

## **Тема 8. Базовые технологии локальных сетей. Сетевое оборудование. Расчёт корректности конфигурации локальной сети Ethernet и Fast Ethernet**

Стандарты локальных сетей. История появления и характеристика сетей Ethernet. Ограничения и правила построения сетей Ethernet. Подуровни канального уровня модели OSI. Расчет времени обрачиваемости сигнала (PDV) и сокращение межкадрового расстояния. Коэффициент загрузки сегмента сети. Расчёт корректности конфигурации локальной сети Ethernet и Fast Ethernet. Преодоление ограничений топологий на основе произведенных расчетов. Особенности выбора оборудования и комбинации производных топологий для оптимального функционирования сети. Коммутируемые сети Ethernet. Скоростные версии Ethernet. Сетевые технологии локальных сетей: 100VG AnyLan, ArcNet, Token Ring, FDDI. Ограничения и правила построения кольцевых сетей.

### **Технические средства организации ЛВС**

На самом нижнем уровне сетевых коммуникаций находится носитель, по которому передаются данные. В отношении передачи данных термин *media*<sup>1</sup> (носитель, среда передачи данных) может включать в себя как кабельные, так и беспроводные технологии.

#### ***Типы кабелей***

Существует несколько различных видов кабелей, используемых в современных сетях. Различные сетевые ситуации могут потребовать различных типов кабелей.

#### ***Кабель типа «витая пара» – twisted pair***

Представляет собой сетевой носитель, используемый во многих сетевых топологиях, включая Ethernet, ARCNet, IBM Token Ring.

Витая пара бывает двух видов.

##### **1. Неэкранированная витая пара.**

Имеется пять категорий неэкранированной витой пары. Они нумеруются по порядку возрастания качества от CAT1 до CAT5. Кабели более высокой категории обычно содержат больше пар проводников, и эти проводники имеют больше витков на единицу длины.

CAT1 – телефонный кабель, не поддерживает цифровой передачи данных.

CAT2 – представляет собой редко используемый старый тип неэкранированной витой пары. Он поддерживает скорость передачи данных до 4 Мбит/с.

---

<sup>1</sup> **Network medium** (сетевой носитель). Кабель — либо металлический, либо оптоволоконный, который связывает компьютеры в сети. Этот термин также используется для описания частот, используемых в беспроводных сетевых коммуникациях.

CAT3 – минимальный уровень неэкранированной витой пары, требуемый для сегодняшних цифровых сетей, имеет пропускную способность 10 Мбит/с.

CAT4 – промежуточная спецификация кабеля, поддерживающая скорость передачи данных до 16 Мбит/с.

CAT5 – наиболее эффективный тип неэкранированной витой пары, поддерживающий скорость передачи данных до 100 Мбит/с.

Кабели неэкранированной витой пары соединяют сетевую карту каждого компьютера с сетевой панелью или с сетевым концентратором с помощью соединителя RJ-45 для каждой точки соединения.

Примером такой конфигурации является стандарт на сеть Ethernet 10Base-T, который характеризуется кабелем неэкранированная витая пара (от CAT3 до CAT5) и использованием соединителя RJ-45.

Недостатки:

- чувствительность к помехам со стороны внешних электромагнитных источников;
- взаимное наложение сигнала между смежными проводами;
- неэкранированная витая пара уязвима для перехвата сигнала;
- большое затухание сигнала по пути (ограничение до 100 м).

## 2. Экранированная витая пара.

Имеет схожую конструкцию, что и предыдущая, подчиняется тому же 100-метровому ограничению. Обычно содержит в середине четыре или более пары скрученных медных изолированных проводов, а также электрически заземленную плетеную медную сетку или алюминиевую фольгу, создавая экран от внешнего электромагнитного воздействия.

Недостатки:

- кабель менее гибок;
- требует электрического заземления.

### ***Коаксиальный кабель***

Этот тип кабеля состоит из центрального медного проводника, более толстого, чем провода в кабеле типа витая пара. Центральный проводник покрыт слоем пенистого пластикового изолирующего материала, который в свою очередь окружен вторым проводником, обычно плетеной медной сеткой или алюминиевой фольгой. Внешний проводник не используется для передачи данных, а выступает как заземление.

Коаксиальный кабель может передавать данные со скоростью до 10 Мбит/с на максимальное расстояние от 185 м до 500 м.

Двумя основными типами коаксиального кабеля, используемого в локальных сетях, является «Толстый Ethernet» (Thicknet) и «Тонкий Ethernet» (Thinnet).

#### 1. Thinnet.

Также известен как кабель RG-58, является наиболее используемым. Он наиболее гибок из всех типов коаксиальных кабелей, имеет толщину

примерно 6 мм. Он может использоваться для соединения каждого компьютера с другими компьютерами в локальной сети с помощью T-коннектора, British Naval Connector (BNC)-коннектора и 50-Омных заглушек (terminator терминаторов). Используется в основном для сетей типа 10Base-2 Ethernet.

Эта конфигурация поддерживает передачу данных со скоростью до 10 Мбит/с на максимальное расстояние до 185 м между повторителями.

