

### ТЕМА 3

## Технологии локальных вычислительных сетей (кроме Ethernet). Виртуальные локальные сети

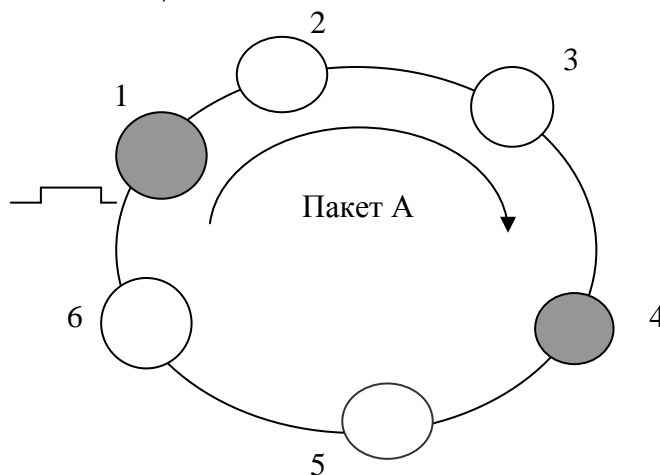
Случайный метод доступа, применяемый в сетях Ethernet, вызывал значительные опасения, особенно на начальных этапах создания локальных вычислительных сетей. Коллизии, частота возникновения которых значительно возрастает при повышении объема передаваемой информации, усложняют работу ЛВС. Полнодуплексный режим передачи и сетевые коммутаторы с буферной памятью, используемые в более скоростных модификациях сетей Ethernet, хотя и существенно ограничивают действие коллизий, но не устраняют их полностью.

В то же время, наряду с Ethernet, в локальных вычислительных сетях применяются альтернативные сетевые компьютерные технологии, использующие *управляемый* доступ к общей передающей шине, при которых *коллизии принципиально невозможны*.

Таковыми технологиями являются сети Token Ring для медных кабелей и FDDI для оптических кабелей. В этих технологиях в качестве разделяемой среды передачи используется *кольцо*, а право доступа к среде определяется специальным сообщением – *маркером*.

#### 3.1 Технология Token Ring

Сети Token Ring (стандарт 802.5), так же как и сети Ethernet, используют *разделяемую среду передачи* данных, однако, в данном случае разделяемая среда состоит из отрезков кабеля, соединяющих все станции сети в *кольцо*.



Перемещение сообщения по кольцу сети Token Ring

Кольцо является общим разделяемым ресурсом, для доступа к которому используется *не случайный* алгоритм, как в сетях Ethernet, а *детерминированный*, основанный на определенном порядке передачи права на использование кольца. Это право передается с помощью кадра специального формата, называемого *маркером*, или *токеном (token)*,

циркулирующим по кольцу. Маркер подобен палочке в эстафетном беге, которая поочередно вручается каждому участнику в качестве разрешения для старта.

В сетях с *маркерным методом доступа* (а к ним кроме сетей Token Ring относятся сети FDDI и ряд других) право на доступ к среде передается *циклически* от станции к станции по *логическому кольцу*.

Технология Token Ring была разработана фирмой IBM в 1984 году, и долгое время рассматривалась этой фирмой как основная сетевая технология. Однако в последнее время даже в продукции компании IBM доминирует технология Ethernet.

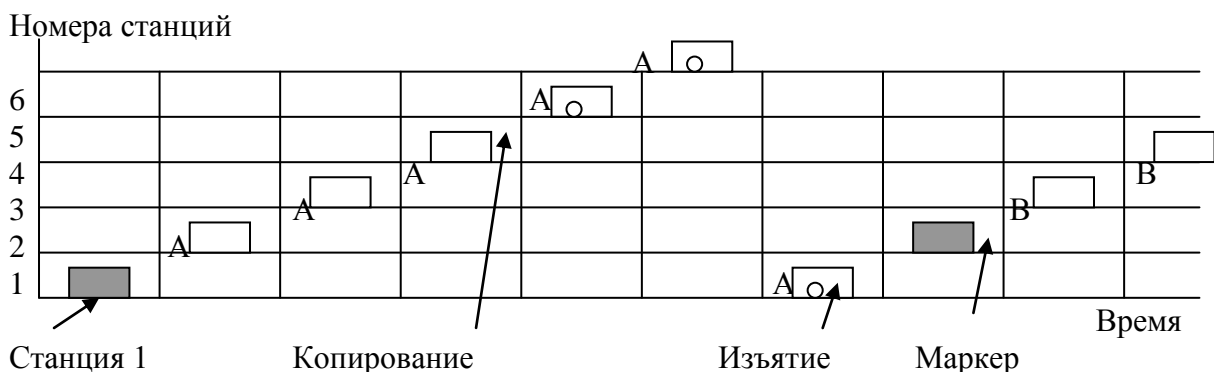
Сети Token Ring работают с двумя битовыми скоростями – **4 и 16 Мбит/с**.

В сети Token Ring любая станция *всегда* получает данные только от одной станции – той, которая является *предыдущей* в кольце. Такая станция называется ближайшим *активным* соседом, расположенным *выше* по потоку (данных). Передачу же данных станция всегда осуществляет своему ближайшему соседу *вниз* по потоку данных.

Получив маркер, станция анализирует его и *при отсутствии* у нее данных для передачи обеспечивает его продвижение к следующей станции. Станция, которая *имеет данные* для передачи, *при получении маркера изымает его* из кольца, что дает ей право доступа к физической среде для *передачи своих данных*. Затем эта станция выдает в кольцо кадр данных установленного формата. Кадр снабжен *адресом назначения и адресом источника*.

Все станции кольца ретранслируют кадр побитно, как *повторители*. Если кадр проходит через *станцию назначения*, то распознав свой адрес, эта станция копирует кадр в свой внутренний буфер и вставляет в передаваемый далее кадр *признак* подтверждения приема. Станция, выдавшая кадр данных в кольцо, при обратном его получении с подтверждением приема изымает этот кадр из кольца и передает в сеть *новый маркер*, разрешая другим станциям сети передавать данные.

Рассмотрим передачу пакета от станции 1 до станции 4 по кольцу, состоящему из 6 станций (см. рисунок на предыд. странице). Временные диаграммы алгоритма работы для этого случая показаны ниже.



