

# Методы управления обменом

- *Метод управления* – это один из важнейших параметров сети.
- Тип метода управления обменом во многом определяется особенностями топологии сети. Но в то же время он не привязан жестко к топологии, как нередко принято считать.

От эффективности работы выбранного метода управления обменом зависит очень многое:

- *скорость обмена информацией* между компьютерами,
- *нагрузочная способность* сети (способность работать с различными интенсивностями обмена),
- *время реакции* сети на внешние события и т.д.

# Методы управления обменом в локальных сетях

Методы управления обменом в локальных сетях делятся на две группы:

- **Централизованные методы**, в которых все управление обменом сосредоточено в одном месте.

**Недостатки** таких методов: неустойчивость к отказам центра, малая гибкость управления (центр обычно не может оперативно реагировать на все события в сети).

**Достоинство централизованных методов** – отсутствие конфликтов, так как центр всегда предоставляет право на передачу только одному абоненту, и ему не с кем конфликтовать.

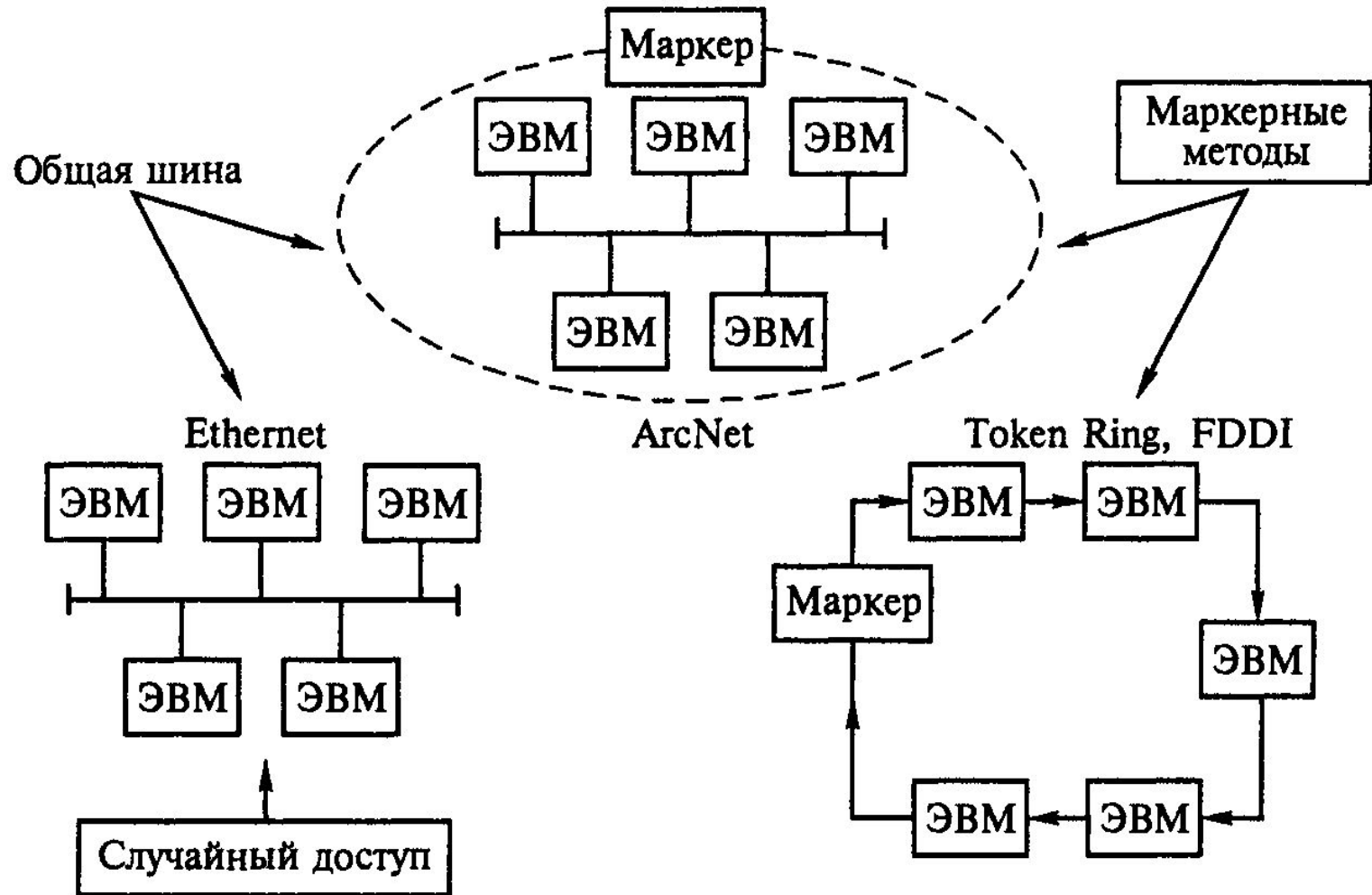
- **Децентрализованные методы**, в которых отсутствует центр управления. Всеми вопросами управления, в том числе предотвращением, обнаружением и разрешением конфликтов, занимаются все абоненты сети.

