Лекция 9. Локальные компьютерные сети

Дисциплина: Сетевые технологии
Тема: Локальные компьютерные сети (ЛКС)

Цель лекции: изучить назначение локальных компьютерных сетей, их функциональные области, методы управления доступом к общей среде передачи данных, а также принципы работы технологий Ethernet и Token Ring.

План лекции:

1. Понятие и назначение локальных компьютерных сетей.
2. Сетевые технологии.
3. Функциональные области локальных компьютерных сетей.
4. Арбитраж разделяемой среды передачи данных ЛКС.
5. Технология Ethernet.
6. Технология Token Ring.
7. Сравнение Ethernet и Token Ring.
8. Контрольные вопросы.

1. Понятие и назначение локальных компьютерных сетей

Локальная компьютерная сеть (ЛКС, LAN, Local Area Network) представляет собой сеть, которая объединяет компьютеры и другие устройства в пределах ограниченной территории. Такой территорией может быть кабинет, учебная лаборатория, офис, здание или университетский корпус.

Локальные сети используются для обмена информацией, совместного доступа к ресурсам и организации взаимодействия между пользователями.

Основные задачи локальных компьютерных сетей:

- обмен файлами и сообщениями между компьютерами;
- совместное использование принтеров и других устройств;
- доступ к общим папкам и сетевым хранилищам;
- подключение к серверам и информационным системам;
- доступ к Интернету;
- централизованное управление пользователями и данными;
- обеспечение сетевой безопасности.

Например, в компьютерной лаборатории университета все компьютеры могут быть подключены к одному коммутатору. Преподаватель получает возможность передавать учебные материалы студентам, а пользователи могут обращаться к общим ресурсам сети.

Основные характеристики ЛКС

Характеристика	Описание
Территория	Ограничена помещением, зданием или небольшой площадкой
Скорость передачи	Обычно от 100 Мбит/с до нескольких Гбит/с и выше
Среда передачи	Витая пара, оптоволокно или радиоканал
Управление	Осуществляется с помощью коммутаторов, маршрутизаторов и серверов
Владение	Часто принадлежит одной организации
Задержка	Обычно невелика по сравнению с глобальными сетями

Локальная сеть может быть проводной, беспроводной или комбинированной. В проводных сетях широко применяется Ethernet, а в беспроводных сетях используется технология Wi-Fi.

2. Сетевые технологии

Сетевая технология представляет собой совокупность правил, протоколов, методов передачи данных и технических средств, которые обеспечивают взаимодействие устройств в сети.

Сетевая технология определяет, как устройства подключаются к сети, каким образом передаются кадры и как распределяется доступ к среде передачи данных.

К основным компонентам сетевой технологии относятся:

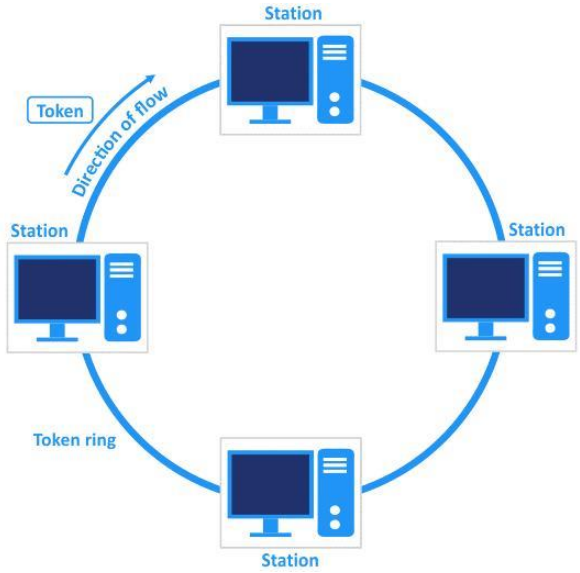
- физическая среда передачи данных;
- правила формирования кадров;
- методы адресации устройств;
- способы управления доступом к каналу;
- механизмы обнаружения ошибок;
- стандарты взаимодействия сетевого оборудования.