получила маркер	пакета А в буфер ст. 4. Отметка о получении. Принцип маркерного доступа	пакета А из кольца	получает ст. 2. Передача пакета В
--------------------	---	-----------------------	--------------------------------------

Станция 1 обладает маркером и посылает пакет А по кольцу. После прохождения *станции назначения 4* в пакете А устанавливаются два признака – признак *распознавания адреса* и *признак копирования пакета* в буфер (отмечено звездочкой внутри пакета). После возвращения пакета в станцию 1 *отправитель* распознает свой пакет *по адресу источника* и *удаляет* пакет из кольца. Установленные станцией 4 признаки свидетельствуют станции-отправителю, что пакет дошел до адресата и был успешно скопирован им в свой буфер. В данном случае реализуется алгоритм *информационной обратной связи* между приемником и передатчиком сообщения.

*Время владения* разделяемой средой в сети Token Ring ограничивается *временем удержания маркера*, после окончания которого станция обязана *прекратить* передачу собственных данных (текущий кадр разрешается завершить) и передать маркер далее по кольцу.

Станция может успеть передать за время удержания маркера *один или несколько кадров* в зависимости от размера кадра и величины удержания маркера.

Обычно *время удержания маркера* по умолчанию *равно 10 мс*, а максимальный размер кадра для сетей 4 Мбит/с обычно равен *4 Кбайт*, а для сетей 16 Мбит/с - *16 Кбайт*. При этом за время удержания маркера должна успеть передать кадр максимальной длины. При скорости 4 Мбит/с за 10 мс можно передать 40 кбит = **5000 байт**, а при скорости 16 Мбит/с – 160кбит = **20000 байт**. Отметим, что в Token Ring разрешаются более длинные пакеты, чем в Ethernet.

В системе с маркерным доступом возникновение конфликтных ситуаций невозможно. При весьма *активном* обмене данными маркер *сразу* после освобождения захватывается следующей станцией кольца. Таким образом, разрешение на передачу данных *последовательно* передается по кольцу, что увеличивает время ожидания доступа.

Для повышения производительности в сетях Token Ring, работающих со скоростью 16 Мбит/с, используется *алгоритм раннего освобождения* маркера. В соответствии с ним станция *передает маркер* доступа следующей станции сразу же *после* окончания передачи *последнего бита кадра*, не дожидаясь возвращения по кольцу этого кадра с битом подтверждения приема. В этом случае пропускная способность кольца используется более эффективно, так как по кольцу *одновременно* продвигаются кадры *нескольких* станций. В каждый момент времени свои кадры может *генерировать* только одна станция – владеющая маркером доступа. Остальные станции в это время только повторяют чужие кадры, так что принцип управляемого *разделения*

кольца во времени *сохраняется, ускоряется* только *процедура передачи* владения кольцом.

Каждый кадр данных или маркер имеет приоритет (значение от 0 до 7, причем 7 – наивысший приоритет). Станция может воспользоваться маркером, только если у нее есть кадры для передачи с приоритетом равным или большим, чем приоритет маркера. Станции с кадрами, чей приоритет ниже, чем приоритет маркера, «становятся в очередь» - помещают наибольший приоритет своих ожидающих передачи кадров в резервные биты маркера.

Станция, сумевшая захватить маркер, передает свои кадры с приоритетом маркера, а затем передает маркер следующему соседу. При этом маркер приобретает значение резервного приоритета. При следующем проходе маркера по кольцу он захватывается станцией, имеющей наивысший приоритет.

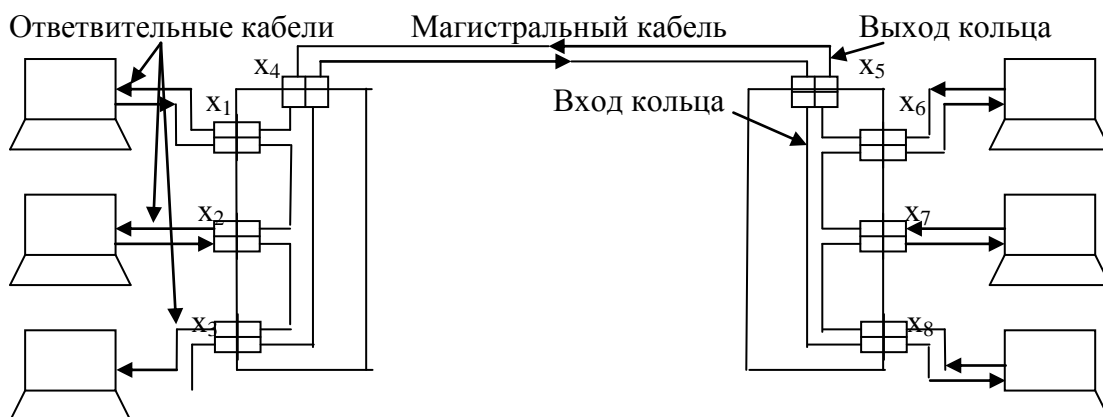
Заметим, что большая часть приложений не использует механизм приоритета на канальном уровне, при этом все станции имеют равные права доступа.

Стандарт Token Ring предусматривает организацию связей в сети с помощью **концентраторов**, называемых устройствами многостанционного доступа.

Концентратор Token Ring может быть *активным* и *пассивным*. Пассивный концентратор просто соединяет порты внутренними связями так, чтобы станции, подключаемые к этим портам, образовали кольцо. Такие устройства можно считать простым кроссовым блоком за одним исключением – MSAU (Multi-Station Access Unit) обеспечивают *обход* порта, когда *выключают компьютер*, присоединенный к этому порту. Обычно обход порта выполняется за счет релейных схем, которые питаются постоянным током от сетевого адаптера.

Если концентратор является пассивным устройством, то устранение искажений сигналов, которые возникают при включении в сеть нескольких сотен компьютеров производится *сетевыми адаптерами каждого компьютера*. Сетевой адаптер Token Ring имеет блок повторения, который может *регенерировать и ресинхронизировать* сигналы, однако последнюю функцию выполняет в кольце только блок повторения активного монитора.

В общем случае сеть Token Ring имеет комбинированную звездно-кольцевую конфигурацию. Использование концентраторов приводит к тому, что сети Token Ring имеют *физическую топологию «звезда» (аналогичную топологии 10Base-T)*, а *логическую* – «кольцо». Конечные узлы подключаются к концентратору по топологии звезды, а сами концентраторы объединяются через специальные порты для образования *магистрального физического кольца* (см. рисунок).







