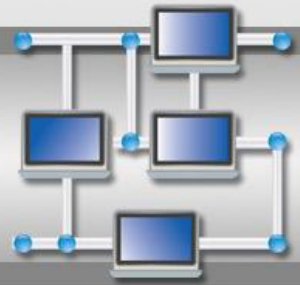


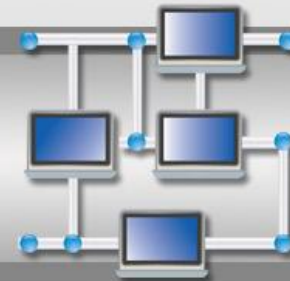
## Тема 9-1. Базовые технологии локальной сети

Гончаров Сергей Леонидович  
Старший преподаватель

# Определение типа сети

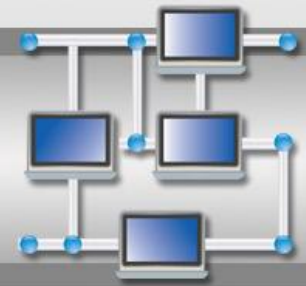


- Иногда различия между локальными и глобальными сетями являются размытыми, бывает трудно определить, где заканчивается одна сеть и начинается другая.
- Однако тип сети чаще всего можно определить по результатам анализа следующих четырех сетевых характеристик:
  - коммуникационная среда;
  - протокол;
  - топология;
  - тип использования сети (частная или общедоступная).



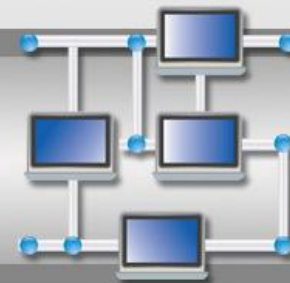
# ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В ЦЕЛОМ

# Протяженность, качество и способ прокладки линий связи



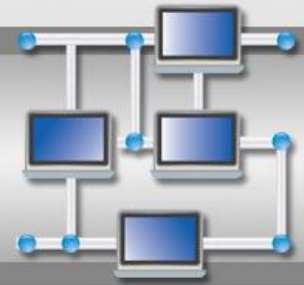
- Класс локальных вычислительных сетей по определению отличается от класса глобальных сетей небольшим расстоянием между узлами сети.
- Это в принципе делает возможным использование в локальных сетях качественных линий связи: коаксиального кабеля, витой пары, оптоволоконного кабеля, которые не всегда доступны (из-за экономических ограничений) на больших расстояниях, свойственных глобальным сетям.
- В глобальных сетях часто применяются уже существующие линии связи (телеграфные или телефонные), а в локальных сетях они прокладываются заново.

# Сложность методов передачи и оборудования



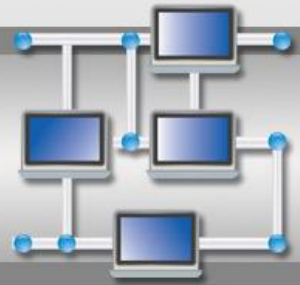
- В условиях низкой надежности физических каналов в глобальных сетях требуются более сложные, чем в локальных сетях, методы передачи данных и соответствующее оборудование.
- Так, в глобальных сетях широко применяются модуляция, асинхронные методы, сложные методы контрольного суммирования, квитирование и повторные передачи искаженных кадров.
- С другой стороны, качественные линии связи в локальных сетях позволили упростить процедуры передачи данных за счет применения немодулированных сигналов и отказа от обязательного подтверждения получения пакета.

# Скорость обмена данными



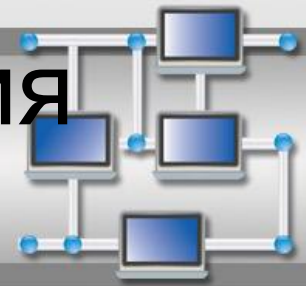
- Одним из главных отличий локальных сетей от глобальных является наличие высокоскоростных каналов обмена данными между компьютерами, скорость которых (10, 16 и 100 Мбит/с) сравнима со скоростями работы устройств и узлов компьютера - дисков, внутренних шин обмена данными и т. п.
- За счет этого у пользователя локальной сети, подключенного к удаленному разделяемому ресурсу (например, диску сервера), складывается впечатление, что он пользуется этим диском, как «своим».
- Для глобальных сетей типичны гораздо более низкие скорости передачи данных - 2400, 9600, 28800, 33600 бит/с, 56 и 64 Кбит/с и только на магистральных каналах - до 2 Мбит/с.

# Разнообразие услуг



- Локальные сети предоставляют, как правило, широкий набор услуг - это различные виды услуг файловой службы, услуги печати, услуги службы передачи факсимильных сообщений, услуги баз данных, электронная почта и другие, в то время как глобальные сети в основном предоставляют почтовые услуги и иногда файловые услуги с ограниченными возможностями - передачу файлов из публичных архивов удаленных серверов без предварительного просмотра их содержания.

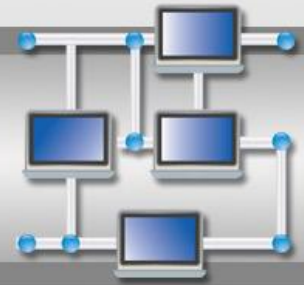
# Оперативность выполнения запросов



- Время прохождения пакета через локальную сеть обычно составляет несколько миллисекунд, время же его передачи через глобальную сеть может достигать нескольких секунд.
- Низкая скорость передачи данных в глобальных сетях затрудняет реализацию служб для режима on-line, который является обычным для локальных сетей.

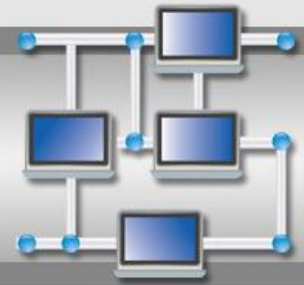


# Разделение каналов



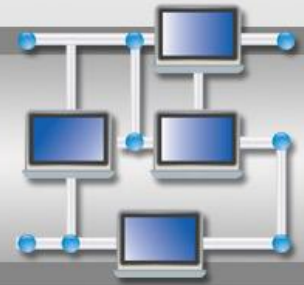
- В локальных сетях каналы связи используются, как правило, совместно сразу несколькими узлами сети, а в глобальных сетях - индивидуально.

