательность бит;
- окончание передачи кадра определяется обнаружением приёмником отсутствия несущей;
- в случае обнаружения *коллизии* (столкновения двух сигналов от разных узлов) передающие узлы прекращают передачу кадра, после чего через случайный промежуток времени (каждый через свой) осуществляют повторную попытку передачи после освобождения линии; при очередной неудаче делается следующая попытка (и так до 16 раз), причём интервал задержки увеличивается;
- коллизия обнаруживается приёмником по нестандартной длине кадра, которая не может быть меньше 64 байт, не считая преамбулы;
- между кадрами должен обеспечиваться временной зазор (*межкадровый или межпакетный промежуток, IPG – inter-packet gap*) длительностью 9,6 мкс — узел не имеет права начать передачу раньше, чем через интервал IPG, после определения момента пропадания несущей.

Определение 1. *Домен коллизий* — группа узлов, связанных общей средой передачи.

Протяжённость домена коллизий ограничивается временем распространения сигнала между наиболее удалёнными друг от друга узлами.

Определение 2. *Диаметр домена коллизий* — расстояние между двумя наиболее удалёнными друг от друга оконечными устройствами.

Определение 3. *Битовый интервал* — время, необходимое для передачи одного бита.

Битовый интервал в Ethernet (при скорости 10 Мбит/с) составляет 0,1 мкс.

В сегментах Ethernet на основе концентраторов сетевые устройства конкурируют за общую среду передачи данных и таким образом образуют домен

коллизий, поскольку, когда два или более устройств в пределах одного сегмента пробуют передавать данные одновременно, могут возникнуть коллизии.

При разделении сети на сегменты (например посредством сетевых устройств, работающих на уровне доступа к сети модели TCP/IP и выше, а именно коммутаторов и маршрутизаторов) можно снизить число устройств, конкурирующих за доступ к среде передачи данных. В этом случае каждый новый сегмент становится новым коллизийным доменом.

Коммутаторы используют таблицу MAC-адресов для определения сегмента, которому нужно отправить кадр, и могут сократить или полностью устранить коллизии. Каждый порт коммутатора представляет отдельный коллизийный домен. Под фильтрацию не попадают кадры широковещательной рассылки (MAC-адрес назначения в кадре представлен единицами в двоичном формате).

Совокупность соединённых коммутаторов формирует единый широковещательный домен. Маршрутизаторы используются для сегментации как коллизийных доменов, так и широковещательных доменов.

2.2.2. Технология Fast Ethernet

В технологии Fast Ethernet величина битового интервала составляет 0,01 мкс, что даёт десятикратное увеличение скорости передачи данных. При этом формат кадра, объём переносимых кадром данных и механизм доступа к каналу передачи данных остались без изменения по сравнению с Ethernet.

В Fast Ethernet используется среда передачи данных для работы на скорости 100 Мбит/с, которая в спецификации IEEE 802.3u имеет обозначения «100BASE-T4» и «100BASE-TX» (витая пара); «100BASE-FX» и «100BASE-SX» (оптоволокно).

2.2.2.1. Правила построения сети

Первая модель сети Fast Ethernet. Модель представляет собой, по сути, набор правил построения сети (табл. 2.1):

- длина каждого сегмента витой пары должна быть меньше 100 м;
- длина каждого оптоволоконного сегмента должна быть меньше 412 м;
- если используются кабели MII (Media Independent Interface), то каждый из них должен быть меньше 0,5 м;
- задержки, вносимые кабелем MII, не учитываются при оценке временных параметров сети, так как они являются составной частью задержек, вносимых оконечными устройствами (терминалами) и повторителями.

Стандартом определены два класса повторителей:

- повторители класса I выполняют преобразование входных сигналов в цифровой вид, а при передаче снова перекодируют цифровые данные в физические сигналы; преобразование сигналов в повторителе требует некоторого времени, поэтому в домене коллизий допускается только один повторитель класса I;

- повторители класса II немедленно передают полученные сигналы без всякого преобразования, поэтому к ним можно подключать только сегменты, использующие одинаковые способы кодирования данных; можно использовать не более двух повторителей класса II в одном домене коллизий.