## 2. Thicnet.

Является более толстым и более дорогим коаксиальным кабелем. По конструкции он схож с предыдущим, но менее гибок. Используется как основа для сетей 10Base-5 Ethernet. Этот кабель имеет маркировку RG-8 или RG-11, приблизительно 12 мм в диаметре. Он используется в виде линейной шины. Для подключения к каждой сетевой плате используется специальный внешний трансивер AUI (Attachment unit interface) и «вампир» (ответвление), пронизывающее оболочку кабеля для получения доступа к проводу.

Имеет толстый центральный проводник, который обеспечивает надежную передачу данных на расстояние до 500 м на сегмент кабеля. Часто используется для создания соединительных магистралей. Скорость передачи данных до 10 Мбит/с.

## ***Оптоволоконный кабель***

Обеспечивают превосходную скорость передачи информации на большие расстояния. Они не восприимчивы к электромагнитному шуму и подслушиванию.

Он состоит из центрального стеклянного или пластикового проводника, окруженного другим слоем стеклянного или пластикового покрытия, и внешней защитной оболочки. Данные передаются по кабелю с помощью лазерного или светодиодного передатчика, который посылает однонаправленные световые импульсы через центральное стеклянное волокно. Стеклянное покрытие помогает поддерживать фокусировку света во внутреннем проводнике. На другом конце проводника сигнал принимается фотодиодным приемником, преобразующем световые сигналы в электрический сигнал.

Скорость передачи данных для оптоволоконного кабеля достигает от 100 Мбит/с до 2 Гбит/с. Данные могут быть надежно переданы на расстояние до 2 км без повторителя.

Световые импульсы двигаются только в одном направлении, поэтому необходимо иметь два проводника: входящий и исходящий кабели.

Этот кабель сложен в установке, является самым дорогим типом кабеля.

При планировании сети или расширении существующей сети необходимо четко рассмотреть несколько вопросов, касающихся кабелей: стоимость, расстояние, скорость передачи данных, легкость установки, количество поддерживаемых узлов.

Сравнение типов кабелей по скорости передачи данных, стоимости кабелей, сложности установки, максимального расстояния передачи данных представлено в таблице 1.

Количество узлов на сегмент и узлов в сети при построении сетей с различным использованием кабелей представлено в таблице 2.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика кабелей

Тип	Скорость, Мбит/с	Длина, м	Установка	Цена
10Base-T	10	100	Легкая	Самый дешевый
100Base-T	100	100	Легкая	Дороже
Экранированная витая пара	16-155	100	Средней сложности	Еще дороже
10Base-2	10	185	Средней сложности	Недорогой
10Base-5	10	500	Сложнее, чем пред.	Дороже большинства кабелей
Оптоволокно	100-2000	2000	Самая сложная	Самый дорогой

Таблица 2 – Количество узлов в зависимости от типа сети

Тип сети	Узлов на сегмент	Узлов на сеть
10Base-T	1	1024
10Base-F	3	1024
100Base-T	1	1024
10Base-2 (5 сегментов, только в 3-х могут быть сервера)	30	900 (1024)
10Base-5 (5 сегментов, только в 3-х могут быть сервера)	100	1024

### Сетевые компоненты

Существует множество сетевых устройств, которые можно использовать для создания, сегментирования и усовершенствования сети.

#### *Сетевые карты<sup>2</sup>*

*Сетевой адаптер* (Network Interface Card, *NIC*) - это периферийное устройство компьютера, непосредственно взаимодействующее со средой передачи данных, которая прямо или через другое коммуникационное

<sup>2</sup> **Network Interface Card, NIC** (сетевой адаптер, сетевая карта). Плата адаптера персонального компьютера, которая дает возможность подключить компьютер к какому-либо типу сетевого носителя. Это устройство преобразует цифровую информацию в электрический сигнал для исходящих сетевых сообщений и входящие сигналы в их цифровой эквивалент.

оборудование связывает его с другими компьютерами. Это устройство решает задачи надежного обмена двоичными данными, представленными соответствующими электромагнитными сигналами, по внешним линиям связи. Как и любой контроллер компьютера, сетевой адаптер работает под управлением драйвера операционной системы.

В большинстве современных стандартов для локальных сетей предполагается, что между сетевыми адаптерами взаимодействующих компьютеров устанавливается специальное коммуникационное устройство (концентратор, мост, коммутатор или маршрутизатор), которое берет на себя некоторые функции по управлению потоком данных.

Сетевой адаптер обычно выполняет следующие функции:

- *Оформление передаваемой информации в виде кадра определенного формата.* Кадр включает несколько служебных полей, среди которых имеется адрес компьютера назначения и контрольная сумма кадра.

- *Получение доступа к среде передачи данных.* В локальных сетях в основном применяются разделяемые между группой компьютеров каналы связи (общая шина, кольцо), доступ к которым предоставляется по специальному алгоритму (наиболее часто применяются метод случайного доступа или метод с передачей маркера доступа по кольцу).

- *Кодирование последовательности бит кадра последовательностью электрических сигналов при передаче данных и декодирование при их приеме.* Кодирование должно обеспечить передачу исходной информации по линиям связи с определенной полосой пропускания и определенным уровнем помех таким образом, чтобы принимающая сторона смогла распознать с высокой степенью вероятности посланную информацию.

