

Тема 8

Технологии канального уровня

Содержание темы

- Технология Ethernet.
- Локальные адреса (MAC-адреса).
- Разделяемая среда передачи.
- Борьба с коллизиями.
- Беспроводные локальные сети (Wi-Fi).
- Персональные сети (Bluetooth).
- Коммутируемые сети Ethernet.

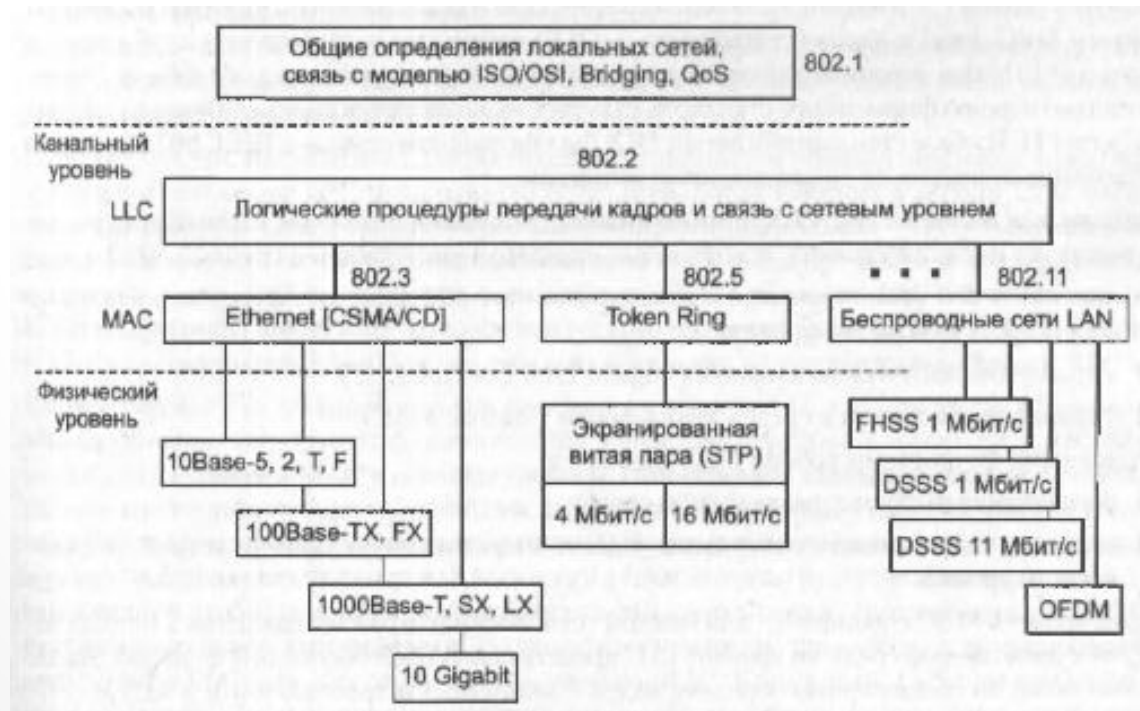
Содержание темы

- Алгоритм прозрачного моста IEEE 802.1D.
- Коммутаторы и их архитектура.
- Построение отказоустойчивых сетей с использованием протокола покрывающего дерева.
- Виртуальные локальные сети и их конфигурирование.

Технологии локальных сетей

Комитет IEEE 802 разделил функции канального уровня модели OSI на два подуровня:

- **управление логическим каналом** (Logical Link Control, **LLC**);
- **управление доступом к среде** (Media Access Control, **MAC**).



Технологии локальных сетей

Основными функциями уровня MAC являются:

- обеспечение доступа к разделяемой среде;
- передача кадров между конечными узлами посредством функций и устройств физического уровня.

Если уровень **MAC** специфичен для каждой технологии и отражает различия в методах доступа к разделяемой среде, то уровень **LLC** представляет собой обобщение функций разных технологий по обеспечению передачи кадра с различными требованиями к надежности.

Технологии локальных сетей

Общий для всех технологий уровень LLC обосновывается тем, что после того как узел сети получил доступ к среде в соответствии с алгоритмом, специфическим для конкретной технологии, дальнейшие действия узла или узлов по обеспечению надежной передачи кадров **от технологии не зависят**.

Рабочая группа 802.2 определила три типа услуг:

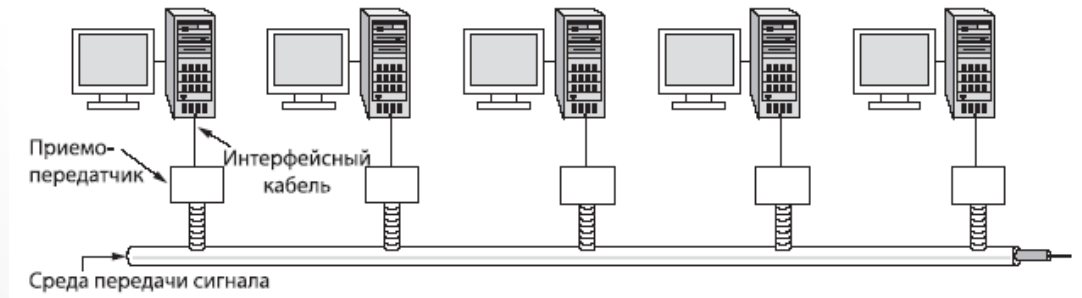
- **услуга LLC1** – это услуга без установления соединения и без подтверждения получения данных;
- **услуга LLC2** – это услуга с установлением соединения и с подтверждением при необходимости получения данных;
- **услуга LLC3** – это услуга без установления соединения, но с подтверждением получения данных.

Ethernet

Наиболее частой технологией для организации локальных сетей в настоящее время является технология **Ethernet** и ее модификации.

Построение и функционирование таких сетей регламентируется стандартом **IEEE 802.3**.

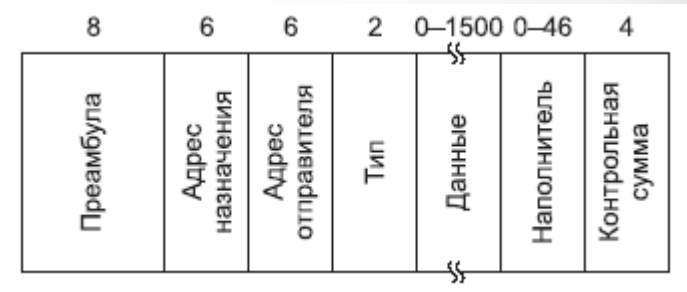
Классической версией **Ethernet** является стандартная сеть со скоростью передачи данных **10 Мбит/с**, работающая в **однополосном режиме**.



Ethernet

Формат кадра Ethernet:

- **преамбула** длиной 8 байт, которое содержит последовательность 10101010 (за исключением последнего 8-го байта **Start of Frame** (для IEEE 802.3), в котором значения последних двух битов равны 11);
- **два адреса** (получателя и отправителя) по 6 байт;
- **тип** (для DIX Ethernet) или **длина** (для IEEE 802.3) 2 байта;
- **данные**, размер которых ограничен 1500 байтами (Если в кадре содержится меньше 46 байт данных, то в него вставляется специальное поле **наполнитель**, с помощью которого размер кадра доводится до необходимого минимума);
- **контрольная сумма** – 32-битный код CRC (4 байта).



MAC-адреса

Адреса устройств в сети Ethernet по сути должны обладать **глобальной уникальностью**. Они централизованно назначаются **IEEE**, и это гарантирует, что один и тот же глобальный адрес не используется двумя станциями нигде в мире.

Идея заключается в том, что каждая станция может быть однозначно идентифицирована по ее **48-битному** номеру (**MAC-адресу**).

Для этого **первые 3 байта** поля адреса используются для **OUI (Organizationally Unique Identifier, организационно уникальный идентификатор)**, который IEEE назначает производителю оборудования.

Производитель назначает **последние 3 байта** адреса и программирует весь адрес в сетевой карте перед тем, как она поступает в продажу.

MAC-адреса

MAC-адреса имеют **плоскую организацию** и их множество адресов никак не структурировано. Такие адреса обычно используются только аппаратурой, поэтому их постарались сделать по возможности компактными.

Их записывают в виде **шести пар шестнадцатеричных цифр**, разделенных тире или двоеточиями, например

00:81:00:5e:24:a8

или **двоичного числа**.

В стандартах **IEEE Ethernet** младший бит байта изображается в самой левой позиции поля, а старший бит – в самой правой.

0000 0000 1000 0001 0000 0000 0111 1010 0010 0100 0001 0101

В стандартах других организаций (**RFC IETF, ITU-T, ISO**) используется традиционное представление байта:

0000 0000 1000 0001 0000 0000 0101 1110 0010 0100 1010 1000

MAC-адреса

Помимо отдельных интерфейсов, MAC-адрес может определять группу интерфейсов или даже все интерфейсы сети.