**Достоинства децентрализованных методов**: высокая *устойчивость к отказам* и большая гибкость. Однако в данном случае возможны конфликты, которые надо разрешать.

Существует и другое *деление* методов управления обменом, относящееся, главным образом, к **децентрализованным методам**:

- **Детерминированные методы** определяют четкие правила, по которым чередуются захватывающие сеть абоненты.
- **Случайные методы** подразумевают случайное чередование передающих абонентов. При этом возможность конфликтов подразумевается, но предлагаются способы их разрешения. Пример *случайного метода* – CSMA/CD (сеть Ethernet).

# Методы доступа к среде передачи данных



# Физическая структуризация сети

**Конфигурация физических связей** определяется электрическими соединениями компьютеров и может быть представлена в виде графа, узлами которого являются компьютеры и коммуникационное оборудование, а ребра соответствуют отрезкам кабеля, связывающим пары узлов. В некоторых случаях физическая и логическая структуризации совпадают. Основными средствами физической структуризации локальных сетей являются повторители, концентраторы или хабы.

Так, концентратор Ethernet повторяет входной сигнал на всех своих портах, кроме того, с которого этот сигнал поступил. А концентратор Token Ring повторяет входной сигнал только на одном, соседнем порту.

Физическая структуризация сети не позволяет справиться с такими важными проблемами, как дефицит пропускной способности в разных частях линий связи, поэтому используется **логическая структуризация сети**.

**Логические связи** представляют собой пути прохождения информационных потоков по сети; они образуются путем соответствующей настройки коммуникационного оборудования.

Распространение трафика, предназначенного для компьютеров некоторого сегмента сети, только в пределах этого сегмента называется **локализацией трафика**.

**Логическая структуризация сети** – это процесс разбиения сети на сегменты с локализованным трафиком.

Логическая структуризация сети проводится путем использования мостов, коммутаторов, маршрутизаторов и шлюзов.

# CSMA/CD)

*случайный доступ* CSMA (Carrier Sense Multiple Access) — множественный доступ с контролем несущей;

*маркерные методы* — на основе маркерной шины и маркерного кольца.

Существуют две разновидности метода случайного доступа: CSMA/CS — множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов и приоритетный доступ.

*Метод множественного доступа с прослушиванием несущей и разрешением коллизий (CSMA/CD). Этот метод доступа используется как в обычных сетях типа Ethernet, так и в высокоскоростных сетях (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet). По сравнению с классическим методом CSMA в методе CSMA/CD добавлено обнаружение конфликтов ( коллизий ) во время передачи, что повышает скорость доставки информации.*

# CSMA/CD)

**Метод множественного доступа с прослушиванием несущей и разрешением коллизий (CSMA/CD)** устанавливает следующий порядок: если рабочая станция хочет воспользоваться сетью для передачи данных, она сначала должна проверить состояние канала: начинать передачу станция может, если канал свободен.

В процессе передачи станция продолжает прослушивание сети для обнаружения возможных конфликтов. Если возникает конфликт из-за того, что два узла попытаются занять канал, то обнаружившая конфликт интерфейсная плата, выдает в сеть специальный сигнал, и обе станции одновременно прекращают передачу. Принимающая станция отбрасывает частично принятое сообщение, а все рабочие станции, желающие передать сообщение, в течение некоторого, случайно выбранного промежутка времени выжидают, прежде чем начать сообщение.

Все сетевые интерфейсные платы запрограммированы на разные **псевдослучайные промежутки времени**. Если конфликт возникнет во время повторной передачи сообщения, этот промежуток времени будет увеличен. Стандарт типа *Ethernet* определяет сеть с конкуренцией, в которой несколько рабочих станций должны конкурировать друг с другом за право доступа к сети.