- *Преобразование информации из параллельной формы в последовательную и обратно.* Эта операция связана с тем, что в вычислительных сетях информация передается в последовательной форме, бит за битом, а не побайтно, как внутри компьютера.

- *Синхронизация битов, байтов и кадров.* Для устойчивого приема передаваемой информации необходимо поддержание постоянного синхронизма приемника и передатчика информации.

Сетевые адаптеры различаются по типу и разрядности используемой в компьютере внутренней шины данных - ISA, EISA, PCI, MCA.

Сетевые адаптеры различаются также по типу принятой в сети сетевой технологии - Ethernet, Token Ring, FDDI и т.п. Как правило, конкретная модель сетевого адаптера работает по определенной сетевой технологии (например, Ethernet).

В связи с тем, что для каждой технологии сейчас имеется возможность использования различных сред передачи, сетевой адаптер может поддерживать как одну, так и одновременно несколько сред. В случае, когда сетевой адаптер поддерживает только одну среду передачи данных, а необходимо использовать другую, применяются трансиверы и конверторы.

*Трансивер* (приемопередатчик, transmitter+receiver) - это часть сетевого адаптера, его оконечное устройство, выходящее на кабель. В вариантах Ethernet'a оказалось удобным выпускать сетевые адаптеры с портом AUI, к которому можно присоединить трансивер для требуемой среды.

Вместо подбора подходящего трансивера можно использовать *конвертор*, который может согласовать выход приемопередатчика, предназначенного для одной среды, с другой средой передачи данных (например, выход на витую пару преобразуется в выход на коаксиальный кабель).

### ***Повторители и усилители***

Как говорилось ранее, сигнал при перемещении по сети, ослабевает. Чтобы предотвратить это ослабление, можно использовать повторители и (или) усилители, которые усиливают сигнал, проходящий через них.

Повторители (repeater) используются в сетях с цифровым сигналом для борьбы с затуханием (ослаблением) сигнала. Когда репитер получает ослабленный сигнал, он очищает этот сигнал, усиливает и посылает следующему сегменту.

Усилители (amplifier), хоть и имеют схожее назначение, используются для увеличения дальности передачи в сетях, использующих аналоговый сигнал. Это называется широкополосной передачей. Носитель делится на несколько каналов, так что разные частоты могут передаваться параллельно.

Обычно сетевая архитектура определяет максимальное количество повторителей, которые могут быть установлены в отдельной сети. Причиной этого является феномен, известный как «задержка распространения». Период, требуемый каждому повторителю для очистки и усиления сигнала, умноженный на число повторителей, может приводить к заметным задержкам передачи данных по сети.

### ***Концентраторы***

Концентратор (HUB) представляет собой сетевое устройство, действующее на физическом уровне сетевой модели OSI, служащее в качестве центральной точки соединения и связующей линии в сетевой конфигурации «звезда».

Существует три основных типа концентраторов:

- пассивные (passive);
- активные (active);
- интеллектуальные (intelligent).

Пассивные концентраторы не требуют электроэнергии и действуют как физическая точка соединения, ничего не добавляя к проходящему сигналу).

Активные требуют энергию, которую используют для восстановления и усиления сигнала.

Интеллектуальные концентраторы могут предоставлять такие сервисы, как переключение пакетов (packet switching) и перенаправление трафика (traffic routing).

## ***Мосты***

Мост (bridge) представляет собой устройство, используемое для соединения сетевых сегментов. Мосты можно рассматривать как усовершенствование повторителей, так как они уменьшают загрузку сети: мосты считывают адрес сетевой карты (MAC address) компьютера-получателя из каждого входящего пакета данных и просматривают специальные таблицы, чтобы определить, что делать с пакетом.

Мост функционирует на канальном уровне сетевой модели OSI.

Мост функционирует как повторитель, он получает данные из любого сегмента, но он более разборчив, чем повторитель. Если получатель находится в том же физическом сегменте, что и мост, то мост знает, что пакет больше не нужен. Если получатель находится в другом сегменте, мост знает, что пакет надо переслать.

Эта обработка позволяет уменьшить загрузку сети, поскольку сегмент не будет получать сообщений, которые к нему не относятся.

Мосты могут соединять сегменты, которые используют разные типы носителей (10BaseT, 10Base2), а также с разными схемами доступа к носителю (Ethernet, Token Ring).

## ***Маршрутизаторы***

Маршрутизатор (router) представляет собой сетевое коммуникационное устройство, работающее на сетевом уровне сетевой модели, и может связывать два и более сетевых сегментов (или подсетей).

Он функционирует подобно мосту, но для фильтрации трафика он использует не адрес сетевой карты компьютера, а информацию о сетевом адресе, передаваемую в относящейся к сетевому уровню части пакета.

После получения этой информации маршрутизатор использует таблицу маршрутизации, чтобы определить, куда направить пакет.

Существует два типа маршрутизирующих устройств: статические и динамические. Первые используют статическую таблицу маршрутизации, которую должен создавать и обновлять сетевой администратор. Вторые – создают и обновляют свои таблицы сами.

Маршрутизаторы могут уменьшить загрузку сети, увеличить пропускную способность, а также повысить надежность доставки данных.

Маршрутизатором может быть как специальное электронное устройство, так и специализированный компьютер, подключенный к нескольким сетевым сегментам с помощью нескольких сетевых карт.