# Использование метода коммутации пакетов

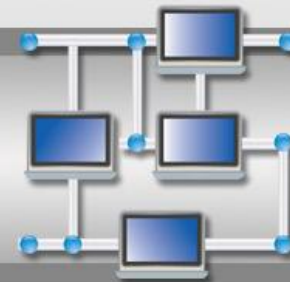


- Важной особенностью локальных сетей является неравномерное распределение нагрузки.
- Отношение пиковой нагрузки к средней может составлять 100:1 и даже выше.
- Такой трафик обычно называют *пульсирующим*.
- Из-за этой особенности трафика в локальных сетях для связи узлов применяется метод коммутации пакетов, который для пульсирующего трафика оказывается гораздо более эффективным, чем традиционный для глобальных сетей метод коммутации каналов.
- Эффективность метода коммутации пакетов состоит в том, что сеть в целом передает в единицу времени больше данных своих абонентов.
- В глобальных сетях метод коммутации пакетов также используется, но наряду с ним часто применяется и метод коммутации каналов, а также некоммутируемые каналы - как унаследованные технологии некомпьютерных сетей.

# Масштабируемость

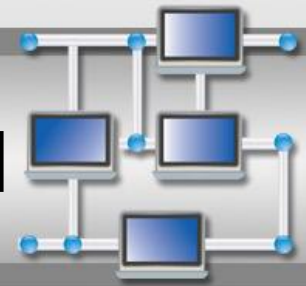


- «Классические» локальные сети обладают плохой масштабируемостью из-за жесткости базовых топологий, определяющих способ подключения станций и длину линии.
- При использовании многих базовых топологий характеристики сети резко ухудшаются при достижении определенного предела по количеству узлов или протяженности линий связи.
- Глобальным же сетям присуща хорошая масштабируемость, так как они изначально разрабатывались в расчете на работу с произвольными топологиями.



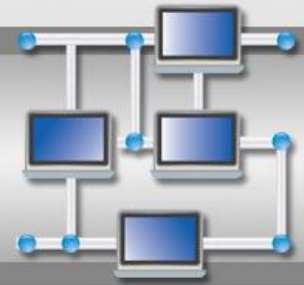
# МЕТОДЫ ДОСТУПА К СЕТИ

# Методы доступа к сети



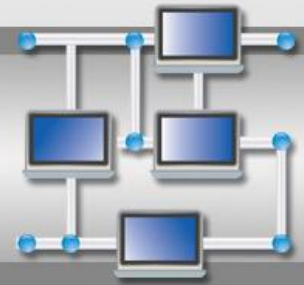
- Метод доступа к сети определяет алгоритм, согласно которому узлы сети получают доступ к среде передачи данных и осуществляют передачу (включая мультиплексирование / демультиплексирование данных)
- Мы рассмотрим следующие методы
  - ALOHA
  - CSMA/CD
  - CSMA/CA
  - CDMA
  - Маркерный доступ

# Методы доступа к сети ALOHA



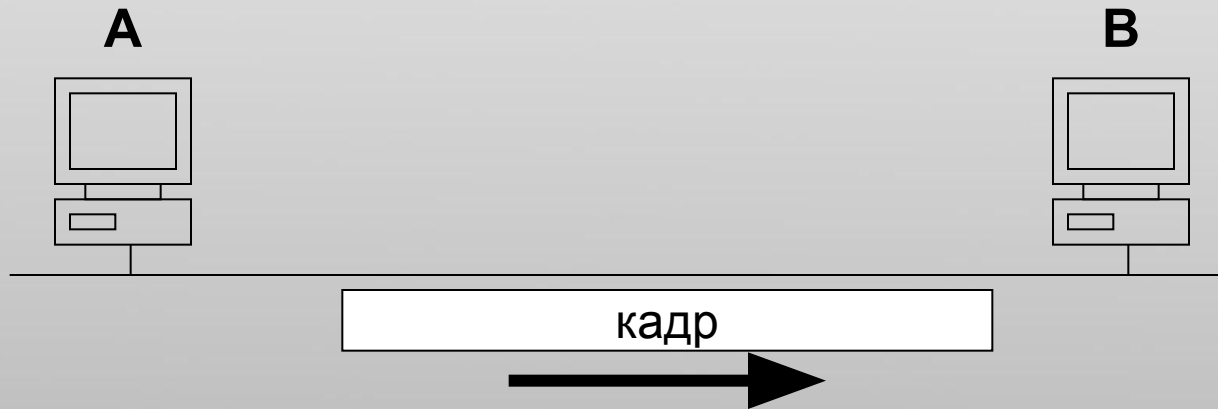
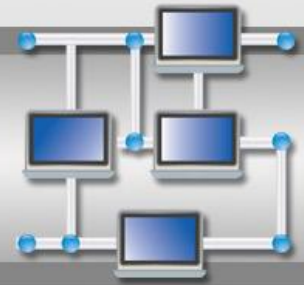
- Алгоритм ALOHA использовался для доступа к радиоканалу большого числа независимых узлов
  - Отправитель может выполнять передачу в любой момент
    - Возможно возникновение **коллизий** – ситуаций, когда несколько узлов передают одновременно. В случае коллизии сигнал будет разрушен.
  - Получатель должен подтвердить получение данных и сообщить, были ли они искажены в процессе передачи
  - Если данные были искажены, все узлы, одновременно выполнявшие передачу, делают паузу и выполняют повторную попытку
  - Размер паузы выбирается случайно

# CSMA/CD



- Carrier Sensitive Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)
  - Отправитель может начать передачу в любой момент, когда он не принимает из среды передачи сигнал от другого узла
  - Если по среде передается кадр, по окончании его передачи выдерживается некоторая пауза (межкадровый интервал)
  - В случае возникновения коллизии, все участвовавшие в ней узлы делают паузу, после чего повторяют попытку передачи
- Принципиальное отличие от алгоритма ALOHA (с точки зрения коллизий) заключается в том, что в ALOHA коллизии определяются на входе получателя, а в CSMA/CD – на выходе источника