2.1. Основные виды сетевых технологий



Ethernet

Наиболее распространённая технология проводных локальных сетей. Она применяется в офисах, учебных заведениях, центрах обработки данных и домашних сетях. В современных сетях обычно используется коммутация кадров с помощью коммутаторов.



Token Ring

Технология локальных сетей, в которой право передачи данных предоставляется устройству при получении специального маркера. Она была распространена в корпоративных сетях прошлых лет.



Wi-Fi

Технология беспроводной локальной сети. Передача данных выполняется по радиоканалу в соответствии со стандартами IEEE 802.11.

2.2. Стандартизация сетевых технологий

Большую роль в развитии локальных сетей играет организация IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Она разрабатывает стандарты, которые определяют правила взаимодействия сетевых устройств.

Наиболее важные стандарты семейства IEEE 802:

Стандарт	Назначение
IEEE 802.1	Архитектура сетей, мосты, VLAN и управление сетью
IEEE 802.3	Ethernet
IEEE 802.5	Token Ring, исторический стандарт
IEEE 802.11	Беспроводные локальные сети Wi-Fi

Стандартизация позволяет использовать оборудование разных производителей в одной сети при условии совместимости реализованных стандартов.

3. Функциональные области локальных компьютерных сетей

Функциональные области ЛКС отражают основные задачи, которые выполняются при передаче данных и организации взаимодействия между устройствами.

Для изучения локальных сетей удобно выделить следующие области.

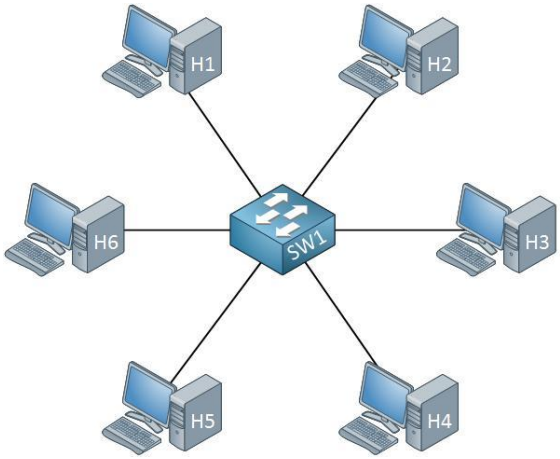
3.1. Физическая организация сети

Физическая область определяет способы подключения устройств и характеристики среды передачи.

К ней относятся:

- сетевые адаптеры;
- кабели и разъёмы;
- коммутаторы и повторители;
- точки доступа;
- топология сети;
- скорость передачи сигналов.

Основные топологии локальных сетей:



Топология «звезда»

Все устройства подключены к центральному коммутатору.



Топология «кольцо»

Каждое устройство связано с соседними устройствами по кольцевой структуре.

В современных сетях Ethernet обычно применяется физическая топология «звезда». В Token Ring логическая передача данных организована по кольцу, хотя физическое подключение оборудования могло иметь форму звезды через специальный концентратор.

3.2. Передача данных

Эта область отвечает за передачу информации между сетевыми устройствами.

Для передачи данные делятся на блоки, которые на канальном уровне обычно называются кадрами. Кадр содержит служебные поля и полезные данные.

Основные задачи:

- формирование кадров;

- добавление адресов отправителя и получателя;
- передача кадров через среду;
- обнаружение ошибок;
- обработка полученных кадров.

В Ethernet для обнаружения ошибок используется контрольная последовательность кадра FCS, которая основана на циклическом избыточном коде CRC.

3.3. Управление доступом к среде передачи

В общей среде несколько устройств могут претендовать на передачу данных. Поэтому необходимы правила, которые определяют, какое устройство получит право на передачу.

Эти правила относятся к подуровню MAC (Media Access Control) канального уровня модели OSI.

Основные методы доступа:

- случайный доступ с обнаружением коллизий;
- доступ по маркеру;
- управление доступом через центральное устройство;
- выделение отдельных каналов или временных интервалов.

Ethernet в классическом общем сегменте использовал CSMA/CD. Token Ring использовал передачу специального маркера.