увеличена до 16 Мбит/с, а также был использован метод раннего освобождения маркера.

3. Если любой станция предоставит право начинать передачу непосредственно после последнего бита прошедшего через нее сообщения (аналог безмаркерного доступа), то это приведет к многочисленным коллизиям, т.к. станция не имеет информации о том, *останется ли свободной* среда в течение передачи пакета в кольцо от этой станции.
4. Заметим, что при маркерном доступе с ранним освобождением маркера возникает *группирование пакетов*. Однако при этом маркер передается только после *завершения* передачи последовательности пакетов, распространяющихся по кольцу, разрешая добавление нового пакета к «хвосту» последовательности без возникновения коллизии.

### 3.2 Технология FDDI

Технология FDDI (Fiber Distributed Data Interface – оптоволоконный интерфейс распределенных данных) – это первая технология локальных сетей, в которой средой передачи данных является *волоконно-оптический кабель*.

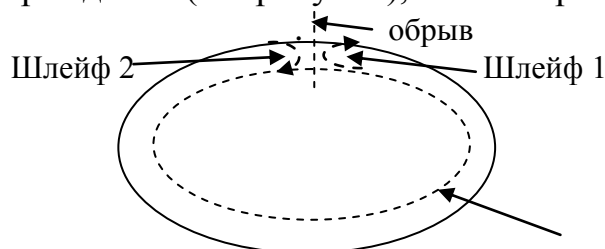
Технология FDDI во многом основывается на технологии Token Ring. В технологии FDDI ставятся следующие приоритетные задачи:

- повысить *битовую скорость* передачи данных *до 100 Мбит/с*;
- повысить *отказоустойчивость* сети за счет стандартных процедур *восстановления* сети после различных отказов;
- максимально эффективно использовать потенциальную пропускную способность сети, как для *асинхронного, так и синхронного* (чувствительного к задержкам) трафика; сеть FDDI, являясь одной из наиболее *поздних* технологий локальных сетей, не ограничивается требованиями по передаче только компьютерного трафика.

Сеть FDDI строится на основе *двух оптоволоконных колец*, которые образуют *основной* и *резервный* пути передачи данных между узлами сети.

В *нормальном режиме* работы сети данные проходят через все узлы и все участки кабеля только *первичного (основного)* кольца. Этот режим называется «сквозным» или «транзитным». Вторичное кольцо в этом режиме не используется.

*При отказе*, когда часть первичного кольца не может передавать данные (например, обрыв кабеля или отказ узла), первичное кольцо *объединяется с вторичным* с помощью двух шлейфов по обе стороны от места повреждения (см. рисунок), вновь образуя единое кольцо.





Этот режим называется «*свертыванием*» (Wrap) колец. Операция свертывания осуществляется средствами *концентраторов и/или сетевых адаптеров* FDDI. Данные по первичному кольцу всегда передаются в *одном* направлении, а по вторичному – в *обратном* направлении. Поэтому при образовании общего кольца из двух колец передатчики станций по-прежнему остаются подключенными к приемникам соседних станций.

При *множественных* отказах сеть *распадается* несколько не связанных колец.

В сетях FDDI используется *маркерный метод* доступа, называемый методом маркерного (или токенового) кольца – token ring.

Требования к времени удержания маркера в сетях FDDI различаются для синхронного и асинхронного трафика.

*Синхронным* приложениям (приложениям реального времени) нужно *регулярно* передавать данные в сеть относительно *небольшими* порциями, в то время как *асинхронный* трафик не критичен к небольшим задержкам передачи кадров, но характеризуется большими объемами сообщений. Поэтому синхронный трафик обслуживается *всегда*, даже при перегрузках кольца. При этом для асинхронного трафика время удержания маркера в сети FDDI не остается постоянным, а *зависит от загрузки* кольца. – при *небольшой* загрузке оно *увеличивается*, а при *перегрузках* может *уменьшаться* до нуля, т.е. асинхронный трафик просто задерживается на передающей станции. Механизм приоритетов кадров, аналогичный механизму, принятому в технологии Token Ring, отсутствует в технологии FDDI.

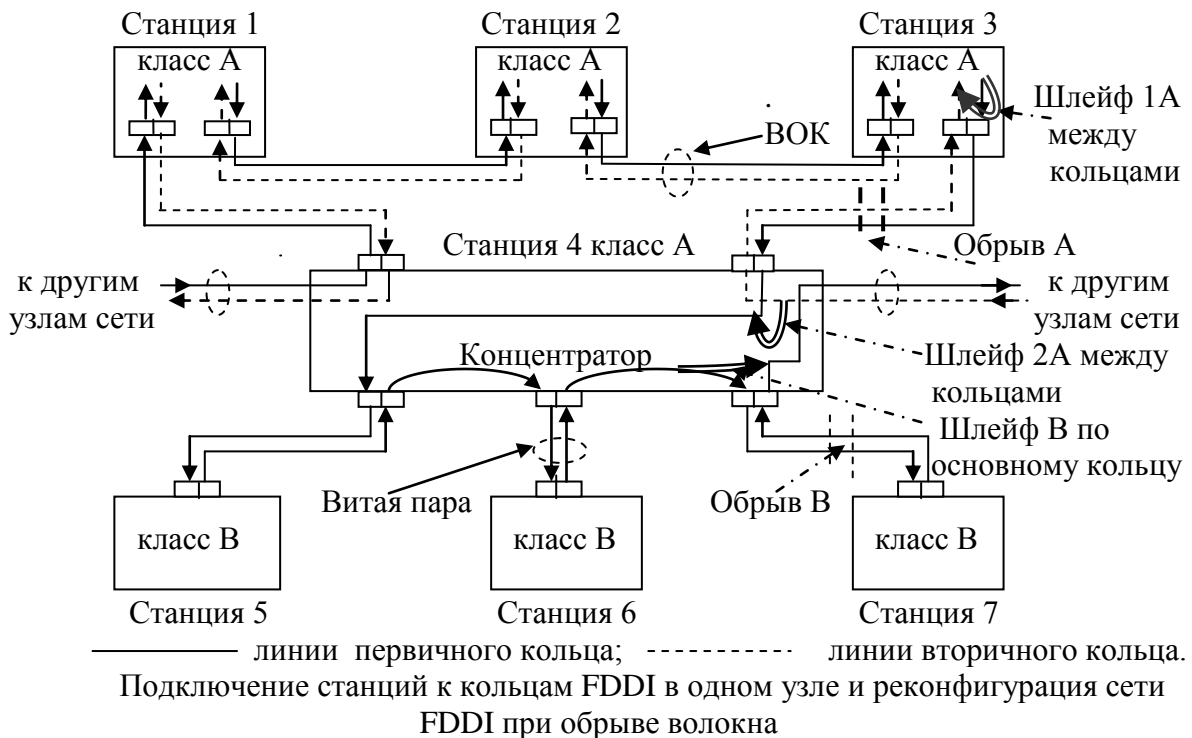
Степень загруженности кольца определяется *временем оборота маркера*. В то время как сообщение проходит по кольцу с постоянной скоростью, скорость прохождения маркера по кольцу *снижается* при *возрастании* числа активных станций в кольце. Если кольцо не перегружено, то *маркер* приходит *раньше* установленного порогового значения и станции разрешается захватить маркер и передать свой кадр (или кадры) с асинхронным трафиком в кольцо. Если же кольцо перегружено, то время оборота маркера *больше* порогового значения и станция *не имеет право* захватить маркер для асинхронного кадра. Метод доступа FDDI для асинхронного трафика является *адаптивным* и хорошо регулирует временные перегрузки сети.