При описании временных диаграмм сетей типа *Ethernet* и *Fast Ethernet*, а также предельных *размеров пакетов* (кадров) широко используются следующие термины:

***IPG (interpacket gap, межпакетная щель)*** – минимальный промежуток времени между передаваемыми пакетами (9,6 мкс для Ethernet; 0,96 мкс для Fast Ethernet). Другое название – **межкадровый интервал**.

***BT (Bit Time, время бита)*** – интервал времени для передачи одного бита (100 нс для Ethernet / 10 нс для Fast Ethernet).

***PDV (Path Delay Value, значение задержки в пути)*** – время прохождения сигнала между двумя узлами сети (круговое, то есть удвоенное). Учитывает суммарную задержку в кабельной системе, сетевых адаптерах, повторителях и других сетевых устройствах.



# Условие распознавания КОЛЛИЗИИ

Для надежного распознавания коллизий должно выполняться условие  $T_{\min} \geq PDV$ , где  $T_{\min}$  — время передачи кадра минимальной длины, а  $PDV$  — время, за которое сигнал коллизии успеваеет 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).

- Collision window (окно коллизий) – максимальное значение  $PDV$  для данного сегмента.
- Collision domain (область коллизий, зона конфликта) – часть сети, на которую распространяется ситуация коллизии, конфликта.
- Slot time (время канала) – максимально допустимое окно коллизий для сегмента (512 БТ).
- Minimum frame size – минимальный размер кадра (512 бит).
- Maximum frame size – максимальный размер кадра (1518 байт).
- Maximum network diameter (максимальный диаметр сети) – максимальная допустимая длина сегмента, при которой его окно коллизий не превышает slot time, времени канала.
- Truncated binary exponential back off (усеченная двоичная экспоненциальная отсрочка) – задержка перед следующей попыткой передачи пакета после коллизии (допускается максимум 16 попыток). Вычисляется она по следующей формуле:

$$\underline{RAND}(0, 2^{\min(N, 10)}) \times 512 \times \text{BT}$$

где  $N$  – значение счетчика попыток,  $\underline{RAND}(a, b)$  – генератор случайных нормально распределенных целых чисел в диапазоне  $a...b$ , включая крайние значения. Дискрет изменения данного параметра равен минимальной длине пакета или максимально допустимой двойной задержке распространения сигнала в сети ( $PDV$ ).

# Доступ к сети Ethernet

Доступ к сети Ethernet осуществляется по случайному методу CSMA/CD, обеспечивающему равноправие абонентов. В сети используются пакеты переменной длины со структурой, представленной на рис.



Преамбула обеспечивает синхронизацию приёмника и услуги по разграничению кадров.

# Поля пакета *Ethernet*

- **Длина кадра *Ethernet*** (то есть пакета без преамбулы) должна быть не менее 512 битовых интервалов или 51,2 мкс (именно такова предельная величина двойного времени прохождения в сети). Предусмотрена **индивидуальная, групповая и широковещательная адресация.**

В пакет *Ethernet* входят следующие поля:

- **Преамбула** состоит из 8 байт, первые семь представляют собой код 10101010, а последний байт – код 10101011. В стандарте IEEE 802.3 восьмой байт называется признаком начала кадра (SFD – Start of Frame *Delimiter*) и образует отдельное *поле пакета*.
- **Адреса получателя (приемника) и отправителя (передатчика)** включают по 6 байт и строятся по стандарту, описанному в разделе "Адресация пакетов". Эти адресные поля обрабатываются аппаратурой абонентов.
- **Поле управления (L/T – Length/Type)** содержит информацию о длине поля данных. Оно может также определять тип используемого протокола. Принято считать, что если значение этого поля не больше 1500, то оно указывает на длину поля данных. Если же его значение больше 1500, то оно определяет тип кадра. Поле управления обрабатывается программно.

# Поля пакета *Ethernet*

**Поле данных** должно включать в себя от 46 до 1500 байт данных. Если пакет должен содержать менее 46 байт данных, то поле данных дополняется байтами заполнения. Согласно стандарту IEEE 802.3, в структуре пакета выделяется специальное поле заполнения (*pad data* – незначащие данные), которое может иметь нулевую длину, когда данных достаточно (больше 46 байт).

**Поле контрольной суммы** (*FCS – Frame Check Sequence*) содержит 32-разрядную циклическую контрольную сумму пакета (*CRC*) и служит для проверки правильности передачи пакета.