Он может связывать несколько небольших подсетей, использующих различные протоколы, если используемые протоколы поддерживают маршрутизацию. Маршрутизируемые протоколы обладают способностью перенаправлять пакеты данных в другие сетевые сегменты (TCP/IP, IPX/SPX). Не маршрутизируемый протокол – NetBEUI. Он не может работать за пределами своей собственной подсети.

## ***Шлюзы***

Шлюз (gateway) представляет собой метод осуществления связи между двумя и более сетевыми сегментами. Позволяет взаимодействовать несходным системам в сети (Intel и Macintosh).

Другой функцией шлюзов является преобразование протоколов. Шлюз может получить протокол IPX/SPX, направленный клиенту, использующему протокол TCP/IP, на удаленном сегменте. Шлюз преобразует исходный протокол в требуемый протокол получателя.

Шлюз функционирует на транспортном уровне сетевой модели.

## **Сети Ethernet. Расчёт корректности конфигурации локальной сети Ethernet и Fast Ethernet**

*Ethernet* - это самый распространенный на сегодняшний день стандарт локальных сетей, реализуемый на канальном уровне модели OSI. Общее количество работающих по протоколу Ethernet сетей оценивается в 5 миллионов, а количество компьютеров с установленными адаптерами Ethernet – более чем в 50 миллионов. Ethernet – это сетевой стандарт, разработанный фирмой Xerox в 1975 году и принятый комитетом IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Указанный стандарт использует метод разделения среды – метод CSMA/ CD (carrier- sense – multiply- acces with collision detection)- метод коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий. Этот метод используется исключительно в сетях с топологией “общая шина”. Все компьютеры в такой топологии имеют доступ к общей шине, все компьютеры имеют возможность немедленно получить данные, которые любой из компьютеров начал передавать на общую шину. Простота подключения предопределяет успех технологии Ethernet. Базовый стандарт Ethernet предписывает передачу двоичной информации для всех вариантов физической среды со скоростью 10 Мбит/с.

Принцип работы Ethernet следующий.

Чтобы получить возможность передавать кадр компьютер должен убедиться, канал связи (среда) свободен. Это достигается прослушиванием основной гармоника сигнала, которая также называется несущей частотой (carrier- sense, CS). Признаком незанятости канала является отсутствие на ней несущей частоты (5 – 10 МГц). Если среда свободна, то компьютер начинает передавать кадр. Если в это время другой компьютер пробует начать передачу, но обнаруживает, что канал занят, он вынужден ждать, пока первый компьютер не прекратит передачу кадра.

После окончания передачи кадра все компьютеры вынуждены выдержать технологическую паузу в 9,6 мкс. Такая пауза необходима для приведения сетевых адаптеров в исходное состояние. Механизм прослушивания среды не гарантирует от возникновения такой ситуации, когда два или более компьютеров одновременно решают, что среда свободна



и начинают передачу своих кадров. В этом случае возникает *коллизия*, так как оба кадры сталкиваются на общем кабеле и происходит искажение информации. (Рис. 10). Для возникновения коллизии не обязательно, чтобы несколько компьютеров начали передачу абсолютно одновременно, такая ситуация маловероятно. Гораздо вероятней, что коллизия возникает из-за того, что один компьютер начинает передачу кадра раньше другого, но до второго компьютера сигнал первого просто не успевает дойти, когда он решает начать передачу. Другими словами, коллизии- это следствия распределенного характера сети. Чтобы отработать коллизию все компьютеры одновременно наблюдают за сигналами на кабеле.

Если передаваемые и наблюдаемые сигналы отличаются, то фиксируется коллизия. Для увеличения вероятности скорейшего обнаружения коллизии всеми компьютерами сети тот компьютер, который обнаружил коллизию прерывает передачу своего кадра и усиливает коллизию передачей в сеть специальной последовательности (4 байта), называемой jam- последовательностью.

Прекративший передачу компьютер должен сделать паузу в течение короткого случайного интервала времени, а затем снова предпринять попытку захвата канала и передачи кадра. Случайная пауза выбирается следующим образом:

$$\text{Пауза} = L \times (\text{интервал отсрочки}) \quad (1)$$

Интервал отсрочки равен 512 bt - битовым интервалам. В технологии Ethernet битовым интервалом называется интервал времени между появлением двух последовательных бит данных на кабеле. Для скорости канала 10 Мбит/с величина битового интервала равна 0,1 мкс.