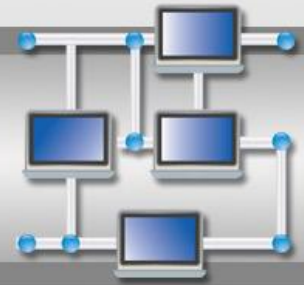
# CSMA/CD



- С одной стороны, эффективность алгоритма CSMA/CD зависит от того, насколько быстро передающий узел определяет возникновение коллизии и прекращает передачу
- С другой стороны, для четкого определения коллизии требуется, чтобы время передачи кадра минимального размера было больше удвоенного времени передачи сигнала между максимально удаленными узлами сети
  - Например, если узел A уже отправил весь кадр, но начало кадра еще не достигло узла B (как на рисунке), то узел B может начать передачу, в этом случае возникнет коллизия, но узел A не сможет определить что он является участником коллизии
  - Для обнаружения необходимо, чтобы в момент, когда сигнал, передаваемый узлом B, достигнет узла A, узел A еще не закончил передачу своего кадра

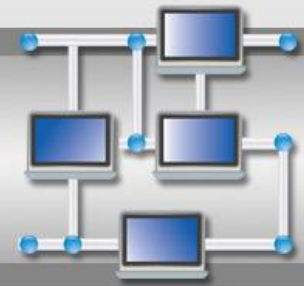


# CSMA/CD



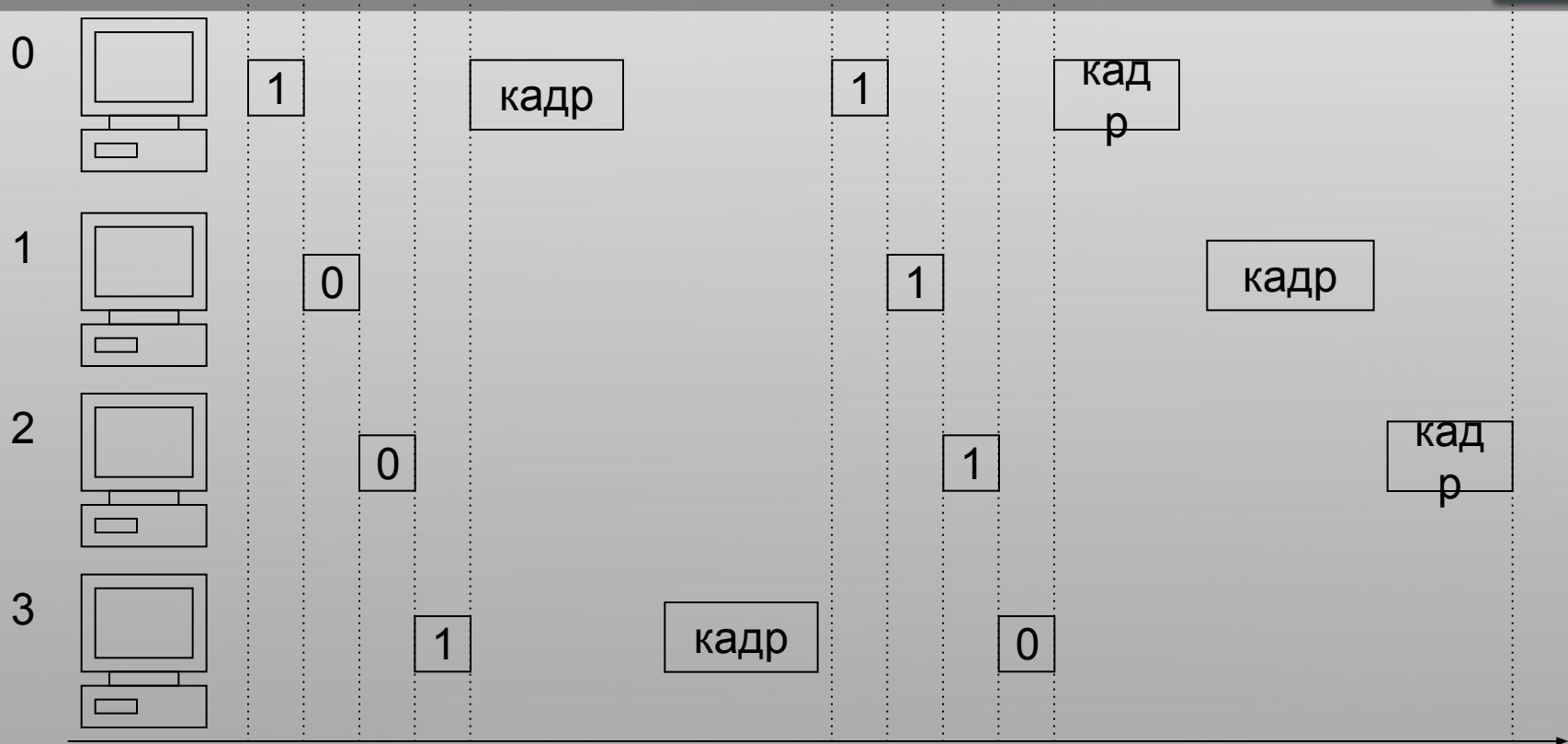
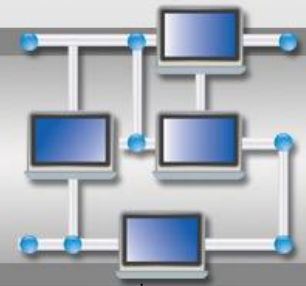
- Существует еще одна разновидность метода CSMA/CD
  - Если узел желает выполнить передачу, и в этот момент по сети передается сигнал, то узел считает, что коллизия уже произошла и делает паузу случайной длительности
  - Данный алгоритм повышает эффективность (% использования пропускной способности), но существенно увеличивает среднее время доступа к среде передачи
- Все разновидности CSMA/CD являются случайными методами доступа к сети

# CSMA/CA



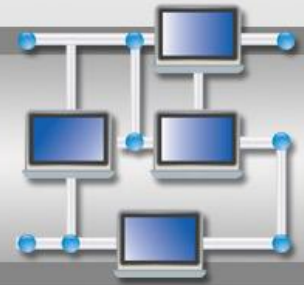
- Carrier Sensitive Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)
  - Предположим, к среде передачи подключено  $N$  узлов
  - Каждому узлу выделяется свой номер от 0 до  $N-1$
  - После передачи каждого кадра делается пауза, в которой определяются  $N$  временных интервалов
  - Если узел готов к передаче, в свой временной интервал он передает 1 (сообщая о своей готовности всем узлам)
  - По завершении паузы известны все узлы, готовые к передаче, и они передают по одному кадру в порядке возрастания своих номеров
- Данный метод является детерминированным