Первый (младший для IEEE) бит старшего байта адреса назначения является признаком того, является адрес индивидуальным или групповым:

- 0 – **индивидуальный адрес**, то есть идентифицирует один сетевой интерфейс;
- 1 – **групповой** (связан только с интерфейсами, сконфигурированными вручную или автоматически по запросу вышележащего уровня как члены группы, номер которой указан в групповом адресе. Если сетевой интерфейс включен в группу, то с ним ассоциируется еще один адрес – групповой).

MAC-адреса

В частном случае, если групповой адрес состоит из всех единиц, то есть имеет шестнадцатеричное представление $0xFFFFFFFF$, он идентифицирует все узлы сети и называется **широковещательным**.

Второй (второй справа для IEEE) бит старшего байта адреса определяет способ назначения адреса:

- 0 – **централизованный** (адрес назначен централизованно по правилам IEEE 802);
- 1 – **локальный**.

MAC-адреса

37:4a:fe:27:09:80

В стандартах **IEEE Ethernet** младший бит байта изображается в самой левой позиции поля, а старший бит – в самой правой.

1110 1100 0101 0010 0111 1111 1110 0100 1001 0000 0000 0001

↑↑
индивидуальный адрес

адрес выделен централизованно

В стандартах других организаций (**RFC IETF, ITU-T, ISO**) используется традиционное представление байта:

0011 0111 0100 1010 1111 1110 0010 0111 0000 1001 1000 0000

↑↑
адрес выделен централизованно

индивидуальный адрес

Разделяемая среда передачи

Разделение среды передачи – это процесс распределения одного широкополосного канала между многочисленными пользователями, претендующими на него.

Канал может представлять собой часть беспроводного спектра в некотором географическом регионе или один проводной или оптический канал, к которому присоединено несколько узлов.

Такой канал соединяет каждого пользователя со всеми остальными пользователями, и любой из них, полностью нагружающий канал, мешает другим передавать данные.

Разделяемая среда передачи

Статические способы распределения общего канала :

- **FDM** (Frequency Division Multiplexing – частотное уплотнение) и **WDM** (Wave Division Multiplexing – спектральное уплотнение);
- **TDM** (Time Division Multiplexing – временное уплотнение).

Динамические:

- система **ALOHA** (чистая и дискретная);
- **множественный доступ с контролем несущей CSMA (Carrier-Sense Multiple Access)** настойчивый, ненастойчивый с обнаружением коллизий (**CSMA/CD – with Collision Detection**) и с предотвращением коллизий (**CSMA/CA – with Collision Avoidance**);
- **протоколы без столкновений** (битовая карта, передача маркера и т. п.)

Разделяемая среда передачи

Коллизия – это одновременная передача двумя или более источниками кадров в общую распределяемую среду передачи.

Коллизия – это **нормальная ситуация в работе сетей Ethernet.**

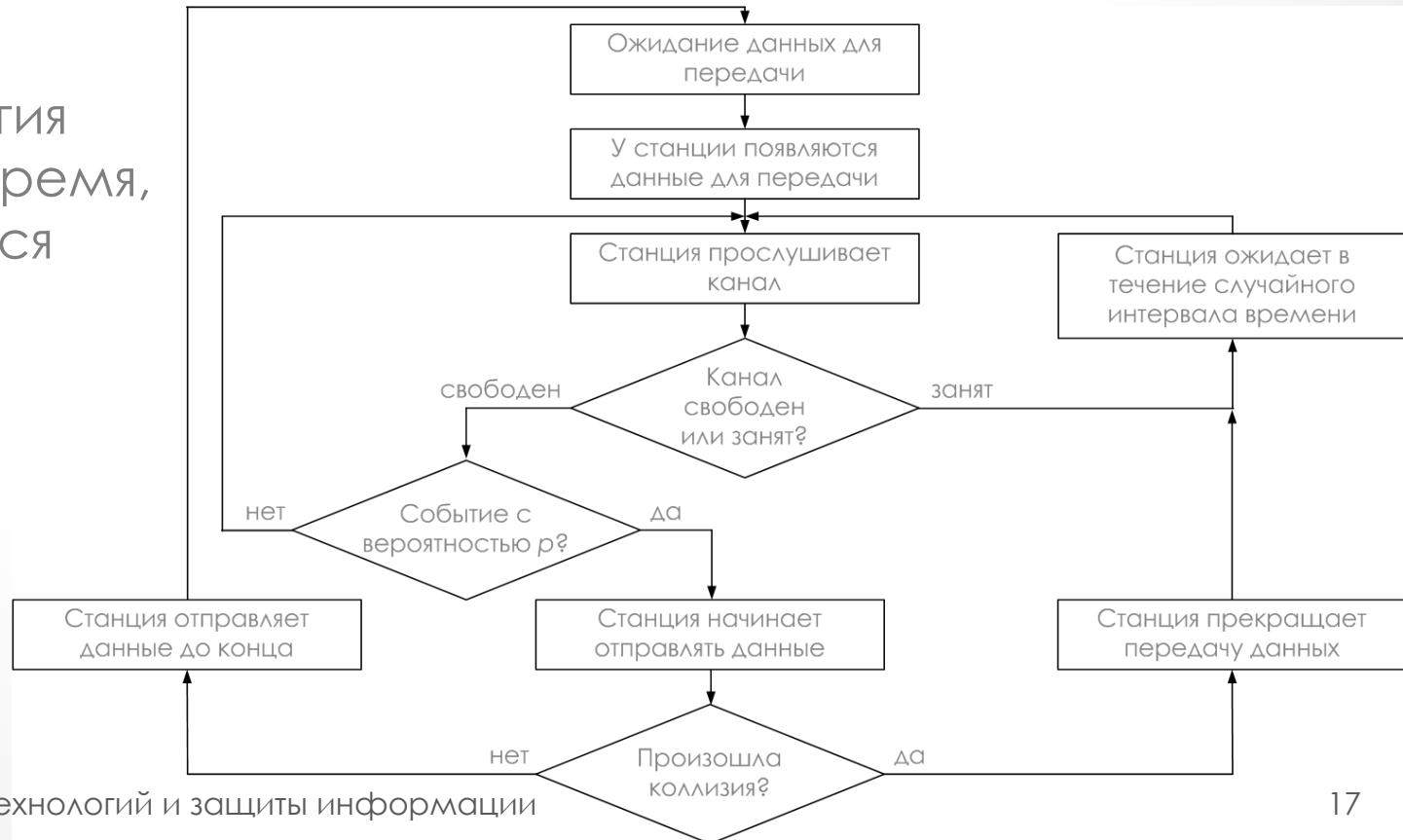
Для возникновения коллизии не обязательно, чтобы несколько станций начали передачу **абсолютно** одновременно, что маловероятно. Чаще один узел начинает передачу, а через некоторое время другой узел, проверив среду и не обнаружив несущую (сигналы первого узла еще не успели до него дойти), начинает передачу своего кадра.

Таким образом, **возникновение коллизии** является следствием **распределения узлов сети в пространстве.**

CSMA/CD

Протокол CSMA/CD позволяет станций быстро распознавать коллизию и немедленно прекращать передачу (а не завершать ее), так как данные все равно искажены.

Эта стратегия экономит время, и улучшается производительность канала.