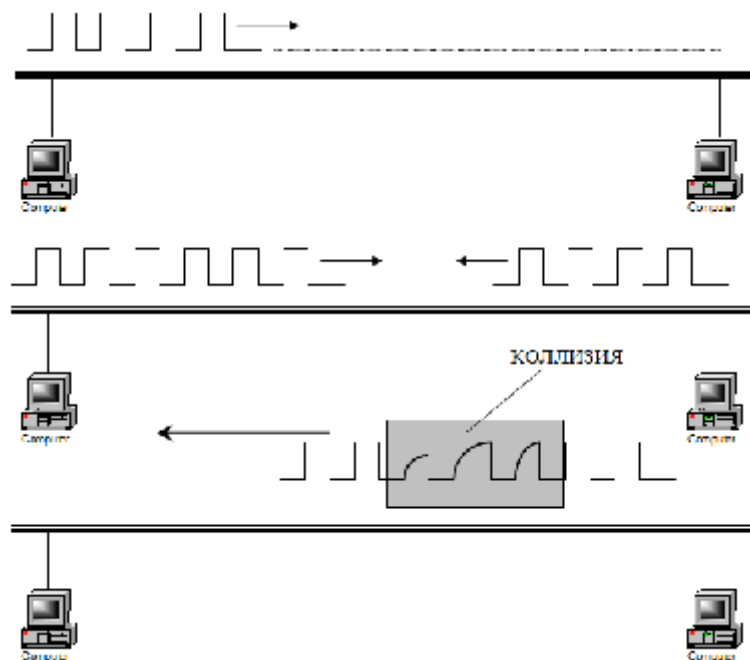


Рисунок 10 – Возникновение коллизии

$L$  – представляет собой целое число, выбранное с равной вероятностью из диапазона  $0, 2^N$ , где  $N$ - номер повторной попытки передачи данного кадра 1,2 ..10. После 10- й попытки интервал остается постоянным. Таким образом случайная пауза может быть от 0 до  $(1024 \times 51,2 = 52428 \text{ мкс} = 52,4 \text{ мс})$ . Если 16 последовательных попыток передачи кадра вызывают коллизию, то передающий компьютер должен прекратить попытки и отбросить кадр. Из вышеописанного видно, что технология передачи Ethernet носит вероятностный характер и вероятность успешного получения в свое распоряжение общего канала зависит от загруженности сети, то есть от интенсивности возникновения компьютеров в передаче кадров.

Для надежного распознавания коллизий должно выполняться соотношение

$$T_{min} \geq PDV \quad (2)$$

где  $T_{min}$  – время передачи кадра минимальной длины ,

$PDV$  – время за которое сигнал коллизии успевает распространиться до самого дальнего компьютера сети. Так как в худшем случае сигнал должен пройти дважды между наиболее удаленными друг от друга компьютерами сети (в одну сторону проходит неискаженный сигнал, а на обратном пути распространяется уже искаженный сигнал), то это время называется временем двойного оборота (Path Delay Value). При выполнении этого условия передающий компьютер должен успевать обнаружить коллизию, которую вызвал переданный им кадр, еще как он закончить передачу этого кадра.

Выполнение условия (2) зависит, с одной стороны, от длины минимального кадра и пропускной способности сети, а с другой стороны, от длины кабельной системы сети и скорости распространения сигнала в кабеле (зависит от типа кабеля).

В стандарте Ethernet минимальная длина кадра вместе со служебной информацией установлена в размере 64 байта (46 байт данные + 18 байт служебная информация). Кроме этого в кадр входит 8 байт преамбулы для синхронизации адаптеров. Общая длина кадра составляет  $8+64 = 72$  байта или  $72 \times 8 = 576$  бит. В стандартном 10 – мегабитном Ethernet время передачи кадра равно  $576 \times 0,1 \text{ мкс} = 57,5 \text{ мкс}$ . Межкадровый интервал устанавливается стандартом в размере 9,6 мкс. В результате получаем, что период следования кадров минимальной длины составляет  $57,5 + 9,6 = 67,1 \text{ мкс}$ . (Рис. 11)

Отсюда максимальная пропускная способность стандарта Ethernet составляет  $1/67,1 \text{ мкс} = 14880 \text{ кадр/с}$ .

Кадр максимальной длины в стандарте Ethernet составляет 1526 байт или 12208 бит. Максимальная пропускная способность Ethernet при работе с кадрами максимальной длины составляет 813 кадр/с.

Под полезной пропускной способностью протокола понимается принимается скорость передачи полезной информации.

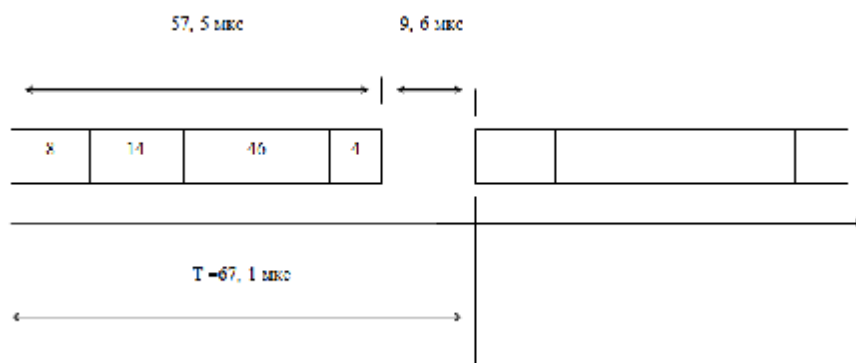


Рисунок 11 – Период следования кадров

Для кадров минимальной длины полезная пропускная способность равна

$$C = 14880 \times 46 \times 8 = 5,48 \text{ Мбит/с} \quad (3)$$

что меньше 10 Мбит/с.

Для кадров максимальной длины полезная пропускная способность:

$$C = 813 \times 1526 \times 8 = 9,93 \text{ Мбит/с} \quad (4)$$

Таким образом передача кадров максимальной длины лучше всего обеспечивает стандарт Ethernet 10 Мбит/с.