Таким образом, минимальная *длина* кадра (пакета без преамбулы) составляет 64 байта (*512 бит*). Именно эта величина определяет максимально допустимую двойную *задержку распространения* сигнала по сети в 512 битовых интервалов (51,2 мкс для *Ethernet* или 5,12 мкс для *Fast Ethernet* ).

Стандарт предполагает, что преамбула может уменьшаться при прохождении пакета через различные сетевые устройства, поэтому она не учитывается.

**Максимальная длина кадра** равна 1518 байтам (12144 бита, то есть 1214,4 мкс для *Ethernet*, 121,44 мкс для *Fast Ethernet* ). Это важно для выбора размера буферной памяти сетевого оборудования и для оценки общей загруженности сети.

# Ethernet

В стандарте Ethernet принято, что минимальная длина поля данных кадра составляет 46 байт (что вместе со служебными полями дает минимальную длину кадра 64 байта, а вместе с преамбулой — 72 байта или 576 бит). Отсюда может быть определено ограничение на расстояние между станциями. Так, в 10-мегабитном Ethernet время передачи кадра минимальной длины составляет 575 битовых интервалов, следовательно, время двойного оборота должно быть меньше 57,5 мкс. Расстояние, которое сигнал может пройти за это время, зависит от типа кабеля; для толстого коаксиального кабеля оно равно примерно 13 270 м. Поскольку сигнал должен пройти по линии связи дважды, расстояние между двумя узлами не должно быть больше 6635 м. В стандарте это рас-

# *Метод с передачей маркера*

- Данный метод характеризуется следующими достоинствами:
  - гарантирует определенное время доставки блоков данных в сети;
  - дает возможность предоставления различных приоритетов передачи данных.
- Вместе с тем он имеет существенные недостатки:
  - в сети возможны потеря маркера, а также появление нескольких маркеров, при этом сеть прекращает работу;
  - включение новой рабочей станции и отключение связаны с изменением адресов всей системы.



# Маркерные методы доступа

К маркерным методам доступа относятся два наиболее известных типа передачи данных по локальной сети: *маркерная шина* (стандарт IEEE 802.4) и *маркерное кольцо* (стандарт IEEE 802.5).

*Маркер* — это управляющая последовательность бит, передаваемая компьютером по сети. Маркер предназначен для управления доступом к сети компьютеров в маркерных методах доступа.



# *Метод с передачей маркера*

- *Метод с передачей маркера* – это метод доступа к среде, в котором от рабочей станции к рабочей станции передается **маркер**, дающий разрешение на передачу сообщения. При получении маркера рабочая станция может передавать сообщение, присоединяя его к маркеру, который переносит это сообщение по сети. Каждая станция между передающей станцией и принимающей видит это сообщение, но только станция – адресат принимает его. При этом она создает новый маркер.
- **Маркер (token)**, или полномочие, – уникальная комбинация битов, позволяющая начать передачу данных.

# Локальные сети на основе маркерной шины

Физически маркерная шина представляет собой линейный или древовидный кабель, к которому присоединены станции. Самой распространенной реализацией данного построения являются сети ArcNet. Логически соединение станций организовано в кольцо, в котором каждая станция знает адреса своих соседей «слева» и «справа». При инициализации логического кольца право посылать кадр получает станция с наибольшим номером. Переслав кадр, она передает право пересылки своему ближайшему соседу, посылая ему специальный управляющий кадр, называемый маркером (рис. 7.3).

Маркер перемещается по логическому кольцу, при этом право передачи кадров имеет только держатель маркера. Поскольку в каждый момент времени маркер может находиться только у одной станции, столкновений не происходит.

Физический порядок, в котором станции соединены кабелем, не имеет значения. Поскольку кабель является широкополосной средой, каждая станция получает каждый кадр, игнорируя кадры, адресованные не ей. Передавая маркер, станция посылает маркерный кадр своему логическому соседу по кольцу, независимо от его физического расположения.