Концентратор

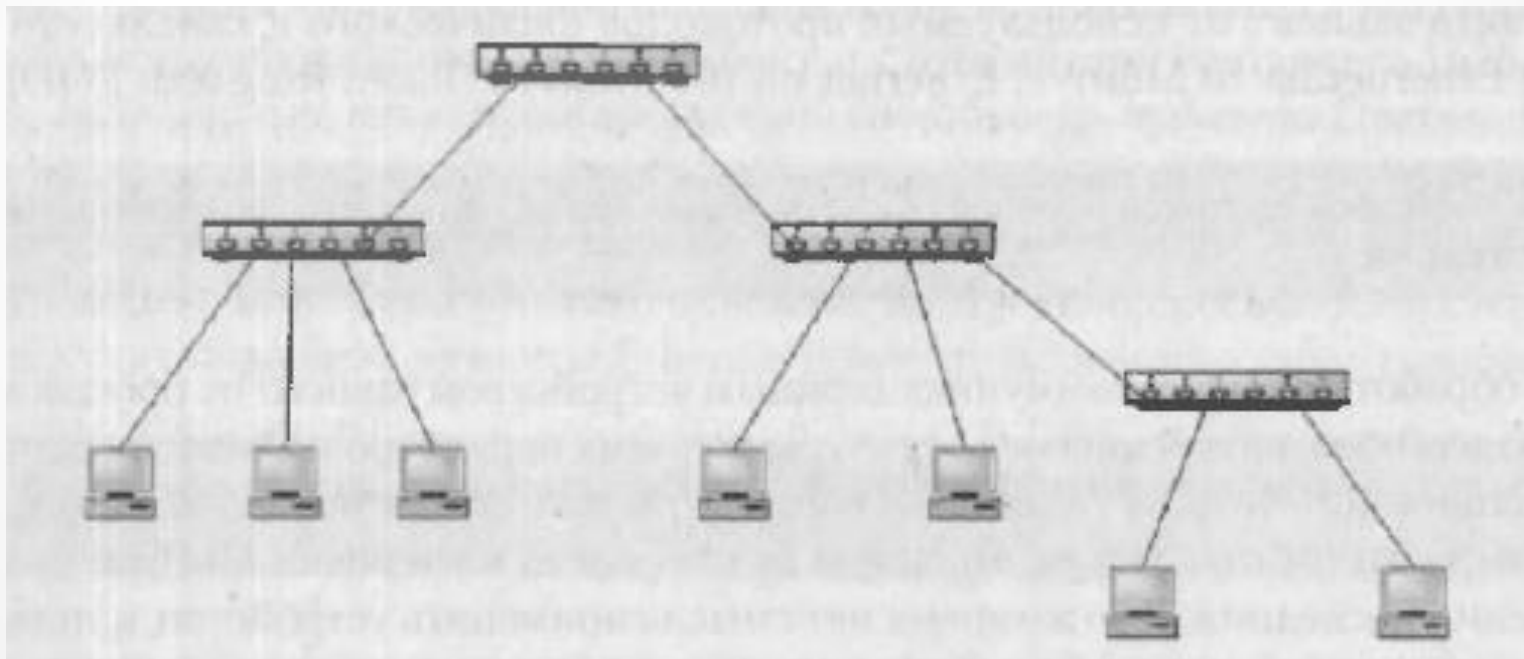
Для соединения узлов в сеть Ethernet **по витой паре** обязательно требуется коммуникационное устройство – **многопортовый повторитель**, который часто называют **концентратором**, или **хабом** (hub – центр, ступица колеса), так как в нем сконцентрированы соединения со всеми конечными узлами сети.

Фактически концентратор имитирует сеть на коаксиальном кабеле в том отношении, что физически отдельные отрезки кабеля на витой паре логически все равно представляют единую разделяемую среду.

Все правила доступа к среде по алгоритму CSMA/CD сохраняются.

Концентратор

При создании сети Ethernet на витой паре с большим числом конечных узлов концентраторы можно соединять друг с другом иерархическим способом, образуя **древовидную структуру**.



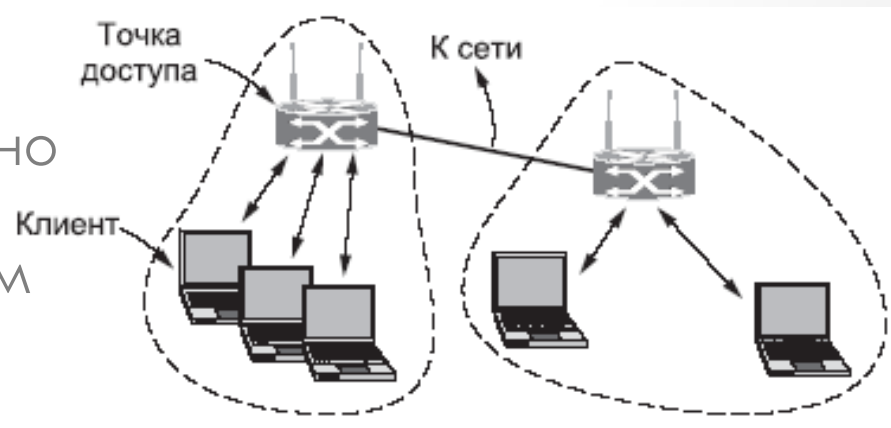
Беспроводные локальные сети

Основной стандарт беспроводных локальных сетей – это **IEEE 802.11**.

Сети 802.11 можно использовать в двух режимах:

1) **инфраструктурный режим (infrastructure mode)** – подключение клиентов к другой сети, например внутренней сети компании или сети Интернет, через **точку доступа (Access Point, AP)**.

Несколько точек доступа можно соединить вместе, обычно в кабельную сеть под названием **распределительная система (distribution system)**.

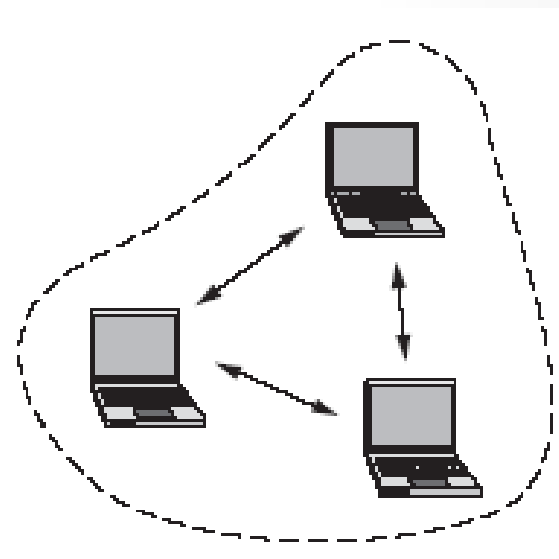


Беспроводные локальные сети

2) **произвольная сеть (ad hoc network)** – это набор компьютеров, которые связаны таким образом, чтобы они могли напрямую отправлять кадры друг другу.

Точка доступа не используется.

Поскольку отсутствует прямой доступ в сеть Интернет, то произвольные сети не очень популярны.

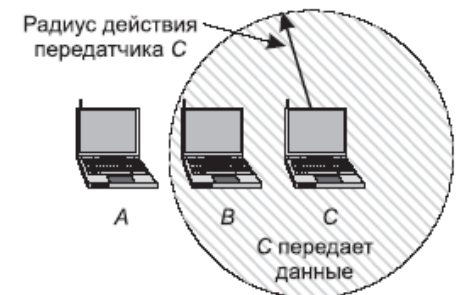


Беспроводные локальные сети

Протокол подуровня MAC в стандарте 802.11 довольно **сильно отличается от** аналогичного **протокола Ethernet** вследствие двух фундаментальных факторов, характерных для беспроводного обмена данными:

- радиопередатчики почти всегда работают в **полудуплексном режиме** и не могут на одной и той же частоте одновременно передавать сигналы и прослушивать всплески шума;
- области передачи разных станций не обязательно совпадают и возможно появление как **скрытой станции**, так и **засвеченной станции**.

Станция A хочет передать данные для B, но не слышит, что B уже занята

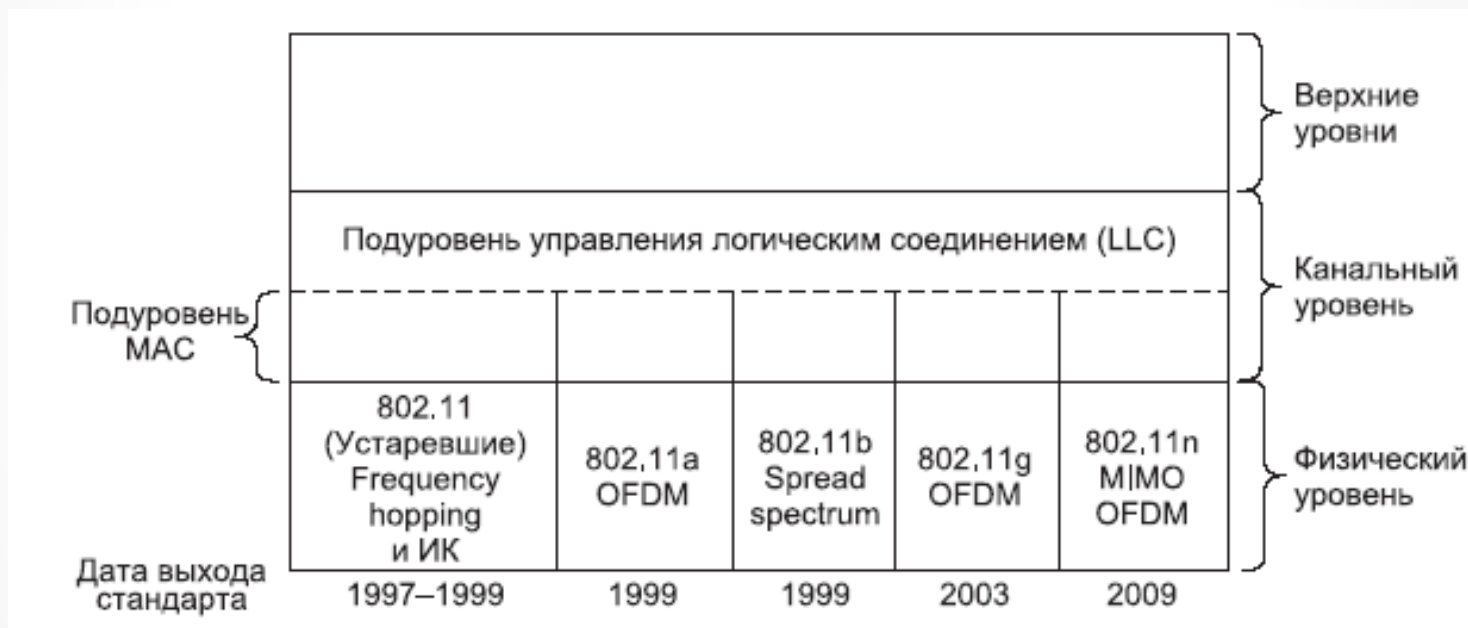


Станция B хочет передать данные для C, но ошибочно считает, что у нее ничего не получится