# CSMA/CA



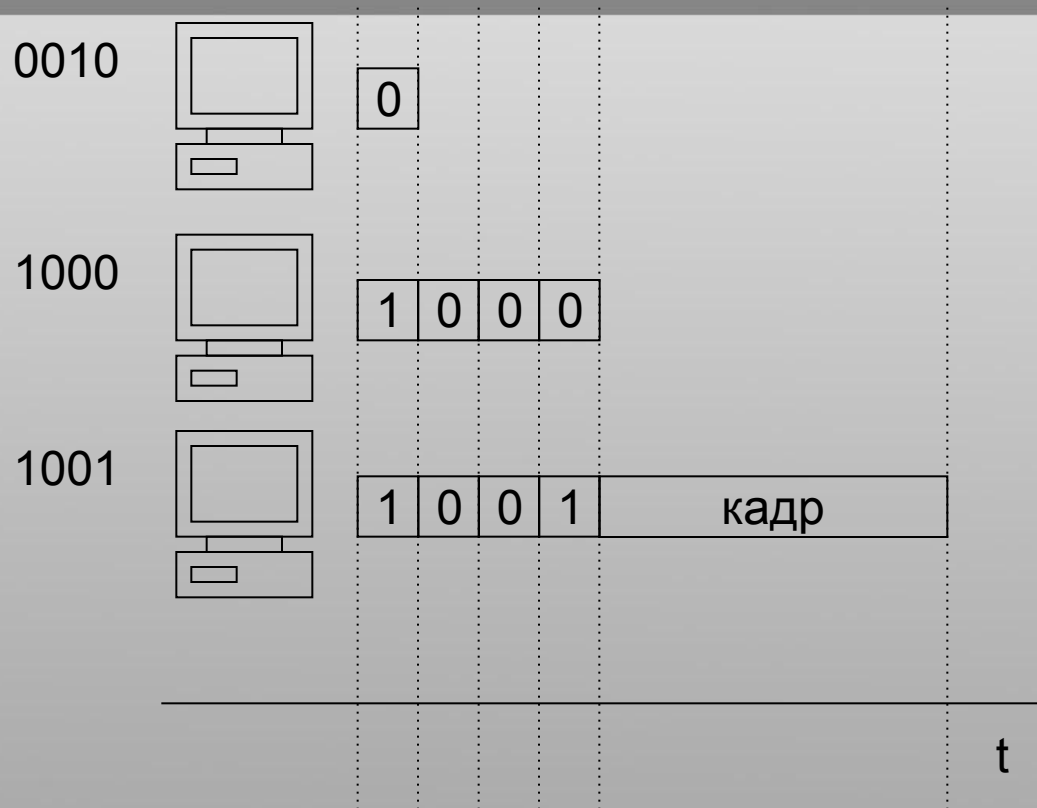
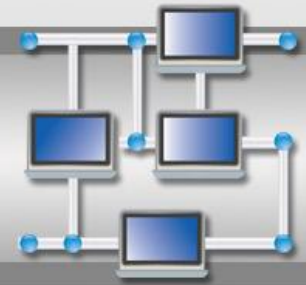
В первом цикле передают станции 0 и 3, во втором – 0,1 и 2

# CSMA/CA



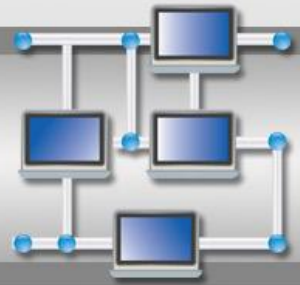
- Другой вариант CSMA/CA
  - Предположим, к среде передачи подключено  $N$  узлов ( $N < 2^K$ )
  - Каждому узлу выделяется свой приоритет от 0 до  $N-1$
  - После передачи каждого кадра делается пауза, в которой определяются  $K$  временных интервалов (если кадр не передавался, узлы должны быть каким-либо образом синхронизированы)
  - Если узел готов к передаче, он передает свой приоритет по биту в интервал (нулю соответствует обычный уровень сигнала, единице – пониженный)
  - Если принятый сигнал соответствует тому, что передавал узел (если несколько узлов передают единицу, результат воспринимается как единица), узел продолжает передачу битов своего приоритета, если нет – считает, что выполнять передачу должен узел с более высоким приоритетом и отказывается от передачи
  - Если узел успешно передал все биты приоритета, он передает кадр

# CSMA/CA



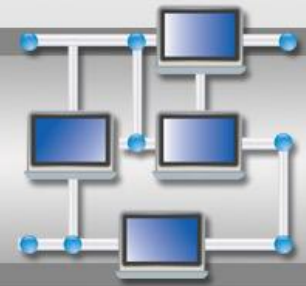
Узел 0010 выбыл из соревнования после первого интервала, узел 1000 – после четвертого

# CDMA



- Code Division Multiple Access (CDMA)
  - Каждому узлу выдается уникальный  $m$ -битный код (типичные значения  $m$  – 64, 128; коды выбираются так, чтобы при замене битов со значением 0 на -1 быть взаимно ортогональными)
  - Каждый битовый интервал делится на  $m$  коротких интервалов, называемых чипами
  - Для передачи единицы станция посылает свой код (по одному биту за интервал), для передачи 0 – дополнение своего кода до 1
  - Принимающая станция умножает принятый сигнал на коды всех узлов
    - Если при перемножении на код узла результат равен 0 – узел не выполнял передачу
    - Если результат равен -1 – узел передавал 0
    - Если результат равен +1 – узел передавал 1
- Таким образом, теоретически CDMA позволяет выполнять передачу всем узлам одновременно

# Возникновение коллизии



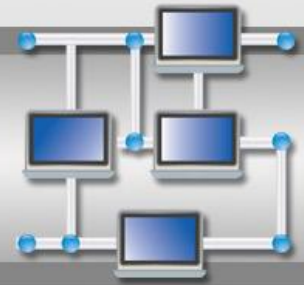
- После этого обнаружившая коллизию передающая станция обязана прекратить передачу и сделать паузу в течение короткого случайного интервала времени.
- Случайная пауза выбирается по следующему алгоритму:

***Пауза =  $L * (\text{интервал отсрочки})$ ,***

где интервал отсрочки равен 512 битовым интервалам (битовый интервал соответствует времени между появлением двух последовательных бит данных на кабеле; для скорости 10 Мбит/с величина битового интервала равна 0,1 мкс или 100 нс);

$L$  - целое число, выбранное с равной вероятностью из диапазона  $[0, 2^N]$ , где  $N$  — номер повторной попытки передачи данного кадра: 1, 2, ..., 10.