Технология FDDI использует механизм *раннего освобождения маркера*, как и сети Token Ring со скоростью 16 Мбит/с.

В сети FDDI обычно *концентраторы* подключены *одновременно* к обоим кольцам, а подключение станций зависит от *категории*

**станции** – либо к обоим кольцам (для станций класса А) или только к первичному кольцу (для станций класса В) (см. рисунок).

При обрыве кабеля между устройствами с двойным подключением сеть FDDI сможет продолжить работу за счет **автоматической реконфигурации** внутренних путей передачи кадров между портами концентратора. Длинный шлейф из вторичного кольца вставляется в разрыв первичного кольца.



При обрыве кабеля, идущего к станции с **одиночным** подключением, она оказывается отрезанной от сети, а кольцо продолжает работать за счет реконфигурации **внутреннего** пути в концентраторе – порт, к которому была подключена данная станция, будет **исключен** из общего пути. Реконфигурация внутренних путей в концентраторах и сетевых адаптерах выполняется специальными **оптическими переключателями**, которые перенаправляют световой луч и достаточно сложны. Двукратный обрыв кабеля приведет к образованию двух изолированных сетей FDDI.

В качестве физической среды технология FDDI поддерживает две спецификации:

- волоконно-оптический кабель;
- неэкранированная витая пара категории 5 (UTP5).

Спецификация волоконно-оптического кабеля, вариант PMD (Physical Media Dependent) определяет основной тип ВОК – многомодовый волоконно-оптический



кабель 62,5/125 мкм; возможно использование одномодового ВОК; длина волны 1300 нм.

Для передачи сигналов по оптическим волокнам применяется кодирование **4B5B**. Поэтому по линии связи сигналы передаются с тактовой частотой 125 МГц.

Спецификация PMD определяет требования к оптическим обходным переключателям (optical bypass switches), оптическим приемопередатчикам и оптическим разъемам.

Спецификация TP-PMD определяет возможность передачи сигналов между станциями по неэкранированной витой паре категории 5; код MLT-3 (как в технологии Fast Ethernet 100Base-TX), предварительное скремблирование.

Расстояние между узлами

- для многомодового ВОК – до 2 км;
- для одномодового кабеля – до 10-40 км;
- для витой пары – до 100 м.

**Максимальная общая длина кольца FDDI** составляет **100 км**, максимальное число станций с двойным подключением в кольце – 500.

При организации FDDI обеспечивается высокая скорость передачи данных, отказоустойчивость и большие расстояния между узлами сети. Основной областью применения этой технологии стали магистральные линии локальных сетей и сети масштаба крупного города, то есть **класс MAN**. При этом технология FDDI получилась весьма дорогой для подключения клиентских компьютеров и даже серверов даже при появлении более дешевого варианта с витой парой.

В таблице представлены основные параметры технологий FDDI и Token Ring, реализующих маркерный метод доступа к транспортному кольцу.

<i>Характеристика</i>	<i>FDDI</i>	<i>Token Ring</i>
Битовая скорость	100 Мбит/с	16 Мбит/с
Топология	Двойное кольцо	Звезда/кольцо
Метод доступа	Маркерный с приоритетами	Маркерный
Среда передачи	Оптоволокно, неэкранированная витая пара	Экр./неэкр. витая пара, оптоволокно
Максимальная длина сети	200 км (100 км на кольцо)	4000 м
Максимальное число узлов	500	260 для экр. пары; 72 для неэкр. пары

### **13.3 Сравнение производительности сетей Ethernet и Token Ring**

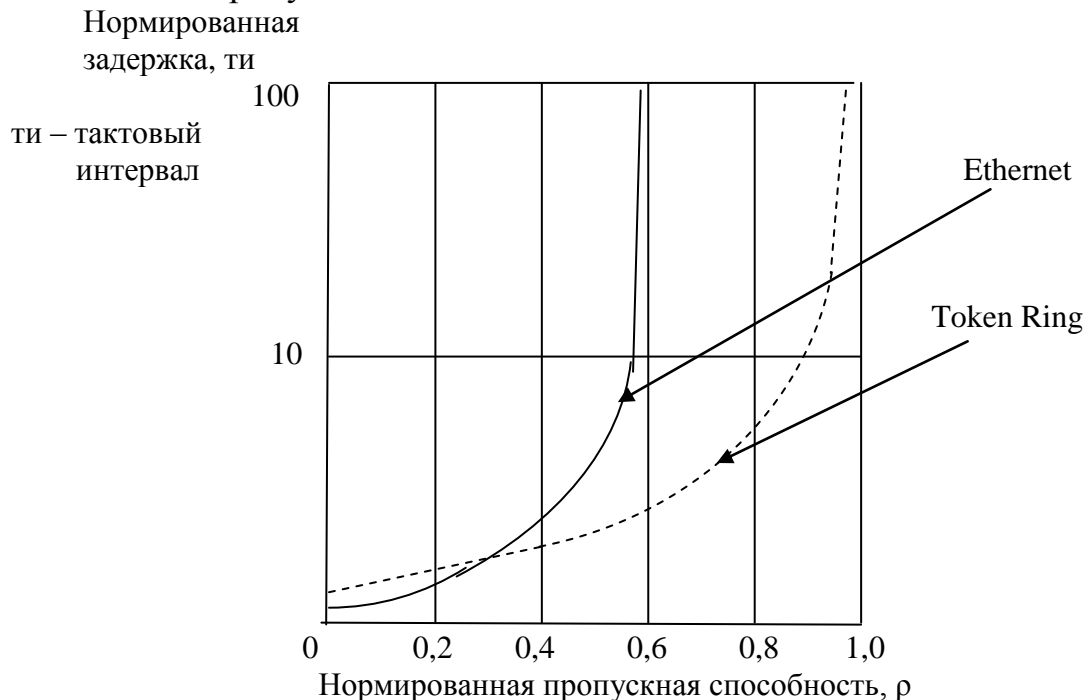
Ранее указывалось, что реальная пропускная способность сетей со случайным доступом практически не превышает 0,6 от номинального