Для соединения компьютеров между собой используются следующие стандартные физические линии связи:

- 10 Base-5 – коаксиальный кабель диаметром 2,17 мм, называемый «толстым» коаксиалом
- 10 Base-2 – коаксиальный кабель диаметром 0,89 мм называемый «тонким» коаксиалом
- 10Base-T – неэкранированная витая пара
- 10 Base-F – волоконно – оптический кабель

Расчет волновых сопротивлений кабелей и учет выражения (2) определяет в стандарте Ethernet максимальную длину сегмента (максимально возможное расстояние между компьютерами в сети), а также количество компьютеров в сегменте. *Сегментом* сети называется обособленная (физически или логически) группа компьютеров. В таблице 3 параметры сети Ethernet для основных используемых кабелей.

Таблица 1 - Параметры сети Ethernet для основных используемых кабелей.

	10 Base –5	10Base- 2	10Base – Т	10Base- F
Максимальная длина сегмента, м	500	185	100	2000
Максимальное число компьютеров в сегменте	100	30	1024	1024

В том случае, если сеть состоит из большого числа сегментов, они объединяются между собой с помощью специальных устройств, называемых *концентраторами*. Концентратор имеет несколько входов (портов), к которым подключаются компьютеры или другие концентраторы, и один выход.

### ***Методика расчета конфигурации сети Ethernet***

При конфигурировании сети Ethernet между конечными компьютерами разрешается использовать не более 4 концентраторов, 5 отрезков кабелей и 3-х нагруженных сегментов. *Нагруженным сегментом* называется концентратор с подключенными к нему компьютерами. *Не нагруженным* сегментом называется концентратор только с подключенными к нему другими концентраторами.

Это правило носит название «*правило 5-4-3*».

Важным показателем работоспособности сети является коэффициент загрузки сегмента сети  $S$ :

$$S = \frac{P \cdot m_i}{f} \quad (5)$$

где  $P$  — количество компьютеров в сегменте сети  
 $m_i$  — количество кадров в секунду, отправляемых в сеть  $i$ -м узлом;  
 $f$  — максимально возможная пропускная способность сегмента, равная, как было указано выше 14880 кадр/с.

Имитационное моделирование сети Ethernet и исследование её работы с помощью анализаторов протоколов показали, что при коэффициенте загрузки  $S > 0,5$  начинается быстрый рост числа коллизий и, соответственно, увеличивается время ожидания доступа к сети.

Рекомендуемая величина коэффициента загрузки  $S$  для сети, использующих стандарт Ethernet, должна быть:

$$S \leq 0,3 \quad (6)$$

Экспериментальные данные показали, что каждый из компьютеров передаёт в сеть в среднем от 500 до 1000 кадров в секунду. Таким образом, коэффициент загрузки сегмента равен:

$$S = \frac{P \cdot 1000}{14880} \quad (7)$$

После расчета коэффициент загрузки сети Ethernet рассчитываются значения PDV, удовлетворяющего условию:

$$PDV \leq 575 \quad (8)$$

а также сокращения межкадрового интервала PVV (Path Variability Value):

$$PVV \leq 49 \quad (9)$$

Указанные значения являются экспериментальными и получены для различных физических сред стандарта Ethernet.

Общее значение PDV равно сумме всех значений PDVi на каждом участке, а значение PDVi равно сумме задержек, вносимой i- базой сегмента и задержкой, вносимой кабелем:

$$PDV = \sum PDVi, \text{ где } PDVi = t_i \text{ базы} + t_i \text{ кабеля} \quad (10)$$

В свою очередь

$$t_i \text{ кабеля} = L_i \times b_{ti} \quad (11)$$

Аналогичным образом сокращение межкадрового интервала равно:

$$PVV = \sum PVVi \quad (12)$$

причем в расчет не включается правый сегмент.

В таблице 4 приведены значения затуханий, для расчета PDV вносимые элементами сети в битовых интервалах bt. Интервалы bt приведены в таблице уже умноженные на 2, т.к. высчитывается двойное время оборота сигнала (по определению PDV)

Таблица 4 – значения затуханий, для расчета PDV

Тип сегмента	База левого сегмента, bt	База промежуточного сегмента, bt	База правого сегмента, bt	Задержка среды на 1 м
10Bas e-5	11,8	46,5	169,5	0,0866
10Bas e-2	11,8	46,5	169,5	0,1026
10bas e-T	15,3	42,0	165,0	0,113
10Bas e-F	12,3	33,5	156,5	0,1

В таблице 5 приведены значения затуханий, для расчета PDV

Таблица 5 – Значения затуханий, для расчета PDV

Тип сегмента	Левый сегмент, bt	Промежуточный сегмент, bt
10Base-5	16	11
10Base-2	16	11
10base-T	10,5	8
10Base-F	10,5	8

В таблицах используются понятия *левый сегмент*, *правый сегмент* и *промежуточный сегмент*.

Кроме затуханий, вносимых физическими линиями связи, подключенные к концентраторам, сегменты вносят собственные задержки, называемые *базами*.

#### Пример:

Расчитаем сеть, представленную на рис. 3. Пеедающий компьютер находится в левом сегменте. Сигнал проходит через промежуточные сегменты и доходит до принимающего компьютера, который находится в правом сегменте. Количество компьютеров в каждом сегменте обеспечивает коэффициент загрузки  $S < 0,3$ .