3.4. Адресация и коммутация

Каждый сетевой интерфейс Ethernet имеет MAC-адрес. Он применяется для передачи кадров внутри локального сегмента.

Коммутатор изучает MAC-адреса источников кадров и формирует таблицу, которая связывает адреса устройств с портами.

При получении кадра коммутатор:

1. Изучает MAC-адрес источника.
2. Обновляет таблицу адресов.
3. Проверяет MAC-адрес назначения.
4. Передаёт кадр через соответствующий порт, если адрес назначения известен.
5. Если адрес неизвестен, передаёт кадр через другие подходящие порты в пределах соответствующей VLAN.

Такая обработка сокращает ненужную передачу кадров и повышает эффективность работы сети.

3.5. Управление и безопасность

В этой области решаются задачи контроля работы сети и защиты информации.

К основным средствам относятся:

- настройка сетевого оборудования;
- мониторинг соединений;
- управление доступом пользователей;
- сегментация сети с помощью VLAN;
- применение межсетевых экранов;
- резервное копирование конфигураций;
- контроль сетевых событий.

В результате сеть становится удобнее для администрирования и защищённее от несанкционированного доступа.

4. Арбитраж разделяемой среды передачи данных ЛКС

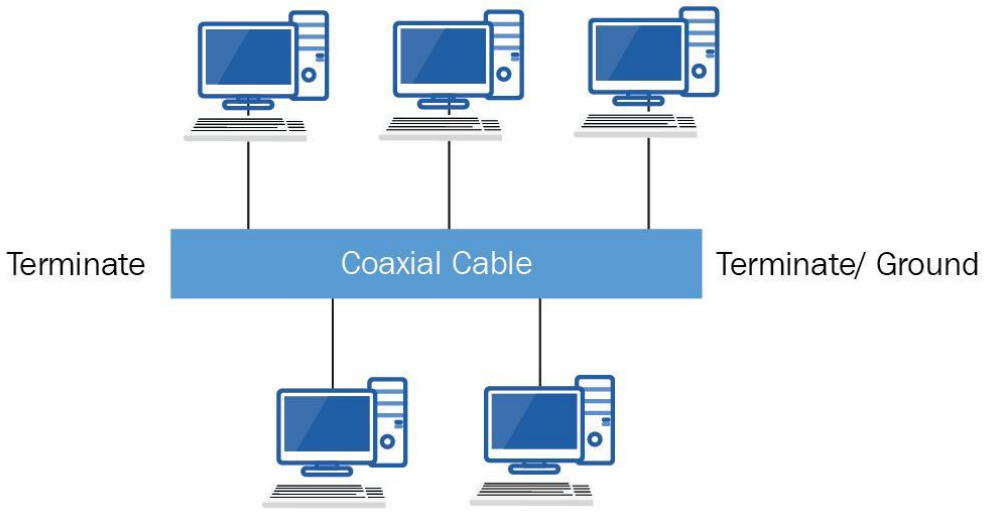
Арбитраж доступа представляет собой процесс определения устройства, которому разрешено передавать данные через общую среду.

Проблема возникает тогда, когда несколько устройств используют один канал связи. Если они начинают передачу одновременно, сигналы могут столкнуться или возникнет конфликт за доступ к среде.

Метод арбитража должен определять порядок передачи и, по возможности, уменьшать вероятность потери данных.

4.1. Разделяемая среда

Разделяемая среда используется несколькими устройствами. Например, в классическом сегменте Ethernet несколько компьютеров могли быть подключены к одному коаксиальному кабелю или общему концентратору.



Если два компьютера начинают передавать данные в один момент, возникает коллизия. Переданные кадры могут быть повреждены, поэтому требуется повторная передача.

В современных коммутируемых сетях Ethernet каждое устройство обычно подключено к отдельному порту коммутатора. При работе в полнодуплексном режиме коллизии отсутствуют, и механизм CSMA/CD не используется.

4.2. Метод CSMA/CD

CSMA/CD расшифровывается как Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, то есть множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий.

Этот метод применялся в классическом полудуплексном Ethernet.