Беспроводные локальные сети

Нижняя часть стека протоколов 802.11



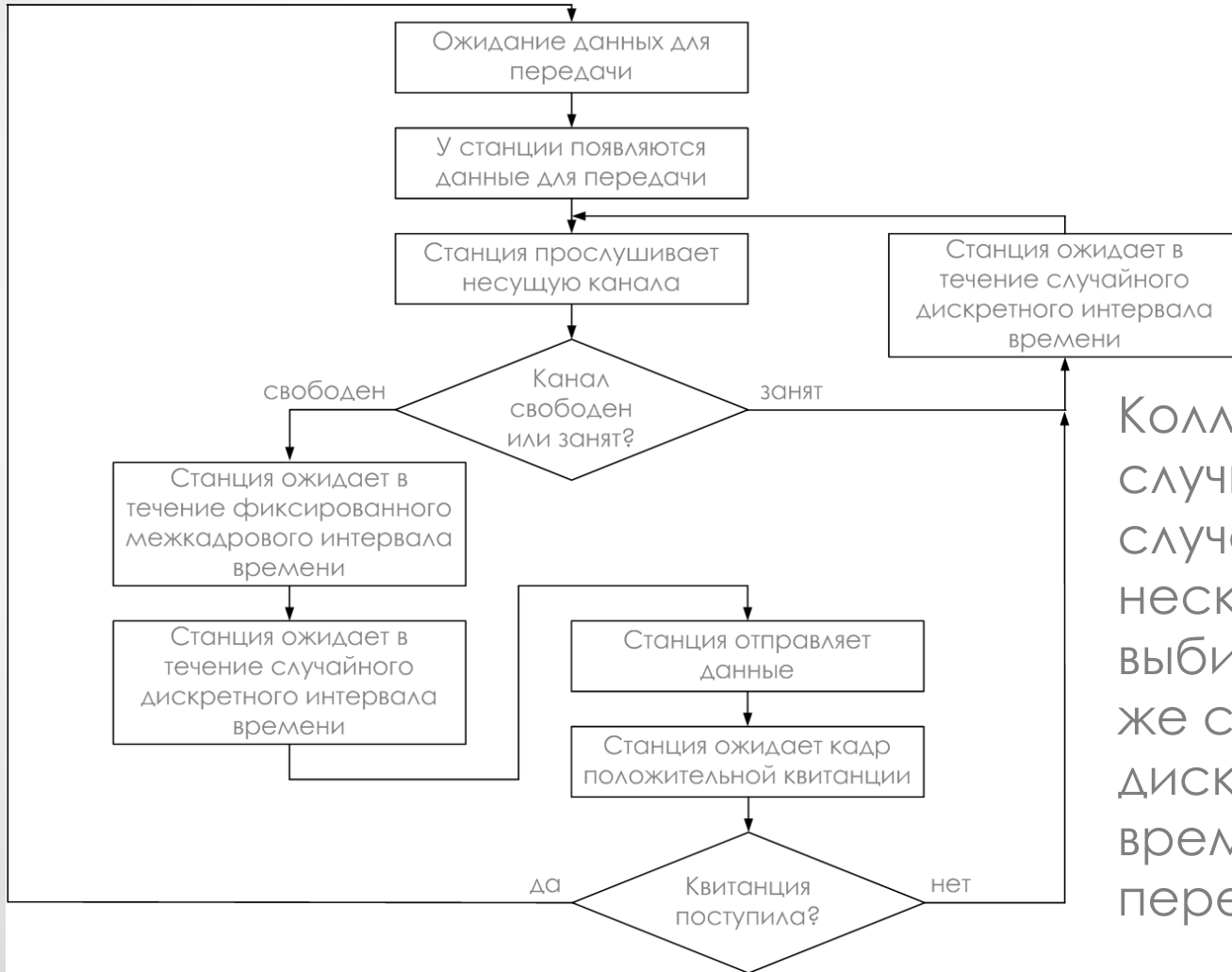
CSMA/CA

Концепция CSMA/CA схожа с концепцией CSMA/CD для Ethernet, где канал прослушивается перед началом отправки, а период молчания после коллизии вычисляется экспоненциально.

По сравнению с CSMA/CD есть два основных отличия:

- **первоначальный период молчания** помогает избегать коллизий;
- применяется **схема с подтверждениями**.

CSMA/CA



Коллизия может случиться только в том случае, когда несколько станций выбирают один и тот же слот (случайный дискретный интервал времени) для передачи.

Bluetooth

В 1994 году компания **Ericsson** заинтересовалась вопросом беспроводной связи между мобильными телефонами и другими устройствами.

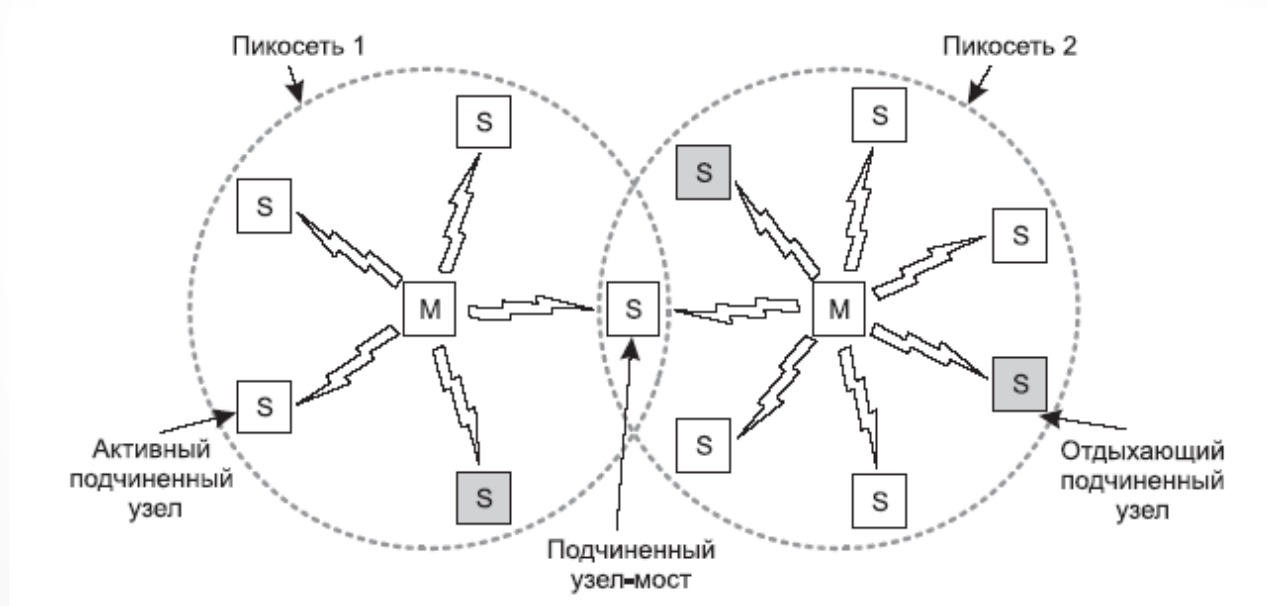
Совместно с компаниями **IBM, Intel, Nokia** и **Toshiba** в 1998 году была сформирована специальная группа (**SIG – Special Interest Group**), которая занялась развитием стандарта беспроводного соединения вычислительных устройств и устройств связи, а также созданием аксессуаров, использующих недорогие маломощные радиоустройства небольшого радиуса действия.

Проект был назван **Bluetooth** («Синий зуб») в честь великого короля викингов по имени Гаральд Синий Зуб II (940—981), который объединил Данию и Норвегию.

Э Танненбаум: «Ну да, он тоже сделал это без помощи проводов!»