# Возникновение коллизии



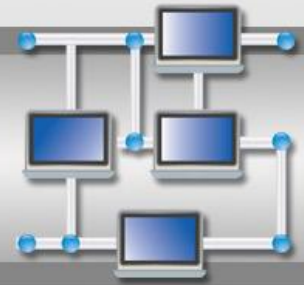
- Для надежного распознавания коллизий должно выполняться следующее соотношение:

$$T_{\min} \geq PDV$$

где  $T_{\min}$  — время передачи кадра минимальной длины,  $PDV$  — время, за которое сигнал коллизии успевает распространиться до самого дальнего узла сети. Так как в худшем случае сигнал должен пройти дважды между наиболее удаленными друг от друга станциями сети (в одну сторону проходит неискаженный сигнал, а на обратном пути распространяется уже искаженный коллизией сигнал), то это время называется *временем двойного оборота (Path Delay Value, PDV)*.

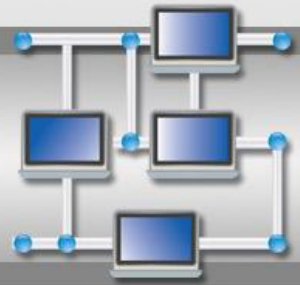


# Маркерный доступ

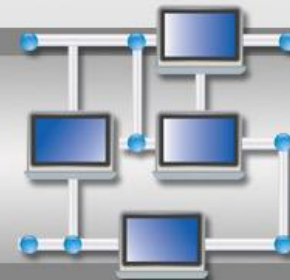


- Алгоритмы маркерного доступа используют маркер (токен) – небольшой пакет специального вида
  - В сети задается последовательность обхода узлов (кольцо)
  - Маркер непрерывно передается по кольцу, предоставляя узлам право передавать свой кадр
  - Узел, желающий передать свой пакет, должен дождаться прихода к нему свободного маркера. Затем он присоединяет к маркеру свой пакет, помечает маркер как занятый и отправляет эту посылку следующему по кольцу узлу.
  - Все остальные узлы, получив маркер с присоединенным пакетом, проверяют, им ли адресован пакет. Если пакет адресован не им, то они передают полученную посылку (маркер + пакет) дальше по кольцу.
  - Если какой-то узел распознает пакет как адресованный ему, то он его принимает, устанавливает в маркере бит подтверждения приема и передает посылку (маркер + пакет) дальше по кольцу.
  - Передававший узел получает свою посылку, прошедшую по всему кольцу, обратно, помечает маркер как свободный, удаляет из сети свой пакет и посылает свободный маркер дальше по кольцу

# Маркерный доступ



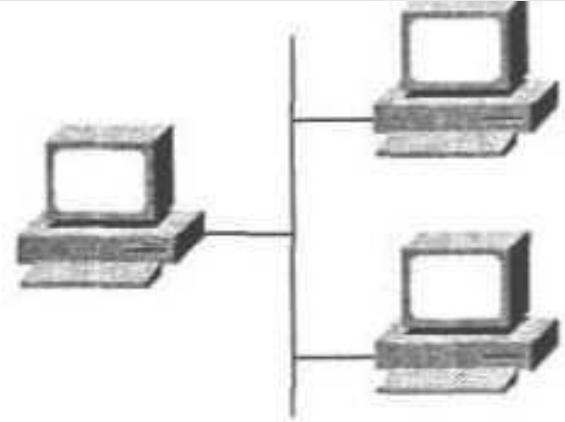
- Метод маркерного доступа – детерминированный, в отличие от CSMA/CD, который является случайным
- Метод маркерного доступа обеспечивает гарантированное время доступа к среде передачи и при высокой загрузке сети гораздо эффективнее случайных методов (в частности, в силу отсутствия потерь времени из-за коллизий)



# БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОТОКОЛЫ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

*Наиболее широко в  
локальных сетях  
используются  
технологии  
Ethernet,  
FDDI и  
Token Ring*