Принцип работы:

1. Устройство проверяет, свободна ли среда.
2. Если среда свободна, устройство начинает передачу.
3. Если среда занята, устройство ожидает её освобождения.
4. Во время передачи устройство контролирует наличие коллизии.
5. При обнаружении коллизии передача прекращается.
6. Устройства выполняют случайную задержку и повторяют попытку.

Для выбора задержки используется алгоритм двоичного экспоненциального отката.

После повторных коллизий диапазон возможной задержки увеличивается. Благодаря этому уменьшается вероятность того, что устройства снова начнут передачу одновременно.

Преимущество CSMA/CD: простота реализации и эффективная работа при небольшой нагрузке на общую среду.

Недостаток: при высокой нагрузке количество коллизий увеличивается, что снижает полезную пропускную способность.

4.3. Метод CSMA/CA

CSMA/CA означает множественный доступ с предотвращением коллизий.

Этот метод применяется в беспроводных сетях Wi-Fi. Радиоканал сложнее контролировать во время передачи, чем проводную среду классического Ethernet.

Устройство проверяет состояние канала, ожидает необходимый интервал и выбирает случайную задержку перед передачей. Механизмы подтверждения получения кадров помогают обнаруживать неудачные передачи.

CSMA/CA не исключает все коллизии, но позволяет уменьшить их вероятность.

4.4. Маркерный метод доступа

Маркерный метод применяется в технологии Token Ring.

Маркер представляет собой специальный короткий служебный кадр, который передаёт право на передачу данных одному устройству.

Порядок работы:

1. Маркер перемещается по логическому кольцу.
2. Устройство, которому необходимо передать данные, ожидает маркер.

3. После получения маркера устройство получает право на передачу.
4. Устройство передаёт данные в соответствии с правилами технологии.
5. После завершения передачи право доступа передаётся дальше по кольцу.

В обычном режиме передачи только одно устройство владеет маркером, поэтому конкуренция за среду регулируется заранее.

Преимуществом метода является предсказуемый порядок доступа. Однако поддержание кольца и обработка неисправностей требуют дополнительных механизмов.

4.5. Сравнение методов доступа

Характеристика	CSMA/CD	CSMA/CA	Маркерный метод
Основная технология	Классический Ethernet	Wi-Fi	Token Ring
Принцип	Обнаружение коллизий	Снижение вероятности коллизий	Передача права доступа
Коллизии	Возможны	Возможны	Обычно предотвращаются организацией доступа
Ожидание передачи	При занятой среде и после коллизий	Ожидание и случайная задержка	Ожидание маркера
Современное применение	Исторические полудуплексные сегменты	Беспроводные сети	Преимущественно историческое

5. Технология Ethernet

Ethernet представляет собой семейство технологий локальных сетей, которое стандартизовано в рамках IEEE 802.3. Сегодня Ethernet широко используется для проводного подключения компьютеров, серверов, коммутаторов, маршрутизаторов и других устройств.

Ethernet поддерживает различные скорости передачи, типы кабелей и способы физического подключения.

5.1. Основные принципы Ethernet

К основным особенностям Ethernet относятся:

- передача информации в виде кадров;
- использование MAC-адресов;
- поддержка различных физических сред;
- взаимодействие оборудования разных производителей;
- работа через коммутаторы;
- возможность полнодуплексной передачи.

В классическом Ethernet с общей разделяемой средой применялся метод CSMA/CD. В современных коммутируемых сетях Ethernet устройства обычно работают в

полнодуплексном режиме, поэтому одновременная передача и приём данных не вызывают коллизий.

5.2. Формат кадра Ethernet

Структура кадра Ethernet II

MAC назначения 6 байт	**MAC источника** 6 байт	**Тип** 2 байта
Данные и дополнение при необходимости 46–1500 байт для обычного Ethernet без VLAN		**FCS** 4 байта

Преамбула и SFD передаются перед кадром, но не входят в его стандартный размер. При использовании VLAN или специальных вариантов Ethernet размер и состав полей могут отличаться.