Bluetooth

Основу Bluetooth составляет **пикосеть (piconet)**, состоящая из одного главного узла и нескольких (до семи) подчиненных узлов, расположенных в радиусе примерно 10 метров.



Несколько объединенных вместе с помощью моста (специальный узел) пикосетей составляют **рассеянную сеть**.

Bluetooth

Помимо семи активных подчиненных узлов, один главный узел может поддерживать до 255 так называемых **ОТДЫХАЮЩИХ УЗЛОВ**.

Это устройства, которые главный узел перевел в режим **пониженного энергопотребления** – за счет этого продлевается ресурс их источников питания.

В таком режиме узел может только отвечать на запросы активации или на сигнальные последовательности от главного узла.

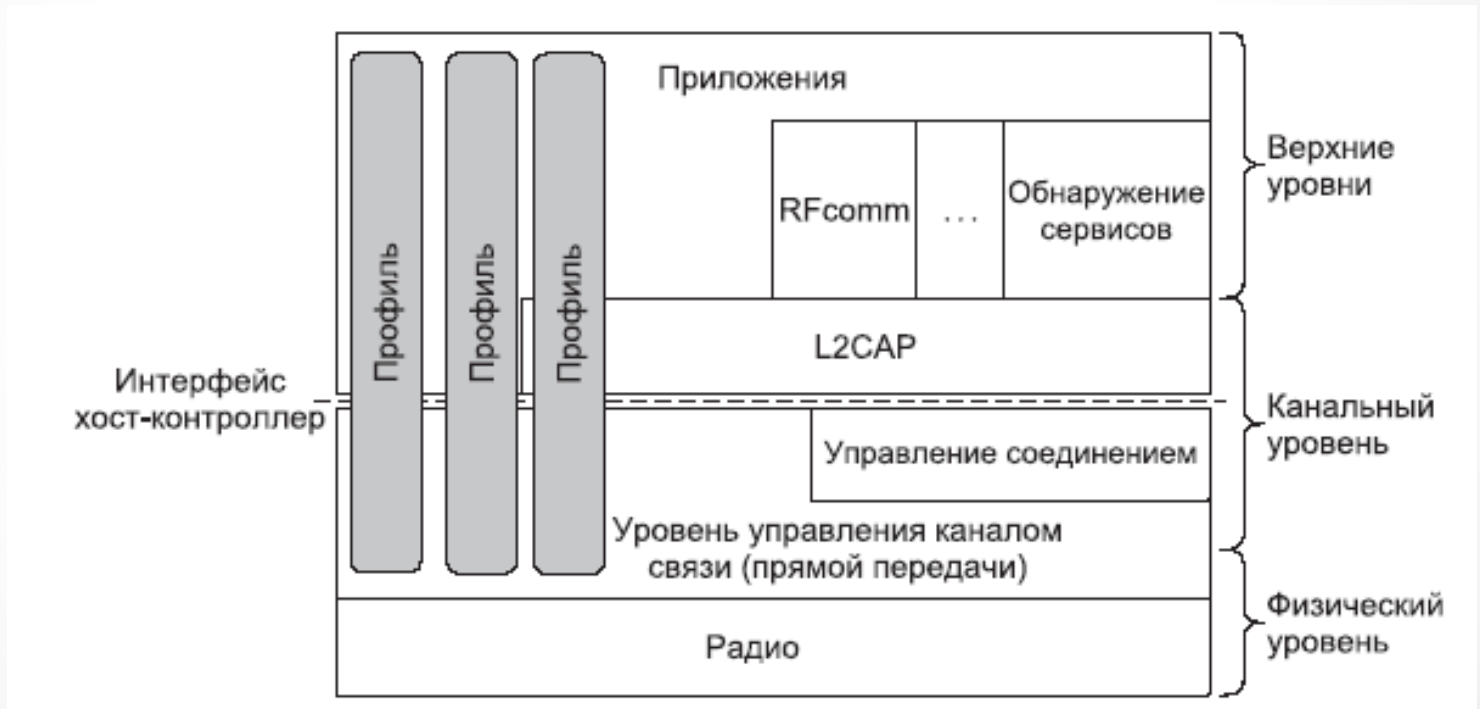
Bluetooth

В отличие от 802.3 и 802.11 Bluetooth специфицирует отдельные поддерживаемые приложения и для каждого из них предоставляет свой набор протоколов (профиль), что приводит к сильному усложнению системы.

- ряд профилей предназначены для использования аудио и видео (intercom, hands-free);
- другие профили предназначены для потоковой передачи стереозвука и видео (от портативного аудиоплеера к наушникам или от цифрового фотоаппарата до телевизора);
- профиль HID предназначен для соединения с компьютером клавиатур и мышей;
- другие профили позволяют мобильному телефону или другому компьютеру получать изображение от камеры или посылать изображения принтеру и т. п.

Bluetooth

Архитектура 802.15

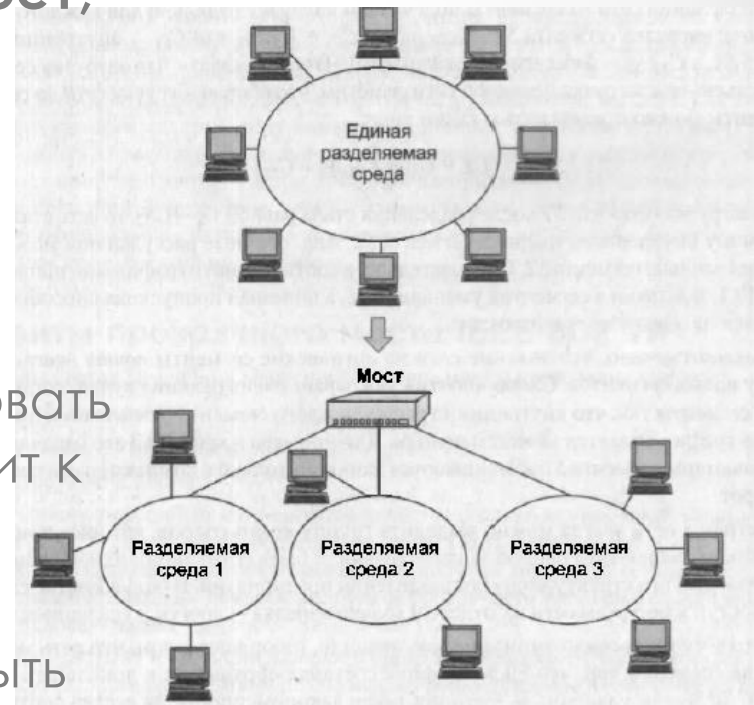


Коммутируемые сети Ethernet

Мост локальной сети, или просто **мост**, появился как средство построения крупных локальных сетей на разделяемой среде (что без моста сделать невозможно).

В сети Ethernet требование использовать единую разделяемую среду приводит к нескольким очень жестким ограничениям:

- общий диаметр сети не может быть больше 2500 м;
- количество узлов не может превышать 1024 (для сетей Ethernet на коаксиале это ограничение еще жестче).



Алгоритм прозрачного моста IEEE 802.1D

Слово «**прозрачный**» в названии **алгоритм прозрачного моста** отражает тот факт, что мосты и коммутаторы в своей работе не учитывают существование в сети сетевых адаптеров конечных узлов, концентраторов и повторителей.

В то же время и перечисленные сетевые устройства функционируют, «**не замечая**» присутствия в сети мостов и коммутаторов.

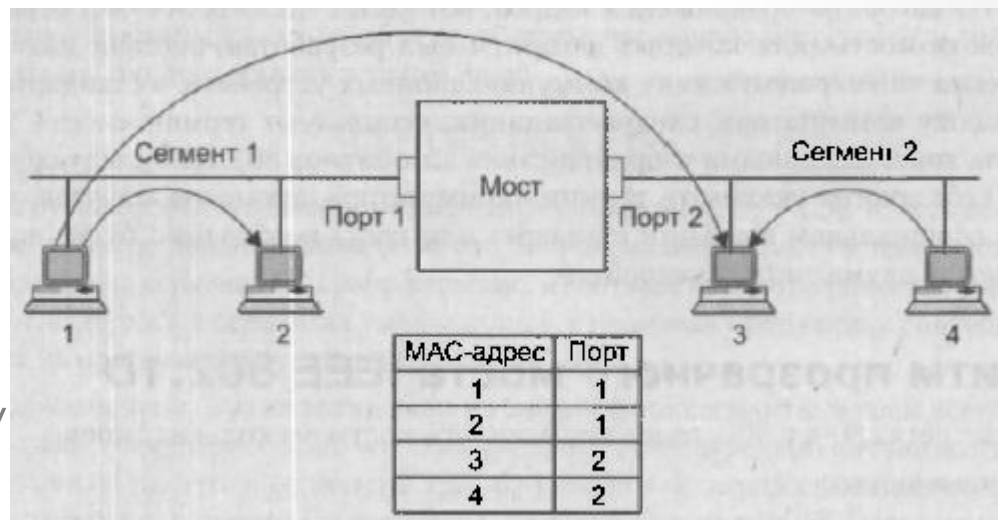
Алгоритм прозрачного моста в настоящее время остался единственным актуальным алгоритмом мостов.