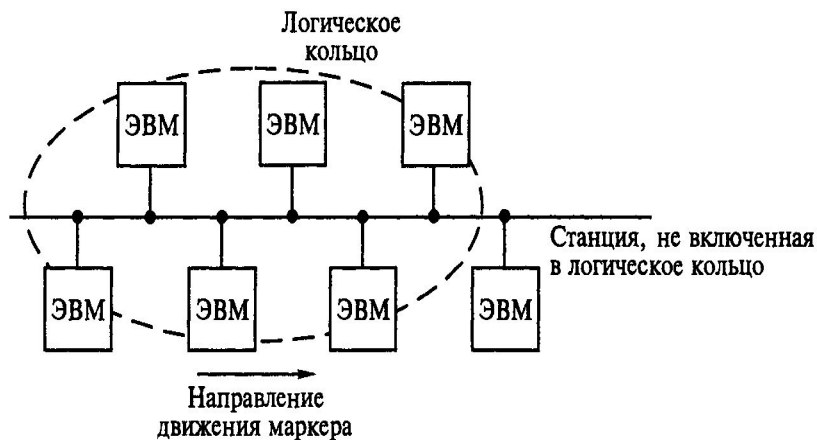


Рис. 7.3. Структура сети на основе маркерной шины

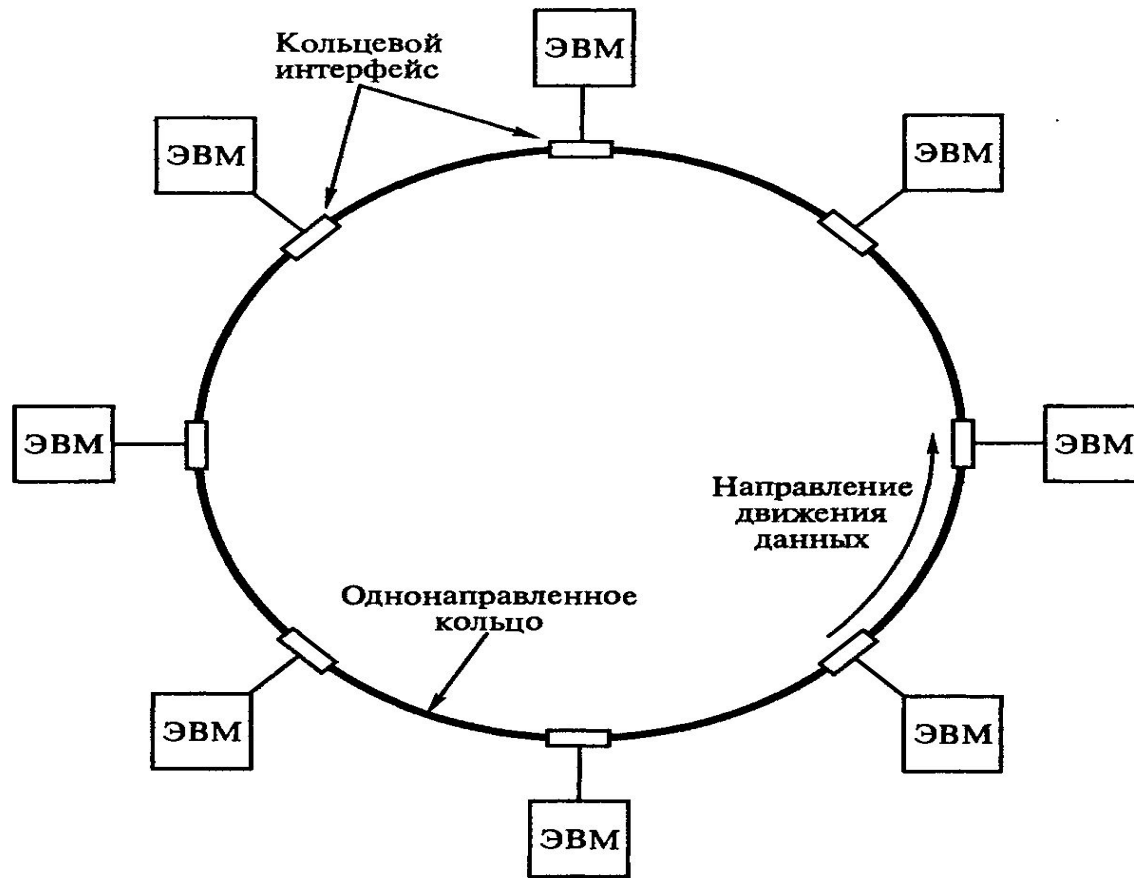
Инициализация кольца осуществляется следующим образом. Когда все станции выключены и одна из них переходит в подключенный режим, она замечает, что в течение определенного периода в сети нет трафика (по сети ничего не передается). Тогда она посылает широковещательный запрос с требованием маркера. Не услышав никаких конкурентов, претендующих на маркер, она сама создает маркер и кольцо, состоящее из одной станции. Периодически она посылает управляющий кадр, предлагающий другим станциям присоединиться к кольцу. Пример передаваемого кадра при маркерной организации сети представлен на рис. 7.4. Когда новые станции включаются, они отвечают на эти предложения и присоединяются к кольцу. При этом соседи станции «слева» и «справа» запоминают адрес вновь включенной в кольцо машины и провозглашают ее своим соседом.