значения скорости передачи. В сетях с маркерным доступом принципиально возможно *большее приближение* к номинальной величине скорости передачи. На рисунке показаны зависимости задержки от пропускаемой нагрузки для сети CSMA/CD с общим доменом коллизий и кольцевой сети с маркерным доступом для конкретной реализации.

Расчеты проводились для сетей с протяженностью кабеля 2км, общим числом станций  $N=50$ , средней длиной пакета  $n_{cp}=1000$ бит, размером заголовка сообщения равным 24 бит, скоростью передачи данных  $R=10$ Мбит/с.

Нормированная пропускная способность  $\rho$  определяется как отношение полезной пропускной способности к номинальной скорости передачи данных.

При нормированной пропускной способности  $\rho < 0,22$  CSMA/CD *превосходит* по производительности систему с маркерным доступом. Однако, максимальный трафик, пропускаемый через систему CSMA/CD при допустимых задержках, практически не превышает 60% от ее номинальной пропускной способности.



Зависимость задержки кадров от величины пропускаемого трафика для сетей с CSMA/CD (Ethernet в полудуплексном режиме) и сетей с маркерным доступом (Token Ring)

Управляемый доступ к общей среде обеспечивает более эффективное – до (80-90)% – использование пропускной способности сети. Это обстоятельство было особенно важно на первых этапах построения локальных сетей, когда в качестве общей среды использовались коаксиальные кабели в режиме полудуплекса, и увеличение скорости передачи являлось принципиальным ограничением.

Отметим, что приведенные данные относятся к сети Ethernet с *единым доменом коллизий*. Если в сети Ethernet, построенной на

концентраторах и поэтому представляющей общесетевой домен коллизий, заменить центральный концентратор коммутатором, то происходит логическая структуризация сети и единый домен коллизий разрушается. В этом случае домены коллизий ограничиваются логическими сегментами сети, и число коллизий резко уменьшается.

Подключение пользователей каждого сегмента через коммутаторы (вместо концентраторов), практически устраняет коллизии в сетях Ethernet. При использовании коммутаторов суммарный трафик, передаваемый по сети, может существенно превышать номинальную скорость передачи.

Простота обмена кадрами в технологии Ethernet без встроенных контрольных процедур стала решающей для сетевых пользователей.

### **3.4. Технология виртуальных локальных сетей (VLAN)**

#### **3.4.1. Постановка вопроса**

Построение крупных локальных сетей на основе «классической» технологии Ethernet сталкивается с определенными трудностями. Структуризация сети, путем формирования логических сегментов, сокращая нагрузку каждого сегмента и повышая пропускную способность всей сети, тем не менее, сохраняет ряд существенных сетевых проблем.

Прежде всего, использование *плоских* адресов в локальных сетях не препятствует распространению *широковещательного трафика*, часто применяемого в современных сетевых протоколах канального уровня. Например, ARP (Address Resolution Protocol)\* – протокол определения локального адреса по IP-адресу предполагает рассылку по сети широковещательных запросов.

Кроме того, сетевые сегменты, как правило, формируются из компьютеров, расположенных на небольшом расстоянии от концентратора или коммутатора, объединяющего компьютеры данного сегмента. Однако при оптимизации сетей более целесообразно объединять рабочие станции и сервера по организационным или функциональным требованиям.

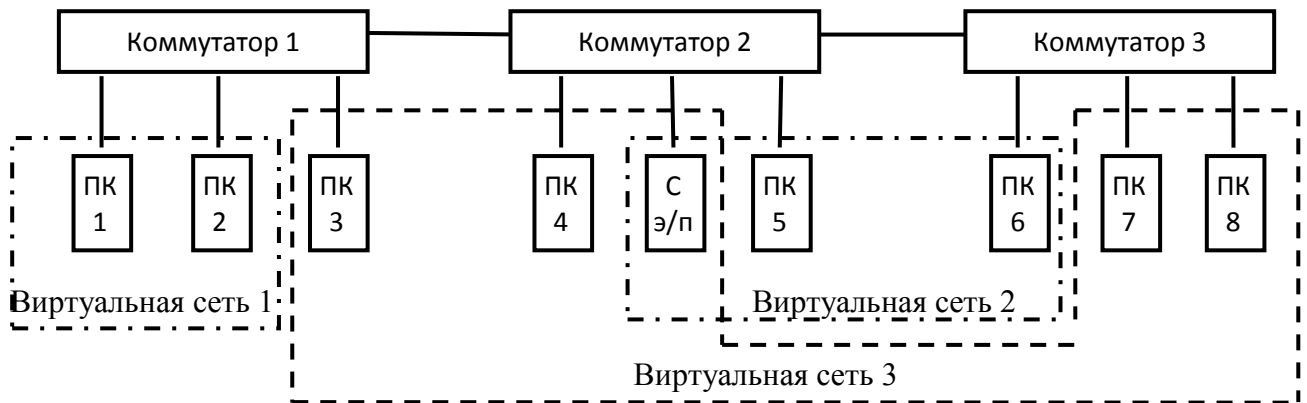
Указанные проблемы успешно решаются при помощи технологии виртуальных локальных сетей. Виртуальной локальной сетью VLAN (англ. Virtual Local Area Network) называется группа узлов сети, логически объединенных на *канальном* уровне, трафик которых *полностью* изолирован от других узлов сети. Узлы объединяются в локальную сеть программными средствами, независимо от пространственного размещения этих узлов. Изменение состава виртуальной сети осуществляется без трудоемких физических

переключений. Коммутаторы позволяют изолировать трафик, в том числе широковещательный, на **канальном** уровне.