Таблица 2.1

Предельно допустимый диаметр домена коллизий в Fast Ethernet

Тип повторителя	Все сегменты TX или T4	Все сегменты FX	Сочетание сегментов (T4 и TX/FX)	Сочетание сегментов (TX и FX)
Сегмент, соединяющий два узла без повторителей	100	412,0	–	–
Один повторитель класса I	200	272,0	231,0	260,8
Один повторитель класса II	200	320,0	–	308,8
Два повторителя класса II	205	228,0	–	216,2

Вторая модель сети Fast Ethernet. Вторая модель содержит последовательность расчётов временных параметров сети при полудуплексном режиме обмена данными. Диаметр домена коллизий и количество сегментов в нём ограничены временем двойного оборота, необходимым для правильной работы механизма обнаружения и разрешения коллизий (табл. 2.2).

Время двойного оборота рассчитывается для наихудшего (в смысле распространения сигнала) пути между двумя узлами домена коллизий. Расчёт выполняется путём суммирования временных задержек в сегментах, повторителях и терминалах.

Для вычисления времени двойного оборота нужно умножить длину сегмента на величину удельного времени двойного оборота соответствующего сегмента. Определив времена двойного оборота для всех сегментов наихудшего пути, к ним нужно прибавить задержку, вносимую парой оконечных узлов и повторителями. Для учёта непредвиденных задержек к полученному результату рекомендуется добавить ещё 4 битовых интервала (би) и сравнить результат с числом 512. Если полученный результат не превышает 512 би, то сеть считается работоспособной.

2.2.2.2. Пример расчёта конфигурации сети Fast Ethernet

На рис. 2.3 приведён пример одной из предельно допустимых конфигураций сети Fast Ethernet.

Временные задержки компонентов сети Fast Ethernet

Таблица 2.2

Компонент	Удельное время двойного оборота (би/м)	Максимальное время двойного оборота (би)
Пара терминалов TX/FX	–	100
Пара терминалов T4	–	138
Пара терминалов T4 и TX/FX	–	127
Витая пара категории 3	1,14	114 (100 м)
Витая пара категории 4	1,14	114 (100 м)
Витая пара категории 5	1,112	111,2 (100 м)
Экранированная витая пара	1,112	111,2 (100 м)
Оптоволокно	1,0	412 (412 м)
Повторитель класса I	–	140
Повторитель класса II, имеющий порты типа TX/FX	–	92
Повторитель класса II, имеющий порты типа T4	–	67

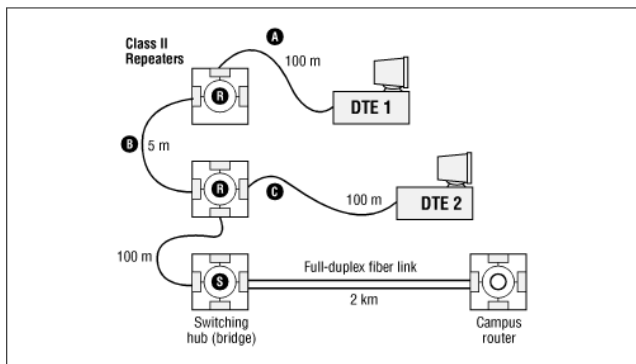


Рис. 2.3. Пример допустимой конфигурации сети Fast Ethernet

Диаметр домена коллизий вычисляется как сумма длин сегментов А (100 м), В (5 м) и С (100 м) и равен 205 м. Длина сегмента, соединяющего повторители, может быть более 5 м, если при этом диаметр домена коллизий не превышает допустимый для данной конфигурации предел. Коммутатор (switching

hub), входящий в состав сети, изображённой на рис. 2.3, считается окончательным устройством, так как коллизии через него не распространяются. Поэтому 2-километровый сегмент оптоволоконного кабеля, соединяющий этот коммутатор с маршрутизатором (router), не учитывается при расчёте диаметра домена коллизий сети Fast Ethernet. Сеть удовлетворяет правилам первой модели.