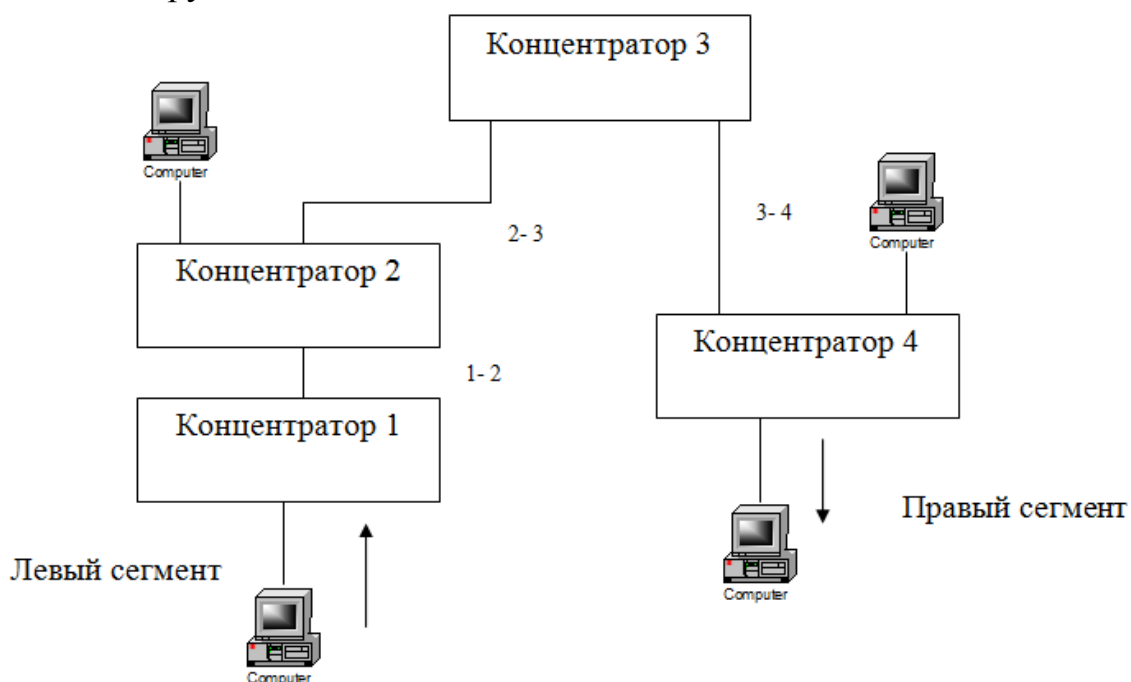


Рисунок 12 – Пример расчета конфигурации сети Ethernet

Пусть физические среды и расстояние между концентраторами следующие

Участок между концентраторами	Физическая среда	Длина, м
Левый сегмент	10Base –T	90
1-2	10 Base –2	130
2-3	10Base-F	1000
3-4	10 Base –5	200
Правый сегмент	10Base –T	100

## Решение

### 1) Проверка выполнения «правила 4-5 -3»

Сеть содержит 4 концентратора, 5 отрезков кабелей и 3 нагруженных сегмента (концентраторы 1,2,4). «Правило 4-5-3» выполняется

#### а) Расчет PDV

- левый сегмент  $PDV1 = 15,3 + 90 \times 0,113 = 25,47$
- промежуточный сегмент 1-2  $PDV2 = 46,5 + 130 \times 0,1026 = 59,84$
- промежуточный сегмент 2-3  $PDV3 = 33,5 + 1000 \times 0,1 = 133,50$
- промежуточный сегмент 3-4  $PDV4 = 46,5 + 200 \times 0,0866 = 63,82$
- правый сегмент  $PDV5 = 165 + 100 \times 0,113 = 176,30$

Таким образом, PDV сети равно:

$$PDV = 25,47 + 59,84 + 133,50 + 63,82 + 176,30 = 458,93 < 575$$

Значение рассчитанного PDV меньше допустимой величины. Это значит, что сеть является работоспособной по критерию времени двойного оборота сигнала.

#### б) расчет PVV

Из таблицы 2 выбираем:

- левый сегмент  $PVV1 = 10,5$
- промежуточный сегмент 1-2  $PVV2 = 11$
- промежуточный сегмент 2-3  $PVV3 = 8$
- промежуточный сегмент 3-4  $PVV4 = 11$

В результате получим значение:

$$PVV = 10,5 + 11 + 8 + 11 = 40,5 < 49$$

Значение рассчитанного PVV меньше допустимой величины. Это значит, что сеть является работоспособной также и по критерию сокращения межкадрового интервала.

Отметим, что в случае не выполнения условий (8) , (9) необходимо менять конфигурацию сети или уменьшать длины соединительных кабелей и их типы.

При использовании в сети вместо концентраторов специальных устройств коммутаторов общие PDV и PVV сети не суммируется по всем участкам (из- за того, что коммутаторы физически разделяют сеть), а условия (8), (9) проверяется по каждому участку.