В виртуальные сети могут объединяться компьютеры, подключенные к одному или нескольким коммутаторам. Сетевое устройство может одновременно входить в несколько виртуальных сетей (например, почтовый сервер), при этом виртуальные сети взаимно перекрываются (см. рис.).

Устройства разных виртуальных сетей «не видят» друг друга на канальном уровне. Для связи между виртуальными сетями необходим выход на сетевой уровень и применение маршрутизаторов.

\*Протокол ARP передает широковещательный запрос по сети, если требуемый **локальный адрес отсутствует** в имеющейся ARP-таблице сетевого устройства, и формирует широкополосное сообщение об **адресации вновь установленного** или замененного сетевого оборудования.



Сеть, состоящая из нескольких виртуальных локальных сетей

Изолированные подсети можно организовать также путем структуризации адресного пространства на **сетевом** уровне, т.е. с помощью введения составных сетевых адресов и использования маршрутизаторов, однако, применение коммутаторов обеспечивает большую скорость при обработке пакетов.

### 3.4.2. Технология виртуальных локальных сетей (VLAN)

В исходной конфигурации коммутаторы не ограничивают широкополосный трафик, т.е. организация VLAN требует специальной настройки портов.

Технология VLAN предусматривает различные способы настройки коммутаторов при построении виртуальных сетей.

Виртуальные сети на базе **одного** коммутатора или стека коммутаторов с общим управлением легко организуются путем **группирования портов** по различным виртуальным сетям. При этом коммутационное поле коммутатора **разделяется** на изолированные части. Портам и, соответственно, подключенным к ним сетевым узлам, входящим в определенную локальную сеть, соответствует отдельная

часть таблицы коммутации, определяющая передачу кадров в данной виртуальной сети.

Организация виртуальных сетей на *нескольких* коммутаторах методом группирования портов требует установления для каждой сети *собственной* соединительной линии между коммутаторами. Это требует выделения большого числа портов и усложняет администрирование сетей.

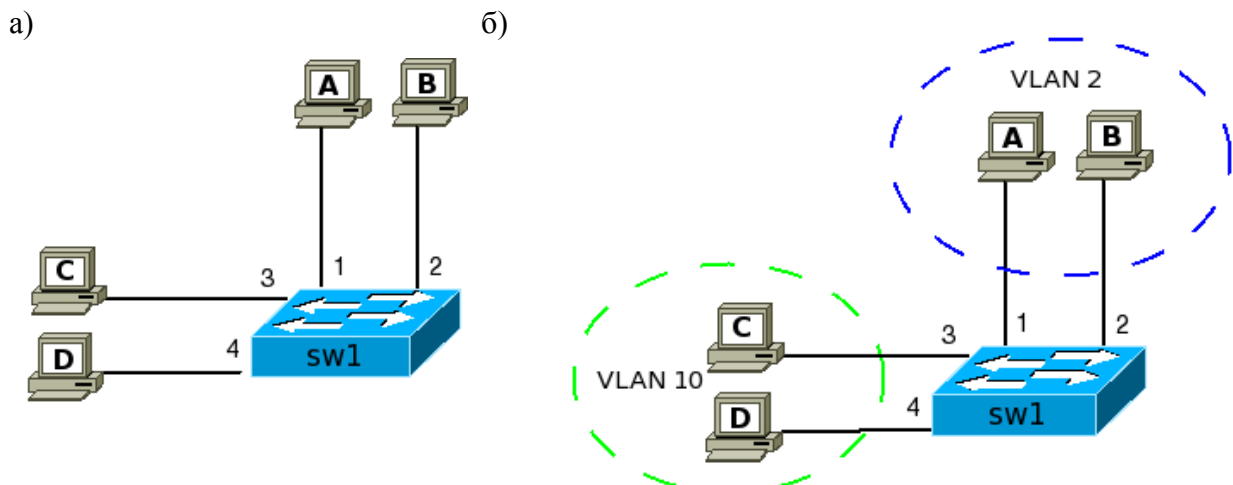
Для объединения в виртуальные сети узлов, подключенных к *различным* коммутаторам, технология VLAN предлагает более экономичный способ. Порты коммутаторов вводят в передаваемый Ethernet-кадр специальные метки, свидетельствующие о принадлежности данного кадра к определенной виртуальной сети (стандарт IEEE 802.1Q). Это позволяет использовать общие соединительные линии между коммутаторами для различных виртуальных сетей при сохранении изоляции трафика каждой сети. Порты, на выходе которых передаются кадры с метками, называются «тегированными» (англ. Tag – ярлык). При передаче кадра от коммутатора на рабочую станцию тег изымается из кадра, т.е. рабочие станции получают кадры без каких-либо следов тегирования.

Рассмотрим более подробно методы, предлагаемые технологией VLAN.

### 3.4.2.1 Организация виртуальных сетей на основе группирования портов

Организуем две виртуальные сети из рабочих станций, имеющих MAC-адреса A, B, C и D и подключенных к одному коммутатору (см. рисунок)

По умолчанию, все порты коммутатора входят в состав VLAN1. При организации виртуальных сетей в таблицу коммутации вводится дополнительный столбец для индексов VLAN\_ID, определяющих принадлежность порта к определенной VLAN. Рабочая станция, подключенная к конкретному порту, входит в состав сети, которой прикреплен данный порт.





в)

Порт коммутатора	VLAN ID	MAC-адрес компьютера
1	1	A
2	1	B
3	1	C
4	1	D

г)