Алгоритм прозрачного моста IEEE 802.1D

Мост строит свою таблицу продвижения (**адресную таблицу**) на основании пассивного наблюдения за трафиком, циркулирующим в подключенных к его портам сегментах.

При этом мост учитывает адреса источников кадров данных, поступающих на его порты.

По адресу источника кадра мост делает вывод о принадлежности узла-источника тому или иному сегменту сети и заносит запись в таблицу фильтрации или продвижения.



Алгоритм прозрачного моста IEEE 802.1D

Процесс обучения моста никогда не заканчивается и происходит одновременно с продвижением и фильтрацией кадров.

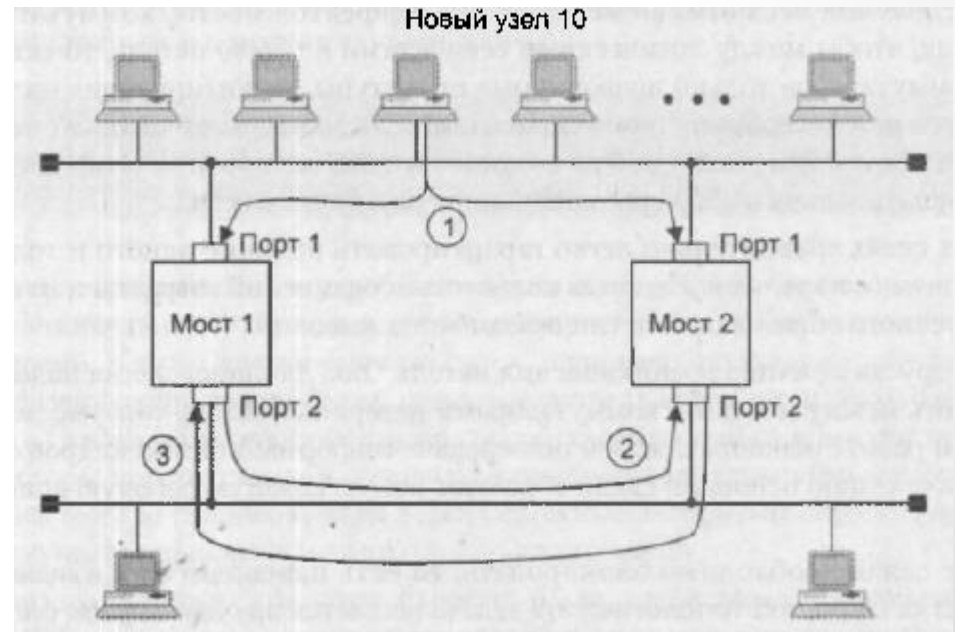
Мост постоянно следит за адресами источника буферизуемых кадров, чтобы автоматически приспособляться к изменениям, происходящим в сети (перемещениям компьютеров из одного сегмента сети в другой, отключению и появлению новых компьютеров).

Входы адресной таблицы могут быть **динамическими**, создаваемыми в процессе **самообучения** моста (имеют ограниченный срок жизни), и **статическими**, создаваемыми **вручную** администратором сети.

Алгоритм прозрачного моста IEEE 802.1D

Кадры с **широковещательными MAC-адресами**, как и кадры с **неизвестными адресами назначения**, передаются мостом на **все его порты**, за исключением того, на который они поступили.

Серьезным ограничением функциональных возможностей мостов и коммутаторов является отсутствие поддержки **петлеобразных конфигураций** сети.



Архитектура коммутаторов

В настоящее время в коммутаторах узел обмена строится на основе одной из трех схем:

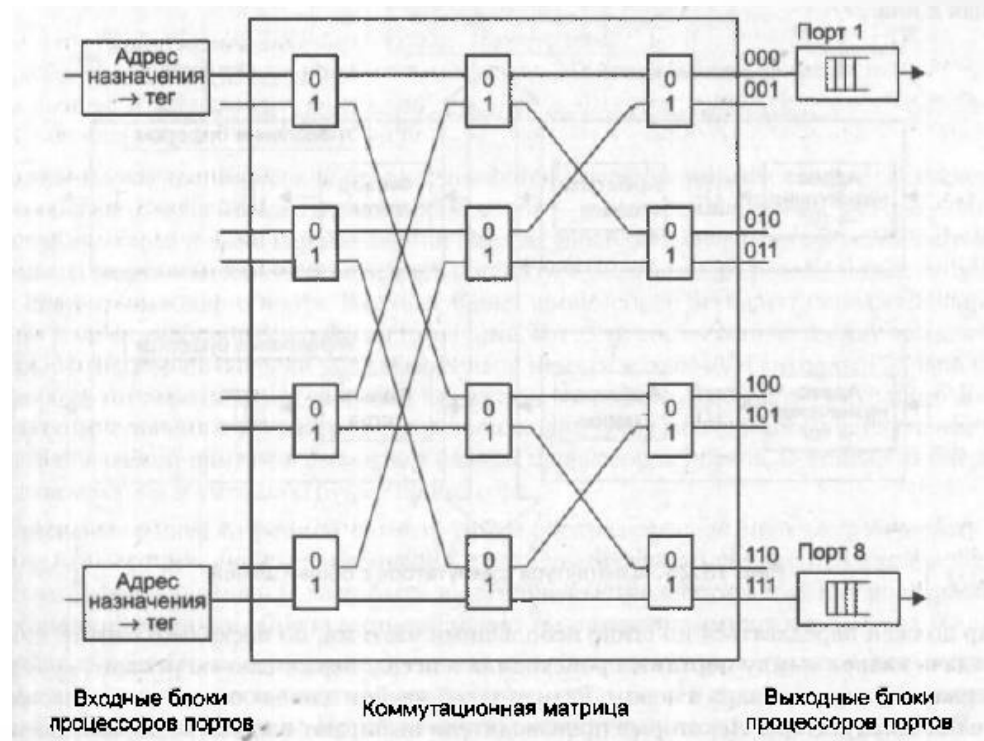
- **коммутационная матрица;**
- **общая шина;**
- **разделяемая многоходовая память.**

Возможен также **комбинированный вариант** организации узла обмена.

Архитектура коммутаторов

Коммутационная матрица обеспечивает наиболее простой способ взаимодействия процессоров портов, и именно этот способ был реализован в первом промышленном коммутаторе локальных сетей.

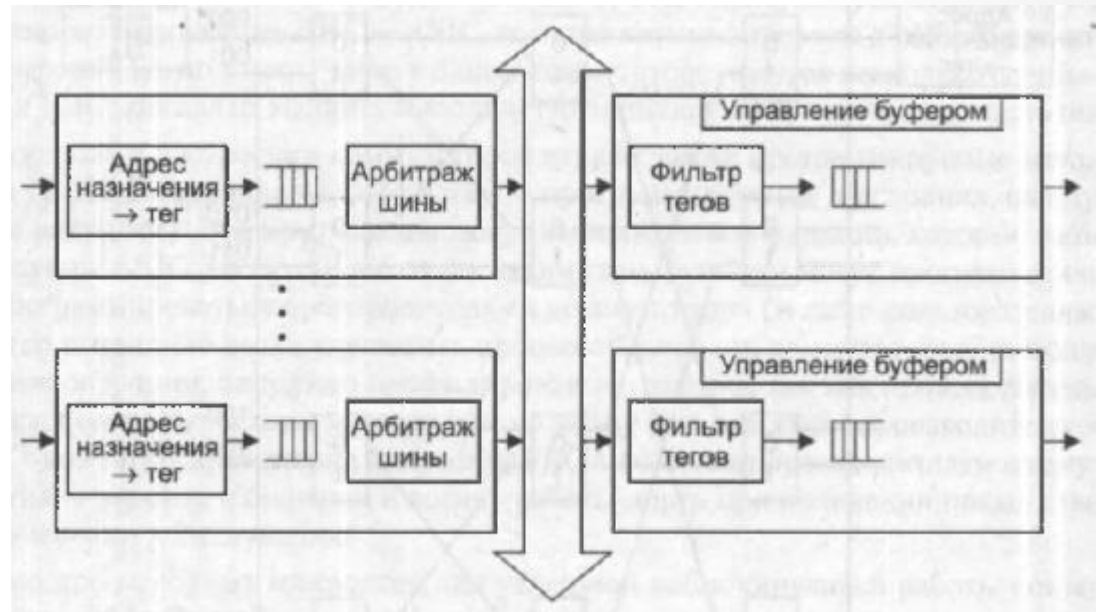
Однако реализация матрицы возможна только для определенного числа портов, причем сложность схемы возрастает пропорционально квадрату количества портов коммутатора.