Ethernet



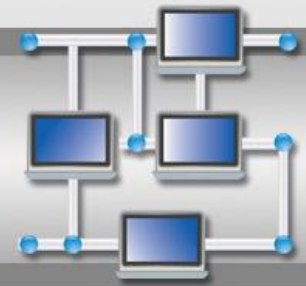
Token Ring



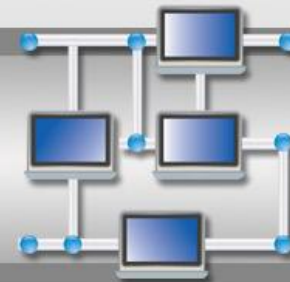
FDDI



# Базовые технологии локальных сетей

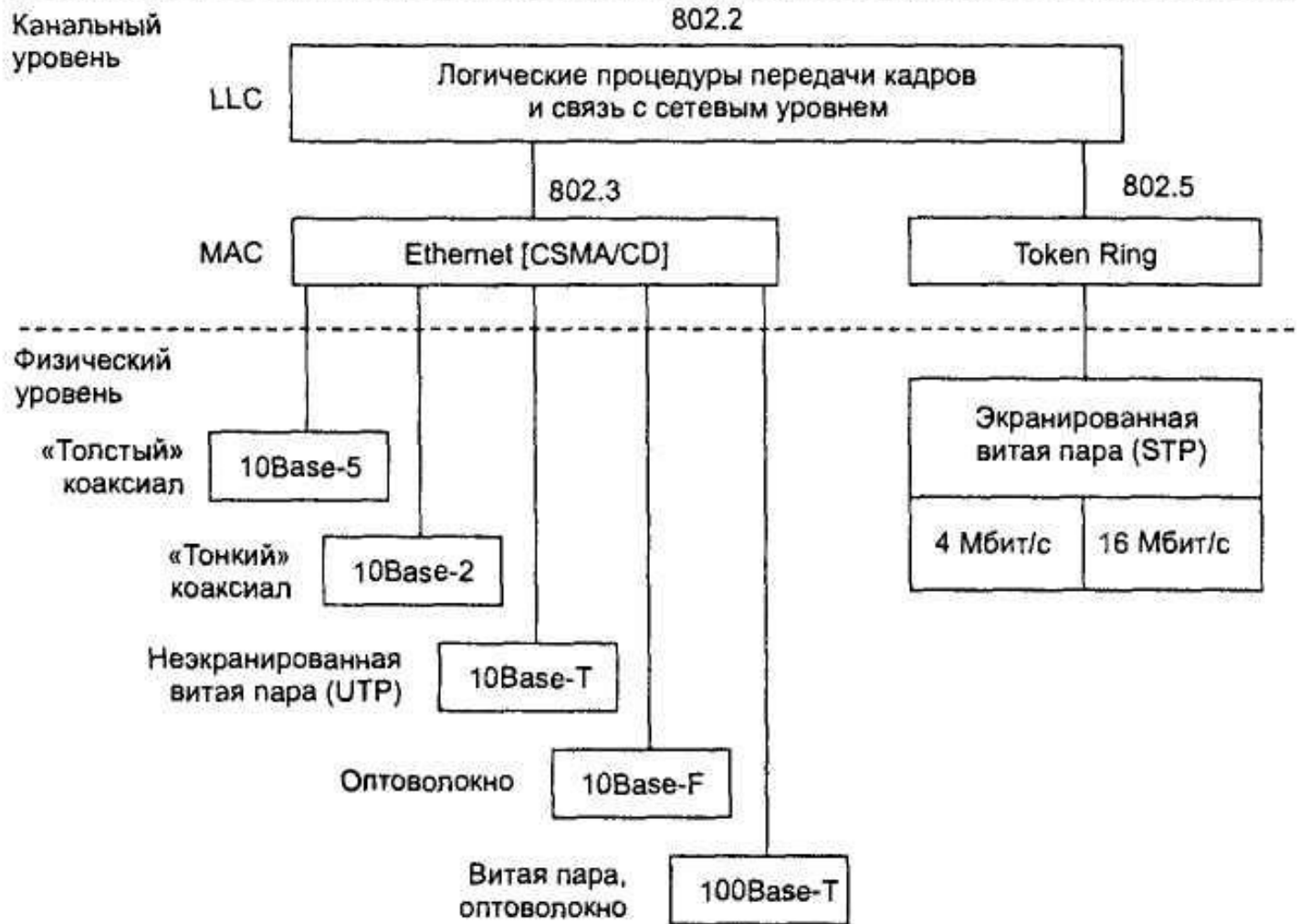


- При организации взаимодействия узлов в локальных сетях основная роль отводится протоколу канального уровня.
- Структура локальных сетей должна быть вполне определенной:  
**Ethernet** рассчитан на параллельное подключение всех узлов сети к общей для них шине,  
**Token Ring** рассчитан на вполне определенную конфигурацию — соединение компьютеров в виде логического кольца.



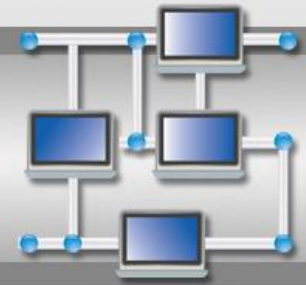
# СТАНДАРТЫ IEEE 802.X

Общие определения ЛВС, связь с моделью ISO/OSI  
Раздел 802.1D — назначение и реализация мостов



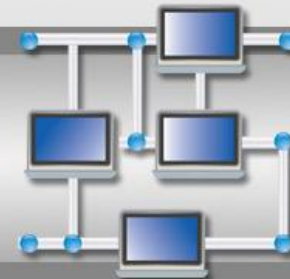
Структура стандартов IEEE 802.x

# Стандарты IEEE 802.x

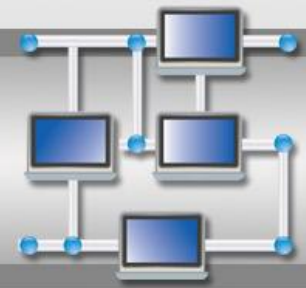


- 802.1 — Internetworking — объединение сетей;
- 802.2 — Logical Link Control;
- 802.3 — Ethernet с методом доступа CSMA/CD;
- 802.5 — Token Ring LAN — локальные сети с методом доступа Token Ring;





# ТЕХНОЛОГИИ УРОВНЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИМ КАНАЛОМ (MEDIA ACCESS CONTROL, MAC)

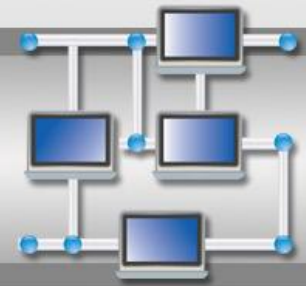


# Технологии уровня доступа к физической среде

## *(Media Access Control, MAC)*

- появился из-за существования в локальных сетях разделяемой среды передачи данных,
- обеспечивает корректное совместное использование общей среды,
- после того как доступ к среде получен, ею может пользоваться более высокий уровень — LLC, организующий передачу логических единиц данных, кадров информации, с различным уровнем качества транспортных услуг.

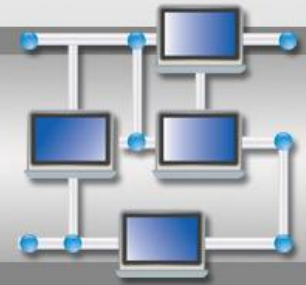
# Технологии уровня управления логическим каналом



## *(Logical Link Control, LLC)*

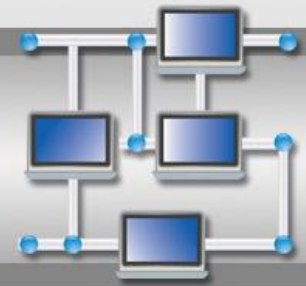
- отвечает за передачу кадров данных между узлами с различной степенью надежности,
- реализует функции интерфейса с прилегающим к нему сетевым уровнем,
- через уровень LLC сетевой протокол запрашивает у канального уровня нужную ему транспортную операцию с нужным качеством,
- существует несколько режимов работы, отличающихся наличием или отсутствием на этом уровне процедур восстановления кадров в случае их потери или искажения, то есть отличающихся качеством транспортных услуг этого уровня.