Порт коммутатора	VLAN ID	MAC-адрес компьютера
1	2	A
2	2	B
3	10	C
4	10	D

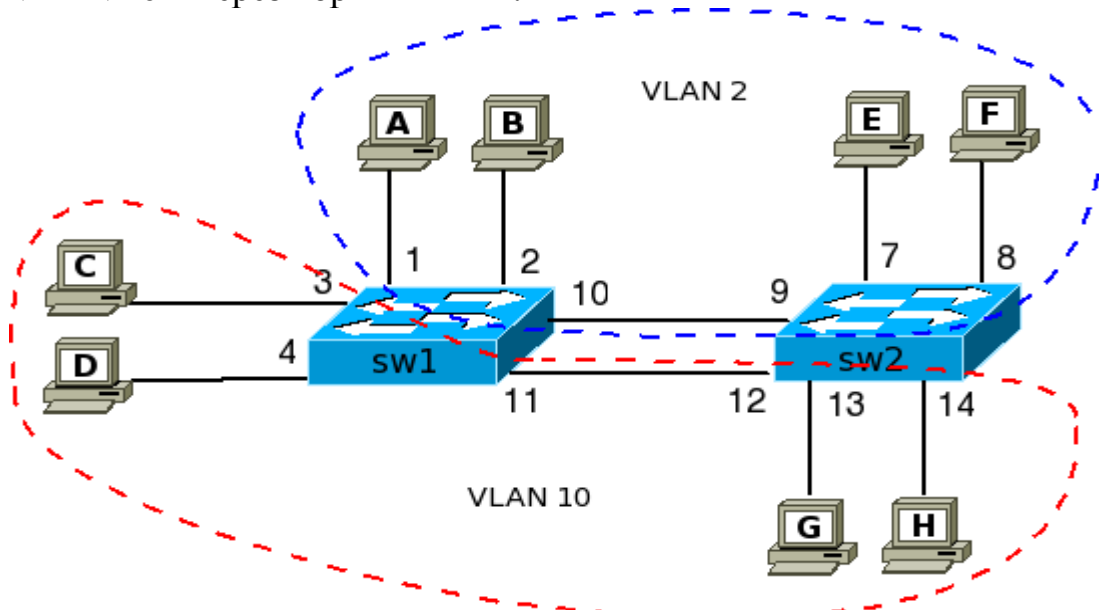
- а – схема исходной сети;  
 б – сеть, разделенная на VLAN;  
 в – таблица коммутации до формирования VLAN;  
 г – таблица коммутации с VLAN

#### Организация VLAN на одном коммутаторе

Коммутация пакетов происходит обычным образом, но при получении пакета устройство управления анализирует только ту часть таблицы коммутации, которая относится к виртуальной сети станции-отправителя.

Один и тот же порт может быть **одновременно** приписан к **нескольким** виртуальным сетям. Это позволяет организовать совместный доступ пользователей различных виртуальных сетей к общему сетевому ресурсу (принтер, сервер электронной почты и т.д.).

Если узлы виртуальной сети подключены к разным коммутаторам, то информацию такой сети необходимо **передать** между коммутаторами. Простейшим решением является выделение для **каждой** сети **отдельной пары портов** на соединяемых коммутаторах (см. рис.) и организации соответствующей соединительной линии между этими портами. Сигналы VLAN 2 передаются через порты 10 и 9, а сигналы VLAN 10 – через порты 11 и 12.



Организация виртуальных сетей на двух коммутаторах с отдельной соединительной линией для каждого VLAN

В этом случае таблицы коммутации имеют следующий вид.

Порт коммутатора 1	VLAN ID	MAC-адрес компьютера
1	2	A
2	2	B
10	2	E
10	2	F
3	10	C
4	10	D
11	10	G
1	10	H

Таблица коммутатора 1

Порт коммутатора 2	VLAN ID	MAC-адрес компьютера
7	2	E
8	2	F
9	2	A
9	2	B
13	10	G
14	10	H
12	10	C
12	10	D

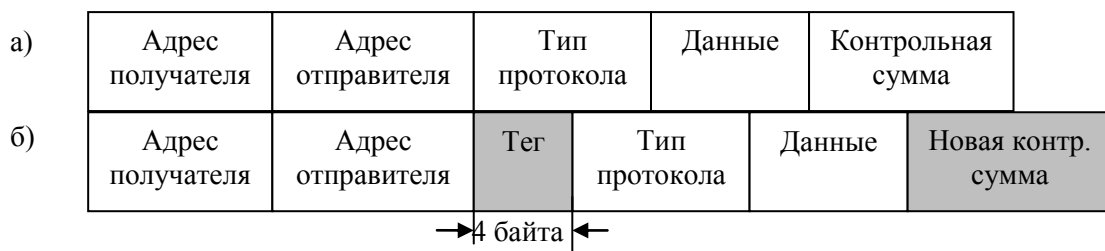
Таблица коммутатора 2

Рассмотренная схема организации виртуальных сетей практически применима лишь при малом (2-4) числе виртуальных сетей и простой сетевой инфраструктуре (1-2 коммутатора). При большем количестве VLAN и коммутаторов, резко увеличивается число требуемых портов и соединительных цепей между коммутаторами для организации внутрисетевых связей, и резко возрастает трудоемкость формирования виртуальных сетей.

### 3.4.2.2 Организация виртуальных сетей на основе ввода меток в передаваемый кадр (стандарт IEEE 802.1Q)

Чтобы обеспечить передачу между коммутаторами пакетов нескольких VLAN через *общие* порты, и при этом сохранить изоляцию трафика каждой сети, в соответствии с стандартом IEEE 802.1Q в *передаваемые канальные кадры вводится специальная метка – «тег»* (англ. tag - ярлык). Кадр с такой меткой называется «помеченным» – тегированным.

Структуры исходного и тегированного кадров\* показаны на рисунке.



Обычный (а) и тегированный (б) кадры Ethernet

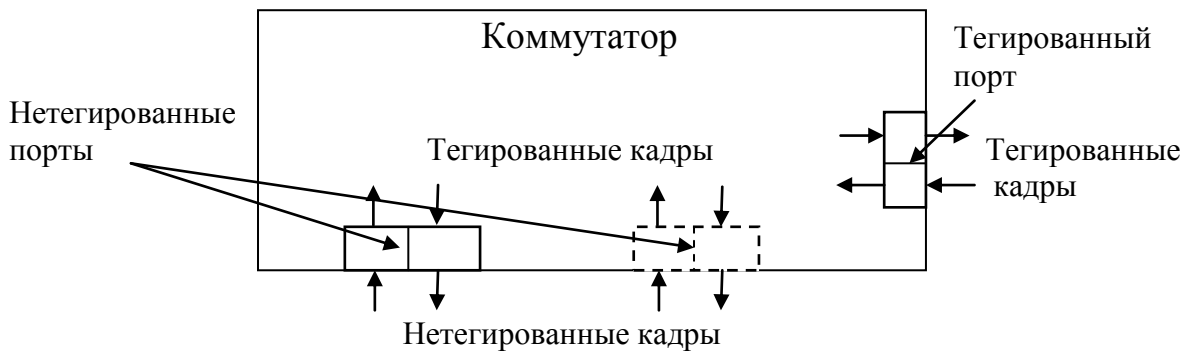
\*Добавляемая метка кадра включает в себя *двухбайтовое поле* TPID (Tag Protocol Identifier) и *двухбайтовое поле* TCI (Tag Control Information). Поле TCI, в свою очередь, состоит из полей Priority, CFI и VID. Поле Priority длиной 3 бита задает восемь возможных уровней приоритета кадра. *Поле VID (VLAN ID) длиной 12 бит является идентификатором виртуальной сети*. Эти 12 бит позволяют определить 4096 различных виртуальных сетей, однако идентификаторы 0 и 4095 зарезервированы для специального использования, поэтому всего в стандарте 802.1Q