Проверим теперь её по второй модели. Наихудшие пути в домене коллизий: от DTE1 к DTE2 и от DTE1 к коммутатору (switching hub). Оба пути состоят из трёх сегментов на витой паре, соединённых двумя повторителями класса II. Два сегмента имеют предельно допустимую длину 100 м. Длина сегмента, соединяющего повторители, равна 5 м.

Предположим, что все три рассматриваемых сегмента являются сегментами 100BASE-TX и в них используется витая пара категории 5. В табл. 2.3 приведены величины времени двойного оборота для рассматриваемых путей. Сложив числа из второго столбца этой таблицы, получим 511,96 би – это и будет время двойного оборота для наихудшего пути.

Таблица 2.3

Время двойного оборота сети рис. 2.3

Компонент пути	Время двойного оборота, би
Пара терминалов с интерфейсами TX	100
Сегмент на витой паре категории 5 (100 м)	111,2
Сегмент на витой паре категории 5 (100 м)	111,2
Сегмент на витой паре категории 5 (5 м)	5,56
Повторитель класса II	92
Повторитель класса II	92

Следует заметить, что в данном случае нет страхового запаса в 4 би, так как в этом примере используются наихудшие значения задержек, приведённые в табл. 2.2. Реальные временные характеристики компонентов Fast Ethernet могут отличаться в лучшую сторону.

2.3. Задание для выполнения

Требуется оценить работоспособность 100-мегабитной сети Fast Ethernet в соответствии с первой и второй моделями.

Конфигурации сети приведены в табл. 2.4. Топология сети представлена на рис. 2.4.

Варианты заданий

Таблица 2.4

No	Сегмент 1	Сегмент 2	Сегмент 3	Сегмент 4	Сегмент 5	Сегмент 6
1.	100BASE-TX, 96 м	100BASE-TX, 92 м	100BASE-TX, 80 м	100BASE-TX, 5 м	100BASE-TX, 97 м	100BASE-TX, 97 м
2.	100BASE-TX, 95 м	100BASE-TX, 85 м	100BASE-TX, 85 м	100BASE-TX, 90 м	100BASE-TX, 90 м	100BASE-TX, 98 м
3.	100BASE-TX, 60 м	100BASE-TX, 95 м	100BASE-TX, 10 м	100BASE-TX, 5 м	100BASE-TX, 90 м	100BASE-TX, 100 м
4.	100BASE-TX, 70 м	100BASE-TX, 65 м	100BASE-TX, 10 м	100BASE-TX, 4 м	100BASE-TX, 90 м	100BASE-TX, 80 м
5.	100BASE-TX, 60 м	100BASE-TX, 95 м	100BASE-TX, 10 м	100BASE-TX, 15 м	100BASE-TX, 90 м	100BASE-TX, 100 м
6.	100BASE-TX, 70 м	100BASE-TX, 98 м	100BASE-TX, 10 м	100BASE-TX, 9 м	100BASE-TX, 70 м	100BASE-TX, 100 м

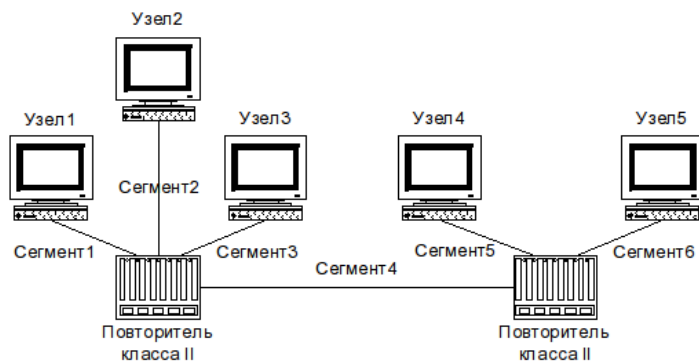


Рис. 2.4. Топология сети