# LLC (802.2)



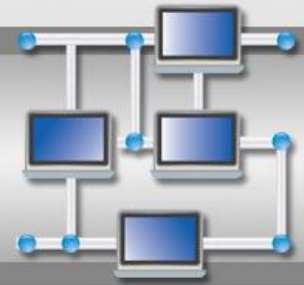
- занимает уровень между сетевыми протоколами и протоколами уровня MAC,
- протоколы сетевого уровня передают через межуровневый интерфейс данные для протокола LLC,
- помещает пакет протокола верхнего уровня в свой кадр, который дополняется необходимыми служебными полями,
- передает свой кадр вместе с адресной информацией об узле назначения соответствующему протоколу уровня MAC, который упаковывает кадр LLC в свой кадр.

# LLC (802.2)



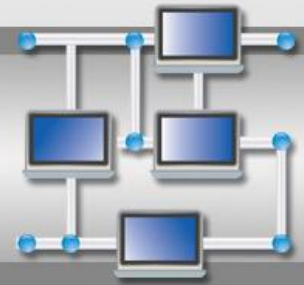
- Процедуры:
  - LLC1 — процедура без установления соединения и без подтверждения (дейтаграммный режим работы);
  - LLC2 — процедура с установлением соединения и подтверждением (установить логическое соединение перед началом передачи), работает в режиме скользящего окна;
  - LLC3 — процедура без установления соединения, но с подтверждением (использовании сетей в системах реального времени, управляющих промышленными объектами).

# Кадры уровня LLC



- *Информационные кадры (Information)* - для передачи информации в процедурах с установлением логического соединения LLC2 и должны обязательно содержать поле информации. В процессе передачи осуществляется их нумерация в режиме скользящего окна.
- *Управляющие кадры (Supervisory)* - для передачи команд и ответов в процедурах с установлением логического соединения LLC2, запросов на повторную передачу искаженных информационных блоков
- *Ненумерованные кадры (Unnumbered)* - для передачи ненумерованных команд и ответов, выполняющих в процедурах без установления логического соединения передачу информации, идентификацию и тестирование LLC-уровня, а в процедурах с установлением логического соединения LLC2 — установление и разъединение логического соединения, информирование об ошибках.

# Кадр в LLC



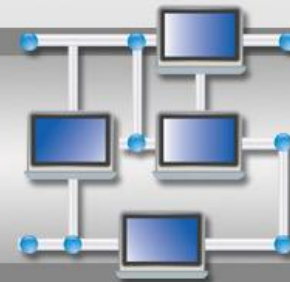
<b>Флаг 01111110</b>	<b>Адрес точки входа службы назначения {DSAP}</b>	<b>Адрес точки входа службы источника (SSAP)</b>	<b>Управляющее поле (Control)</b>	<b>Данные (Data)</b>	<b>Флаг 01111110</b>
--------------------------	---	--	---------------------------------------	----------------------	--------------------------

- Флаги 01111110 используются на уровне MAC для определения границ кадра LLC.
- *Поле данных кадра* LLC предназначено для передачи по сети пакетов протоколов вышележащих уровней — сетевых протоколов IP, IPX, AppleTalk, DECnet, в редких случаях — прикладных протоколов, когда те вкладывают свои сообщения непосредственно в кадры канального уровня. Может отсутствовать в управляющих кадрах и некоторых ненумерованных кадрах.
- *Адресные поля DSAP и SSAP* занимают по 1 байту. Они позволяют указать, какая служба верхнего уровня пересылает данные с помощью этого кадра.

		Разряды поля управления															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Тип кадра	Информационный (Information)	0	N(S)						P/F	N(R)							
	Управляющий (Supervisory)	1	0	S	—	—	—			N(R)							
	Ненумерованный (Unnumbered)	1	1	M	P/F	M											

- Бит P/F (Poll/Final) имеет следующее значение: в командах он называется битом Poll и требует, чтобы на команду был дан ответ, а в ответах он называется битом Final и говорит о том, что ответ состоит из одного кадра.
- Поле M определяет несколько типов команд, которыми пользуются два узла на этапе установления соединения.
- Поле N(S) - для указания номера отправленного кадра.
- Поле N(R) для указания номера кадра, который приемник ожидает получить от передатчика следующим.

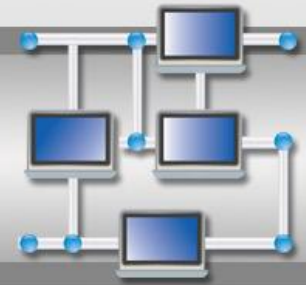




# СТАНДАРТ ТЕХНОЛОГИИ ETHERNET

# Ethernet

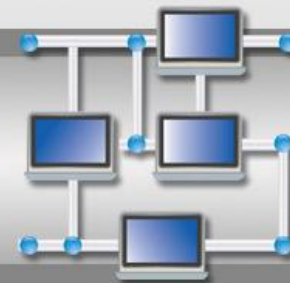
## История



- Ethernet – самый распространенный в настоящий момент стандарт локальных сетей
- 1972 г. – Xerox организовала экспериментальную сеть
- 1980 г. – DEC, Intel и Xerox разработали и опубликовали стандарт Ethernet II (Ethernet DIX)
- На основе стандарта Ethernet DIX был разработан стандарт IEEE 802.3
- На основе стандарта Ethernet DIX/IEEE 802.3 разработаны расширения Fast Ethernet и Gigabit Ethernet
- Стандарт Ethernet DIX/IEEE 802.3 содержит следующие спецификации физического уровня
  - 10Base-5 (толстый коаксиальный кабель)
  - 10Base-2 (тонкий коаксиальный кабель)
  - 10Base-T (витая пара)
  - 10Base-FL (оптоволоконный кабель)
  - 10Base-FB (оптоволоконный кабель)