возможно определить 4094 виртуальные сети. Поле CFI (Canonical Format Indicator) длиной 1 бит зарезервировано для обозначения кадров сетей других типов (Token Ring, FDDI), передаваемых по магистрали Ethernet, и для кадров Ethernet всегда равно 0.

**Внутри** коммутатора передаются только **тегированные** кадры.

Порты различаются по характеру выходного сигнала. Порт, сохраняющий тег в выходном сигнале, называется **тегированным** (режим trunk в коммутаторах Cisco). Порт, удаляющий тег при формировании выходного сигнала, называется **нетегированным** (режим access в коммутаторах Cisco).

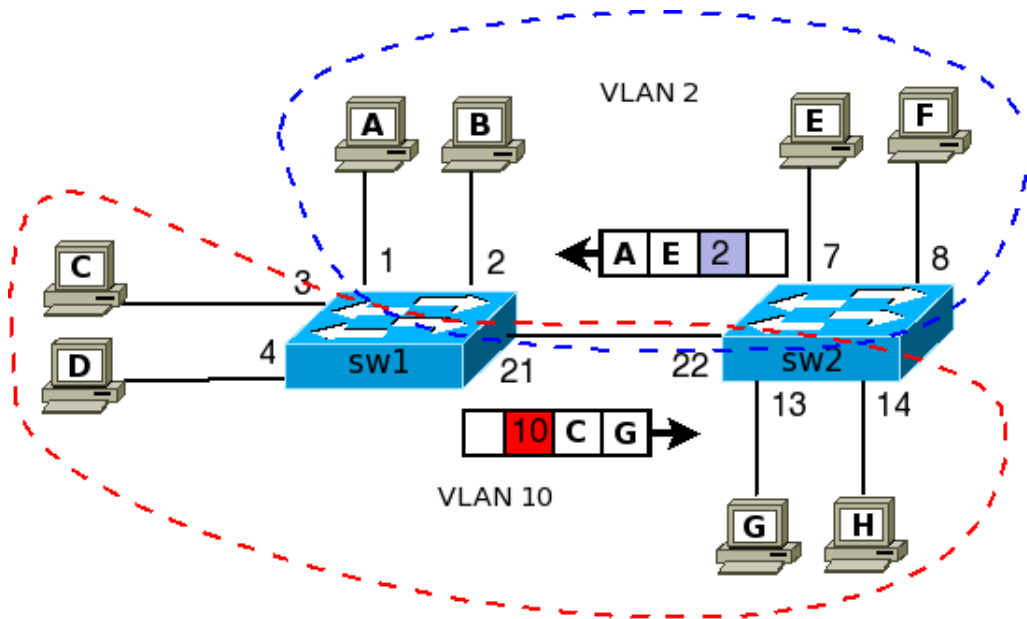
Режимы работы тегированного и нетегированного портов коммутатора пояснены на рисунке.



Режимы работы тегированных и нетегированных портов

Схема организации виртуальных сетей с использованием тегированных портов и общей линией связи между коммутаторами, изображена на рисунке.

На коммутаторах №1 и №2 порты, соответственно, 21 и 22 – это тегированные порты, используемые для связи между коммутаторами. Остальные порты – нетегированные.



Организация виртуальных сетей на двух коммутаторах с общей соединительной линией для каждого VLAN

Если компьютер E передает кадр компьютеру A, то в таблице коммутации коммутатора 2 указано, что компьютер A доступен через порт 22. Этот порт настроен как тегированный, поэтому в кадре при выходе из порта 22 передается тег 2, соответствующий VLAN 2. Коммутатор 1 получает кадр через тегированный порт 21. Чтобы определить, на какой порт передавать кадр далее, коммутатор 1 использует таблицу коммутации для VLAN 10, как указано в теге данного кадра. На выходе порта 1 тег изымается из передаваемого кадра.

Порт 21 тоже настраивается как тегированный, способный считать информацию тега. При передаче трафика от коммутатора 1 к коммутатору 2 порт 21, соответственно вводит тег в передаваемый кадр.

Остальные порты коммутаторов остаются нетегированными

Рабочие станции получают обычные кадры без каких-либо следов тегирования.

К **тегированным** портам, на выходе которых исходящие пакеты содержат информацию о принадлежности к виртуальной сети, может быть подключено устройство, поддерживающее стандарт IEEE 802.1Q – коммутатор или сервер.

К **нетегированным** портам, у которых из исходящих пакетов удалена информация о принадлежности к виртуальной сети, можно подключать любое сетевое устройство, включая компьютеры пользователей, сетевые карты которых не поддерживают указанный стандарт.

### **3.5 Перспективы развития локальных вычислительных сетей**

В настоящее время наиболее перспективными технологиями ЛВС являются скоростные версии *Ethernet*, использующие симметричные медные пары для подключения пользователей, широкополосные оптические кабели для магистральных соединений и реализующие *полнодуплексный режим* работы коммутаторов и рабочих станций. При этом ограничения, свойственные системам со случайным доступом практически не сказываются на работе локальной сети. Простота подключения пользователей к сети и незначительные задержки обеспечили преимущество сетей Ethernet.

Соревнование между системами случайного и управляемого доступа, видимо, заканчивается победой систем со случайным доступом.

Обеспечение строгого администрирования требует значительных аппаратурных и управленческих затрат и, в конечном итоге, не обеспечивают эффективную работу сложных систем.

В глобальных сетях, как будет показано далее, выбор также сделан в пользу Интернет – сетевой технологии с нерегулируемым доступом.

Большинство ЛВС обеспечивают выход в глобальную сеть Интернет, что резко расширяет возможности пользователей. Перейдем к изучению *глобальных* сетей передачи данных.