## **Тема 9. Беспроводные компьютерные сети**

В зарубежной литературе принято обозначать беспроводную сеть, как Wireless Area Network. Для сети с небольшим радиусом действия, например в пределах одного помещения, используют обозначение (Wireless LAN). Это вид вычислительных сетей, который использует для связи и передачи данных между узлами и компонентами высокочастотные радиоволны.

Методы беспроводной передачи данных являются более удобной формой. Беспроводные технологии различаются по типам сигналов, частоте, расстоянию передачи.

Тремя главными типами беспроводной передачи данных являются: радиосвязь, связь в микроволновом диапазоне, инфракрасная связь.

### ***Радиосвязь***

Технологии радиосвязи пересылают данные на радиочастотах и практически не имеет ограничений на дальность. Используется для соединения локальных сетей на больших географических расстояниях.

Недостатки:

- радиопередача имеет высокую стоимость,
- подлежит государственному регулированию,
- крайне чувствительна к электронному или атмосферному влиянию,
- подвержена перехвату, поэтому требует шифрования.

### ***Связь в микроволновом диапазоне***

Поддерживает передачу данных в микроволновом диапазоне, использует высокие частоты и применяется как на коротких расстояниях, так и в глобальной коммуникациях.

Ограничение: передатчик и приемник должны быть в зоне прямой видимости друг друга.

Широко используется в глобальной передаче информации с помощью спутников и наземных спутниковых антенн.

### ***Инфракрасная связь***

Функционирует на высоких частотах, приближающихся к частотам видимого света. Могут быть использованы для установления двусторонней или широкоэмитерной передачи данных на близкие расстояния. Обычно используют светодиоды для передачи инфракрасных волн приемнику.

Эти волны могут быть физически заблокированы и испытывают интерференцию с ярким светом, поэтому передача ограничена малыми расстояниями.

Беспроводные компьютерные сети — это технология, позволяющая создавать вычислительные сети, полностью соответствующие стандартам для обычных проводных сетей (например, Ethernet), без использования



кабельной проводки. В качестве носителя информации в таких сетях выступают радиоволны СВЧ-диапазона.

Существуют два вида беспроводных сетей: ad-hoc и инфраструктурная сеть.

Сеть ad-hoc(читается эд-хок) это наиболее простая беспроводная сеть, которая создается посредством объединения двух или более беспроводных клиентов без наличия точки доступа. Все клиенты внутри сети ad-hoc равноправны и позволяет организовать обмен файлами и информацией между устройствами без затрат и сложностей, связанных с приобретением и настройкой точки доступа.

Инфраструктурная сеть— обладает точкой доступа, управляющей обменом данных в пределах беспроводной соты (зоны покрытия). Точка доступа определяет, какие узлы и в какое время могут устанавливать связь. Такой режим работы сети наиболее популярен. При такой форме организации беспроводных сетей отдельные беспроводные устройства не могут взаимодействовать между собой напрямую. Чтобы эти устройства могли взаимодействовать между собой, им необходимо разрешение от точки доступа. Точка доступа управляет всеми взаимодействиями и обеспечивает равный доступ к сети всем устройствам.

Как было упомянуто, точка доступа имеет ограниченную зону покрытия. Для увеличения зоны покрытия, можно установить несколько точек доступа с общим SSID. В таком случае, следует помнить, что для того, чтобы переход между сотами был возможен без потери сигнала, зоны покрытия соседних точек доступа должны пересекаться между собой примерно на 10%. Это позволяет клиенту подключаться ко второй точке доступа перед тем, как отключиться от первой точки доступа.

Достоинства и недостатки использования беспроводной сети

Достоинства:

- избавление от кабелей (самый большой плюс);
- минимум монтажных работ;
- могут обслуживаться места, где нельзя проложить кабель (например, в зданиях, имеющих историческую ценность);
- избавляет от привязки к конкретному месту;
- легкость переезда всего оборудования;
- позволяет иметь доступ к сети мобильным устройствам.

Недостатки:

- если сеть построена или пролегает через открытое пространство (улицы, дома, Ж/Д пути и пр.) возможны помехи как от других линий связи, так и от плохой погоды (дождь, снегопад), для устранения данных помех придется докупать дополнительное оборудование;

– при незащищенном использовании возможен легкий доступ извне, в радиусе действия сетей Wi-Fi. Для предотвращения этого существует шифрование канала, которое нужно обязательно использовать при создании сети;

– стоимость, чаще всего, получается дороже, чем воздвигнуть проводную сеть.

Большим недостатком есть протоколы кодирования. Например, если вы пользуетесь беспроводным интернетом в общественном месте, вся ваша информация доступна третьей стороне. Все данные, включая даже те, что вы храните у себя на жестком диске ноутбука.

Из-за того, что количество пользователей беспроводного доступа с каждым днем становится больше, увеличивается и нагрузка на каналы, по которым передаются данные. Со временем, если на эту проблему не обратить должного внимания, одни пользователи будут мешать другим.

Кроме маршрутизаторов, перегружать беспроводные сети могут и другие устройства, такие как радиотелефоны, микроволновые печи (создают помехи при передаче данных), а также устройства Bluetooth. Чем больше город, тем больше возможность перегрузки сетей.

Беспроводные маршрутизаторы имеют свой диапазон работы, радиусом от 45 до 90 метров. Диапазон можно расширить, купив антенну.