# Ethernet

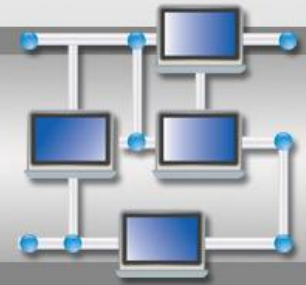
## Оригинальный стандарт



- Оригинальный стандарт IEEE 802.3 определяет следующие параметры
  - Сетевая топология – шина
  - Сетевой кабель – коаксиальный кабель
  - Скорость передачи – 10 МБит/с
  - Максимальная длина сети – 2500 м
  - Максимальное количество узлов – 1024
  - Максимальная длина сегмента сети – 500 м
  - Максимальное количество узлов в одном сегменте – 100
  - Метод доступа – CSMA/CD
  - Метод кодирования – Манчестер-II

# Ethernet

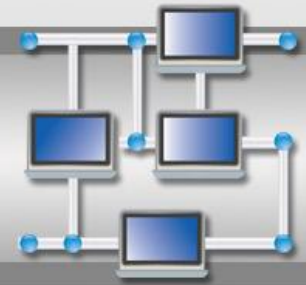
## Параметры CSMA/CD...



Межкадровый интервал	9,6 мкс
Максимальное число попыток передачи	16
Максимальная длина кадра (без преамбулы)	1518 байт
Максимальная длина кадра (без преамбулы)	64 байта
Длина преамбулы	8 байт
Минимальная длина случайной паузы после коллизии	0 битовых интервалов
Максимальная длина случайной паузы после коллизии	524000 битовых интервалов

# Ethernet

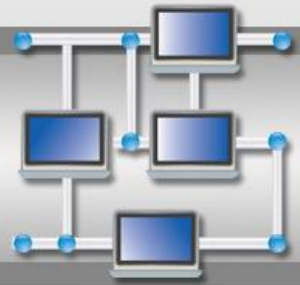
## Параметры CSMA/CD



- В случае обнаружения коллизии устройство прекращает передачу и передает специальную 32-битную jam-последовательность, усиливающую коллизию
- Длина паузы при коллизии вычисляется по формуле
  - Длина паузы =  $L * 512$  битовых интервалов (51,2 мкс),  
где  $L$  – значение равномерной случайной величины из интервала  $[0, 2^N]$ ,  
 $N = \max(10, \text{номер\_попытки\_передачи})$

# Ethernet

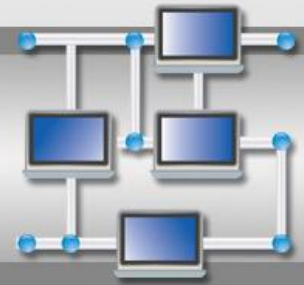
## Спецификации физического уровня



- Стандарт IEEE 802.3 со временем был дополнен дополнительными спецификациями физического уровня
  - 10Base-5 (толстый коаксиальный кабель)
  - 10Base-2 (тонкий коаксиальный кабель)
  - 10Base-T (витая пара)
  - 10Base-FL (оптоволоконный кабель)
  - 10Base-FB (оптоволоконный кабель)

# Ethernet

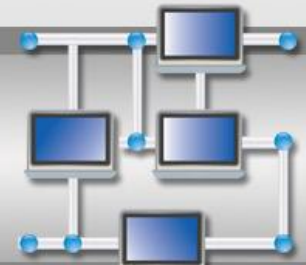
## Формат кадра



- Существует несколько типов формата кадра, что обусловлено историческими причинами
  - При использовании разных форматах возможна некорректная работа аппаратного и программного обеспечения, но
  - современная аппаратура, как правило, способна работать с кадрами любого типа
- Мы рассмотрим один из форматов (802.3/LLC)

# Ethernet

## Формат кадра (802.3/LLC)

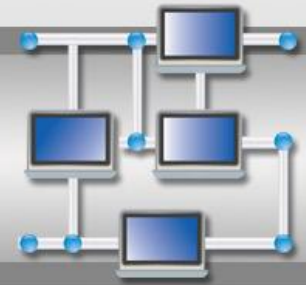


- Преамбула (8 байт)
  - первые семь байт содержат 10101010
  - последний байт – 10101011 (признак начала кадра, Start of Frame Delimiter, SFD )
- MAC-адрес приемника (6 байт)
- MAC-адрес источника (6 байт)
- Длина поля данных кадра (2 байта)
- Поле данных (от 0 до 1500 байт)
- Поле заполнения (от 0 до 46 байт)
  - если длина поля данных меньше 46 байт, данное поле дополняет данные до 46 байт
- Контрольная сумма (4 байта)
  - Frame Check Sequence (FCS) содержит 32-разрядную циклическую контрольную сумму пакета (CRC-32)





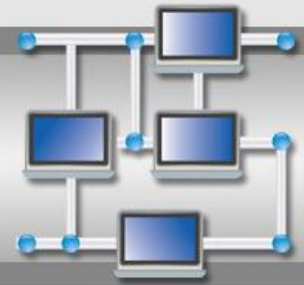
# Широковещание в сети Ethernet/802.3



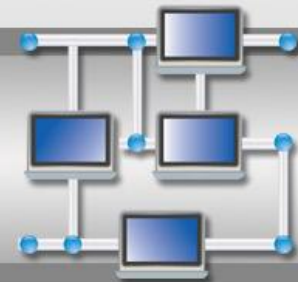
- **Широковещание** является мощным инструментом, который позволяет отправлять один кадр одновременно многим станциям.
- В режиме широковещания используется канальный адрес пункта назначения, состоящий из всех единичек (FFFF. FFFF. FFFF — в шестнадцатеричной системе).
- Широковещание может серьезно влиять на производительность станций, излишне отвлекая их. По этой причине широковещание должно применяться, только если MAC-адрес не известен или если данные предназначаются для всех станций.

# Ethernet

## Выводы



- Ethernet – самая распространенная технология
- Существуют различные версии Ethernet, в узком смысле Ethernet – это технология описанная в стандарте IEEE 802.3, но большинство современных устройств поддерживают все версии
- При отсутствии коллизий коэффициент использования сети имеет максимальное значение 0,96
- В реальных условиях при коэффициентах использования сети больших 0,5 ее производительность резко падает из-за роста числа коллизий



Спасибо за  
внимание!