Назначение основных полей:

- MAC назначения определяет устройство, которому адресован кадр.
- MAC источника указывает сетевой интерфейс отправителя.
- Тип определяет протокол верхнего уровня, например IPv4 или IPv6.
- Данные содержат передаваемую информацию.
- FCS используется для обнаружения ошибок передачи.

Для стандартного Ethernet минимальный размер кадра составляет 64 байта, а максимальный обычно составляет 1518 байт без учёта преамбулы и SFD. При наличии VLAN-тега стандартный кадр может быть больше.

5.3. MAC-адресация

MAC-адрес представляет собой адрес сетевого интерфейса канального уровня. Стандартный MAC-адрес имеет длину 48 бит и обычно записывается в шестнадцатеричном виде.

Пример:

```
00:1A:2B:3C:4D:5E
```

MAC-адрес используется коммутатором для определения порта, через который следует передать кадр.

Следует различать MAC-адрес и IP-адрес. MAC-адрес применяется для доставки кадра в пределах канального сегмента, а IP-адрес используется для логической адресации и маршрутизации между сетями.

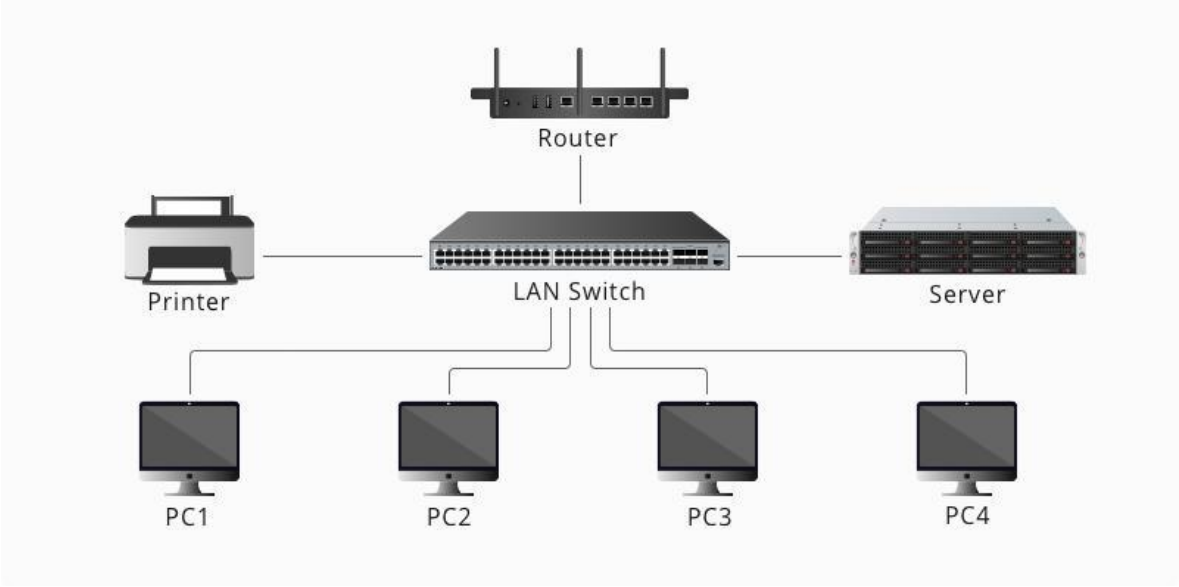
5.4. Основные разновидности Ethernet

Технология	Скорость	Типичная среда
Ethernet	10 Мбит/с	Коаксиальный кабель или витая пара в зависимости от варианта
Fast Ethernet	100 Мбит/с	Витая пара или оптоволокно
Gigabit Ethernet	1 Гбит/с	Витая пара или оптоволокно
10 Gigabit Ethernet	10 Гбит/с	Витая пара или оптоволокно
40/100 Gigabit Ethernet и выше	40 Гбит/с и выше	Преимущественно оптоволоконные линии и другие специализированные среды

Конкретная скорость зависит от стандарта, оборудования, типа кабеля и длины линии.

5.5. Коммутируемый Ethernet

В современных локальных сетях применяется коммутируемая архитектура. Компьютеры подключаются к отдельным портам коммутатора.