Архитектура коммутаторов

В коммутаторах с общей шиной процессоры портов связывают высокоскоростной шиной, используемой в режиме разделения времени.

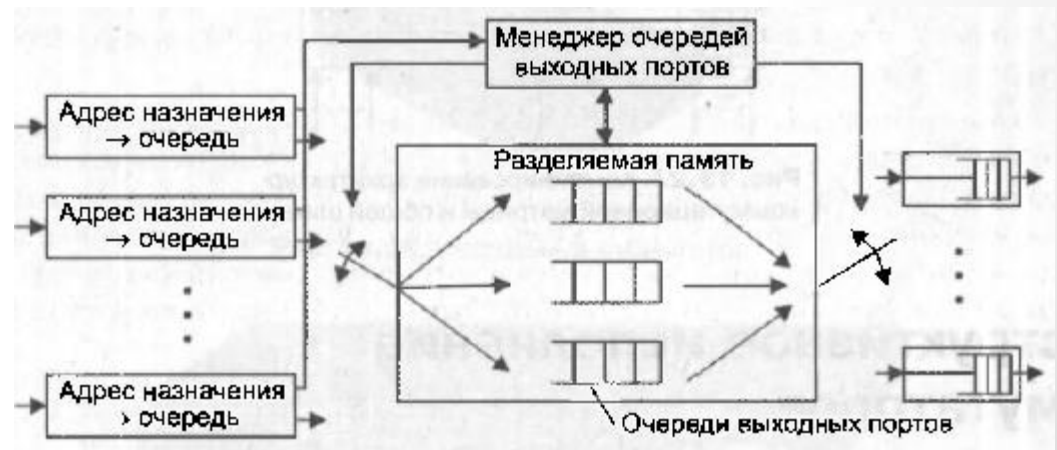
Чтобы шина не блокировала работу коммутатора, ее производительность должна равняться, по крайней мере, сумме производительностей всех портов коммутатора.



Архитектура коммутаторов

В коммутаторах с **разделяемой многовходовой памятью** входные блоки процессоров портов соединяются с переключаемым входом разделяемой памяти, а выходные блоки этих же процессоров – с ее переключаемым выходом.

Переключением входа и выхода разделяемой памяти управляет **менеджер очередей выходных портов**. В разделяемой памяти менеджер организует несколько очередей данных, по одной для каждого выходного порта.



Архитектура коммутаторов

У каждой из описанных ранее архитектур есть свои достоинства и недостатки, поэтому часто в сложных коммутаторах эти архитектуры применяются в **комбинации друг-с-другом**.

Архитектура **комбинированного коммутатора** организована по **модульному принципу**.

Передача кадров внутри модуля будет происходить быстрее, чем при межмодульной передаче.



Неблокирующие коммутаторы

Коммутатор называют **неблокирующим**, если он может передавать кадры через свои порты с той же скоростью, с которой они на них поступают.

Для поддержания подобного режима нужно таким образом **распределить потоки кадров по выходным портам**, чтобы:

- порты справлялись с нагрузкой;
- коммутатор мог всегда в среднем передать на выходы столько кадров, сколько их поступило на входы.

Протокол покрывающего дерева

В коммутируемых локальных сетях проблема обеспечения надежности сети имеет свою специфику:

- базовый протокол прозрачного моста корректно работает только в сети с **древовидной топологией**, в которой между любыми двумя узлами сети существует единственный маршрут;
- для **надежной работы сети** необходимо наличие **альтернативных маршрутов** между узлами, которые можно использовать при отказе основного маршрута.

Эти утверждения со осуществимы только при:

- **ручном нахождении новой связной древовидной топологии;**
- **ручном блокировании отказавшей топологии.**

Протокол покрывающего дерева

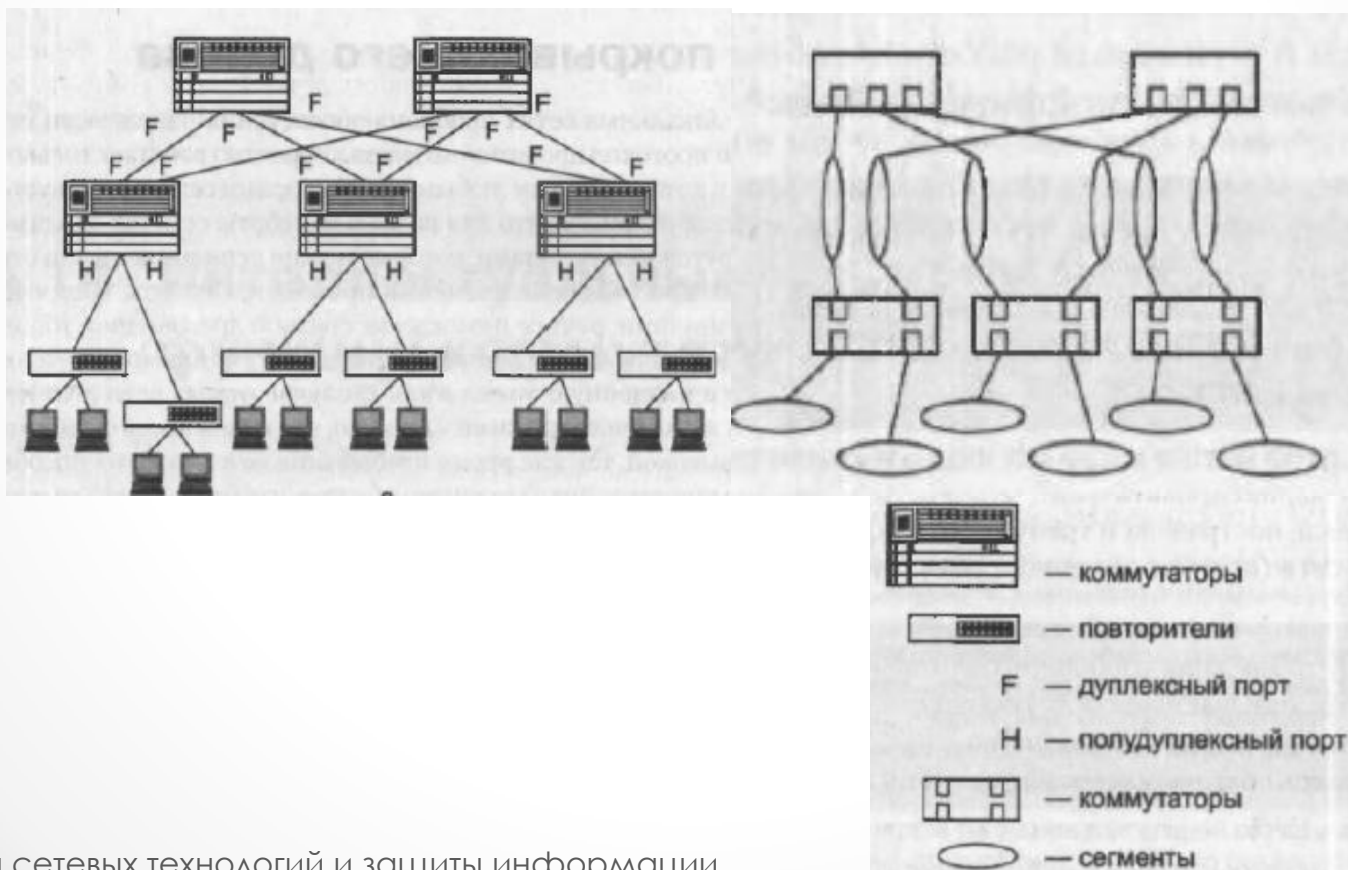
Для **автоматического** нахождения и конфигурирования активной древовидной топологии, мониторинга состояния ее связей и перехода к новой древовидной топологии при обнаружении отказа связи в коммутируемых локальных сетях используются **алгоритм покрывающего дерева (Spanning Tree Algorithm, STA)** и реализующий его **протокол покрывающего дерева (Spanning Tree Protocol, STP)**.

Сегодня протокол STP широко применяется в коммутаторах.

Последняя версия протокола (2004 год) получила название **RSTP (Rapid STP, то есть быстрый протокол покрывающего дерева)** и затрачивает на поиск новой топологии **несколько секунд**, (у STP на это могло уйти **до 50 секунд**).

Протокол покрывающего дерева

Протокол STP формализует сеть в виде графа, вершинами которого являются коммутаторы и сегменты сети.