При выходе из кольца некой станции она посылает своей предшественнице кадр, информирующий ее о том, что с этого момента вместо нее будет ее преемница. После этого она прекращает передачу.

Если некая станция вышла из строя, а ее преемница не начала передавать кадры и не передала маркер дальше, маркер посылается еще раз станцией — держательницей маркера. Если и после этого станция-преемница не ответила, то посылается широковещательный запрос с информацией об адресе преемницы и о станции, которая должна быть следующей. Когда некая станция видит этот запрос с адресом своей предшественницы, она широковещательным ответом провозглашает преемницей себя, и вышедшая из строя станция удаляется из кольца.

Если станция выбывает из кольца вместе с маркером, то происходит инициализация кольца заново.

# Сети на основе маркерного кольца



Локальные сети на основе маркерного кольца (Token Ring) имеют кольцевую архитектуру, что подразумевает индивидуальные соединения «точка—точка». Управляющая станция генерирует специальное сообщение — маркер (token) и последовательно передает его всем компьютерам. Правом передачи данных обладает единственный компьютер, располагающий маркером. Как только маркер достигает станции, которая собирается передавать данные, последняя «присваивает» маркер себе и изменяет его статус на «занято». Затем маркер дополняется всей информацией, которую предполагалось передать, и снова отправляется в сеть. Маркер будет циркулировать в сети до тех пор, пока не достигнет адресата информации. Получающая сторона обрабатывает полученную вместе с маркером информацию и опять передает маркер в сеть. Когда маркер возвращается к исходной станции, он удаляется, после чего генерируется новый маркер. Циркуляция начинается заново (рис 7.5).

Серьезным недостатком такого типа построения сетей является то, что разрыв кабеля в одной точке приводит к полной остановке работы сети.

На основе маркерного кольца строятся локальные сети Token Ring. В настоящее время существуют две разновидности этого типа сетей с пропускной способностью 4 и 16 Мбит/с.

# Приоритетный доступ

Для различных видов сообщений передаваемым кадрам могут назначаться различные *приоритеты* — от 0 (низший) до 7 (высший). Решение о приоритете конкретного кадра принимает передающая станция (протокол Token Ring получает этот параметр через межуровневые интерфейсы от протоколов верхнего уровня, например прикладного). Маркер также всегда имеет некоторый уровень текущего приоритета. Станция может воспользоваться маркером, если только у нее есть кадры для передачи с приоритетом, равным приоритету маркера или бóльшим, чем он. Сетевой адаптер станции с кадрами, у которых приоритет ниже, чем приоритет маркера, не может захватить маркер, однако может поместить наибольший приоритет своих ожидающих передачи кадров в резервные биты маркера, но только в том случае, если записанный в резервных битах приоритет ниже его собственного. В результате в резервных битах приоритета устанавливается наивысший приоритет станции, которая пытается получить доступ к кольцу, но не может этого сделать из-за высокого приоритета маркера.

Станция, сумевшая захватить маркер, передает свои кадры с приоритетом маркера, а затем передает маркер следующему соседу. При этом она переписывает значение резервного приоритета в поле приоритета маркера, а резервный приоритет обнуляется. Поэтому при следующем проходе маркера по кольцу его захватит станция, имеющая наивысший приоритет. При инициализации кольца основной и резервный приоритеты маркера обнуляются.

# Приоритетный доступ

При этом способе концентратор, получив одновременно два запроса, отдает предпочтение тому, который имеет более высокий *приоритет*. Эта технология реализуется в виде системы с опросом. Интеллектуальный концентратор опрашивает подключенные к нему компьютеры и при наличии у нескольких из них запроса на передачу разрешает передать пакет данных тому, у которого установленный для него приоритет выше. Одним из примеров такого доступа является технология 100 VG (Voice Grade — голосовой канал) Any Lan, обладающая следующими возможностями: скорость передачи данных более 100 Мбит/сек; поддержка структурированной кабельной системы на основе витой пары и оптоволоконного кабеля.