Коммутатор анализирует MAC-адрес назначения и направляет кадр на соответствующий порт. Если адрес назначения неизвестен, кадр передаётся через остальные подходящие порты той же VLAN, кроме входного порта.

Основные преимущества коммутируемого Ethernet:

- высокая пропускная способность;
- отсутствие коллизий на обычных полнодуплексных соединениях;
- простое расширение сети;
- поддержка виртуальных локальных сетей VLAN;
- широкая совместимость оборудования;
- относительно низкая стоимость эксплуатации.

Ethernet является основой большинства современных проводных локальных сетей.

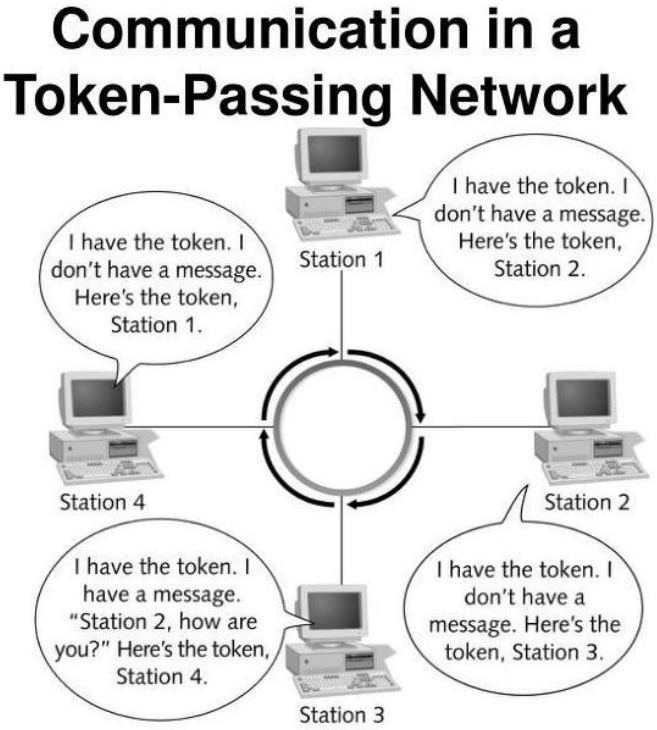
6. Технология Token Ring

Token Ring представляет собой технологию локальных сетей, которая была стандартизована в IEEE 802.5 и получила распространение в корпоративных сетях, в том числе в оборудовании IBM.

Её главная особенность заключается в использовании маркерного метода доступа к среде передачи данных.

6.1. Принцип работы Token Ring

В логическом кольце сетевые устройства расположены в определённом порядке. По кольцу перемещается специальный служебный кадр, который называется маркером.



Работа технологии включает следующие этапы:

1. Свободный маркер передаётся от одного устройства к следующему.
2. Устройство, которому необходимо отправить данные, захватывает маркер.
3. Устройство передаёт кадр в кольцо.
4. Кадр проходит через промежуточные устройства.
5. Получатель распознаёт свой адрес и копирует данные.
6. Кадр возвращается к отправителю, где обрабатывается в соответствии с правилами протокола.
7. Маркер снова становится доступным для следующей передачи.

Порядок работы обеспечивает организованный доступ к среде.

6.2. Физическая и логическая топология

В Token Ring необходимо различать физическую и логическую топологии.

- Логическая топология: кольцо, по которому передаётся маркер и проходят кадры.
- Физическая топология: могла иметь форму звезды, если устройства подключались к центральному блоку MAU (Multistation Access Unit).

Поэтому внешнее расположение кабелей в виде звезды не означает, что логическая работа сети также организована по принципу звезды.

6.3. Скорость передачи

В классических сетях Token Ring применялись скорости:

- 4 Мбит/с;
- 16 Мбит/с.

Позднее были разработаны более быстрые варианты, но широкого распространения они не получили.

По сравнению с современными версиями Ethernet эти скорости невелики. Поэтому Token Ring практически утратил своё значение в новых локальных сетях.

6.4. Преимущества и недостатки Token Ring

Преимущества:

- упорядоченный доступ к среде;
- отсутствие обычной конкуренции между устройствами за свободный маркер;
- возможность предсказуемого распределения доступа при заданных условиях;
- пригодность для сетей, где важен контроль порядка передачи.

Недостатки:

- более сложная организация кольца;
- дополнительные требования к контролю и восстановлению работоспособности;
- ограниченный выбор современного оборудования;
- меньшая распространённость;
- низкие скорости классических вариантов по сравнению с современным Ethernet.

В настоящее время Token Ring представляет преимущественно исторический и учебный интерес.

7. Сравнение Ethernet и Token Ring

Ethernet и Token Ring решали одну основную задачу: передачу данных между устройствами локальной сети. Однако методы доступа к среде и принципы организации передачи различались.

Критерий	Ethernet	Token Ring
Стандарт	IEEE 802.3	IEEE 802.5
Метод доступа	В классических общих сегментах CSMA/CD; в современных	Передача маркера

	коммутируемых сетях обычно полнодуплексный режим	
Топология	В современных сетях обычно физическая звезда	Логическое кольцо, возможна физическая звезда
Классические скорости	10 Мбит/с и выше в зависимости от стандарта	Обычно 4 и 16 Мбит/с
Коллизии	Возможны в классическом полудуплексном Ethernet; отсутствуют на обычных полнодуплексных соединениях	Доступ организован через маркер
Оборудование	Широко доступно	Преимущественно устаревшее
Современное применение	Массовое применение	Практически не используется в новых сетях

Главная причина широкого распространения Ethernet заключается в сочетании высокой скорости, доступности оборудования, совместимости и простоты построения сетей.

Маркерный метод Token Ring позволял организовать упорядоченный доступ, однако преимущества такого подхода перестали быть решающими после распространения коммутируемого полнодуплексного Ethernet.

8. Практический пример построения локальной сети

Рассмотрим компьютерную лабораторию, в которой находятся 20 компьютеров, сервер и сетевой принтер.

Для организации сети можно использовать следующую схему:



Интернет



Маршрутизатор



Коммутатор Ethernet

24 или более портов с учётом резерва

20 компьютеров	Сервер	Принтер

В такой сети каждый компьютер подключается к отдельному порту коммутатора с помощью витой пары.

При передаче файла с одного компьютера на другой кадры Ethernet направляются коммутатором к нужному порту. Если компьютер обращается к серверу из другой IP-сети, передача осуществляется через маршрутизатор.

Для повышения безопасности сеть можно разделить на VLAN. Например, компьютеры студентов, серверы и административные устройства могут находиться в отдельных виртуальных сетях.

Этот пример показывает, как современные локальные сети объединяют технологии Ethernet, коммутацию кадров, IP-адресацию и маршрутизацию.

9. Контрольные вопросы

1. Что такое локальная компьютерная сеть?
2. Какие задачи выполняют сетевые технологии?
3. Что такое арбитраж доступа к среде?
4. Как работает CSMA/CD?
5. Почему CSMA/CD не применяется в обычном полнодуплексном Ethernet?
6. Как работает маркерный метод Token Ring?
7. Для чего нужен MAC-адрес?
8. Какую роль выполняет коммутатор Ethernet?
9. Чем отличаются Ethernet и Token Ring?
10. Почему Ethernet широко используется в современных сетях?

10. Заключение

В ходе лекции были рассмотрены назначение локальных компьютерных сетей, основные сетевые технологии и функциональные области ЛКС. Особое внимание было уделено управлению доступом к разделяемой среде передачи данных.

Мы изучили два подхода к организации доступа. В классическом Ethernet применялся метод CSMA/CD, а в Token Ring использовалась передача маркера. В современных коммутируемых сетях Ethernet обычно применяется полнодуплексный режим, при котором коллизии отсутствуют.

Таким образом, Ethernet стал основной технологией проводных локальных сетей благодаря высокой скорости, доступности оборудования и возможности построения сетей различного масштаба. Token Ring сохраняет значение для изучения истории и принципов организации сетевого доступа.