Протокол покрывающего дерева

Протокол покрывающего дерева обеспечивает построение древовидной топологии связей с **единственным путем минимальной длины от каждого коммутатора и от каждого сегмента** до некоторого выделенного **корневого коммутатора** – корня дерева.

Единственность пути гарантирует отсутствие петель, а **минимальность** расстояния – рациональность маршрутов следования трафика от периферии сети к ее магистрали, роль которой исполняет корневой коммутатор.

Протокол покрывающего дерева

В качестве расстояния в STA используется **метрика** – величина, обратно пропорциональная пропускной способности сегмента (**условное время передачи бита сегментом**).

В версиях 1998 и 2004 года выбраны следующие значения метрики:

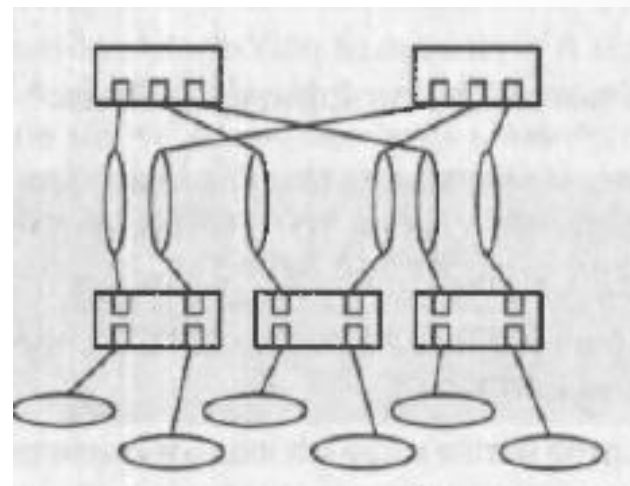
Метрика 1998 года	Скорость передачи	Метрика 2004 года	Скорость передачи
100	10 Мбит/с (Ethernet)	2 000 000	10 Мбит/с (Ethernet)
19	100 Мбит/с (Fast Ethernet)	200 000	100 Мбит/с (Fast Ethernet)
4	1 Гбит/с (Gigabit Ethernet)	20 000	1 Гбит/с (Gigabit Ethernet)
2	10 Гбит/с (10G Ethernet)	2000	10 Гбит/с (10G Ethernet)
		200	100 Гбит/с (100G Ethernet)
		20	1 Тбит/с
		2	10 Тбит/с

Протокол покрывающего дерева

Корневой порт коммутатора – это порт, который имеет кратчайшее расстояние до корневого коммутатора (точнее, до любого из портов корневого коммутатора).

Назначенным коммутатором сегмента объявляется коммутатор, у которого расстояние до корневого коммутатора является минимальным.

Назначенный порт – это порт назначенного коммутатора сегмента, подключенный к данному сегменту.



Протокол покрывающего дерева

Этапы построения дерева:

1. **определение корневого коммутатора, от которого строится дерево;**
2. **выбор корневого порта для каждого коммутатора;**
3. **выбор назначенных коммутаторов и портов для каждого сегмента сети.**

Протокол покрывающего дерева

Этап 1. Определение корневого коммутатора, от которого строится дерев.

В качестве корневого коммутатора выбирается коммутатор с **наименьшим значением идентификатора** – это 8-байтовое число:

- шесть младших байтов которого составляют MAC-адрес его блока управления;
- два старших байта называются приоритетом коммутатора (значение по умолчанию равно 32 768) и конфигурируются вручную от 0 до 15 с шагом 4096 (**0 означает, что коммутатор не будет корневым**).

Протокол покрывающего дерева

В исходном состоянии каждый коммутатор **считает себя корневым**, поэтому он генерирует и передает своим соседям сообщения **Hello**, в которых помещает **свой идентификатор в качестве идентификатора корневого коммутатора**.

Как только коммутатор получает от соседа сообщение Hello, в котором содержится **идентификатор** корневого коммутатора, **меньший его собственного**, он перестает считать себя корневым коммутатором и генерировать свои сообщения Hello, но начинает ретранслировать сообщения Hello, получаемые от соседей.

Интервал Hello – это интервал между генерацией сообщений Hello (настраивается администратором и составляет от 1 до 4 секунд, по умолчанию – 2 секунды).

Протокол покрывающего дерева

Этап 2. Выбор корневого порта для каждого коммутатора.

Корневым портом коммутатора является тот порт, расстояние от которого до корневого коммутатора является минимальным. Сам корневой коммутатор корневых портов не имеет.

Для определения корневого порта каждый коммутатор использует пакеты Hello, ретранслируемые ему другими коммутаторами.

При ретрансляции сообщения Hello каждый коммутатор увеличивает указанное в сообщении расстояние до корня на **метрику того сегмента**, из которого принят данный пакет.

Протокол покрывающего дерева

На основании пакетов Hello каждый коммутатор определяет **минимальные расстояния** от всех **своих портов** до **корневого коммутатора**.

При **равных метриках** для разрешения неоднозначности к процедуре выбора минимального расстояния **привлекаются значения идентификаторов коммутаторов и портов**.

Протокол покрывающего дерева

Этап 3. Выбор назначенных коммутаторов и портов для каждого сегмента сети.

Назначенным для сегмента является тот непосредственно подключенных к сегменту **коммутатор**, у которого расстояние до корневого моста является **минимальным**.

Назначенные порты для сегментов исполняют ту же роль, что корневые порты для коммутаторов – они находятся на **кратчайшем пути до корневого коммутатора**.

Каждый коммутатор сегмента, прежде всего, исключает из рассмотрения свой корневой порт (для сегмента, к которому он подключен, всегда существует другой коммутатор, расположенный ближе к корню).

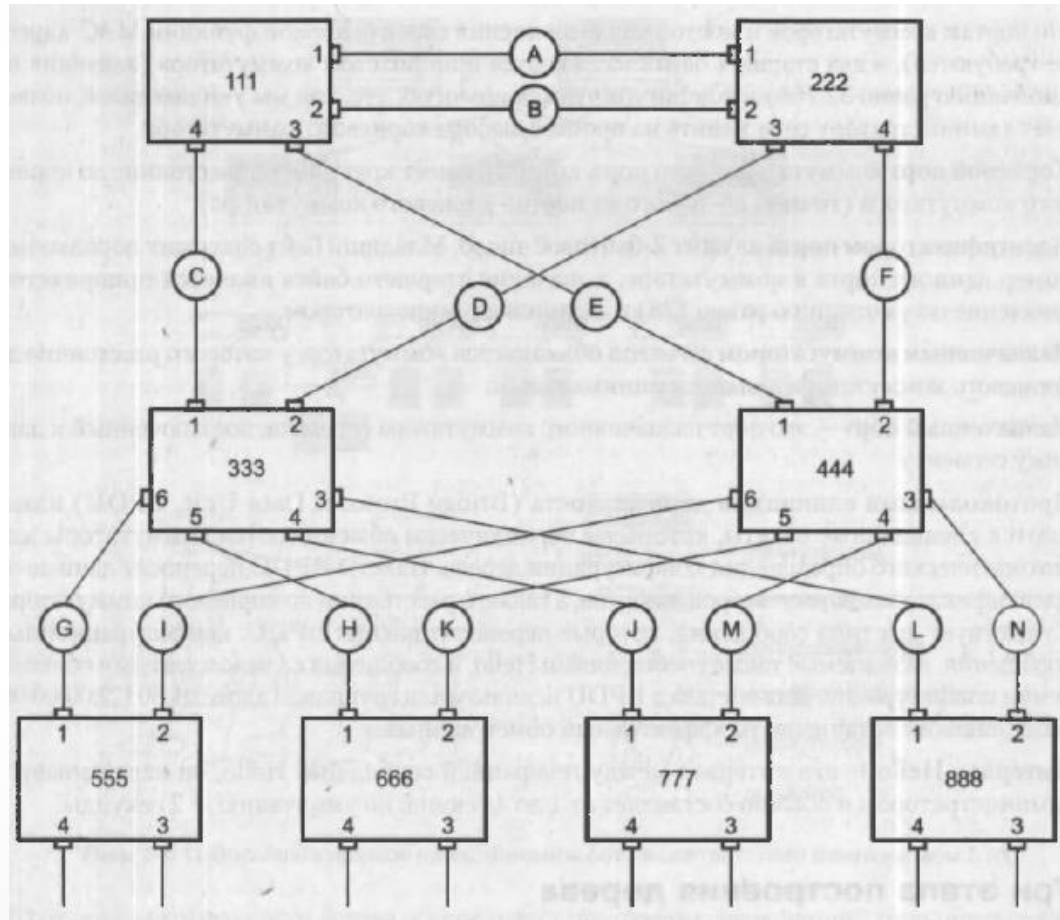
Протокол покрывающего дерева

На выполнение всех трех этапов коммутаторам сети отводится по умолчанию **15 секунд**.

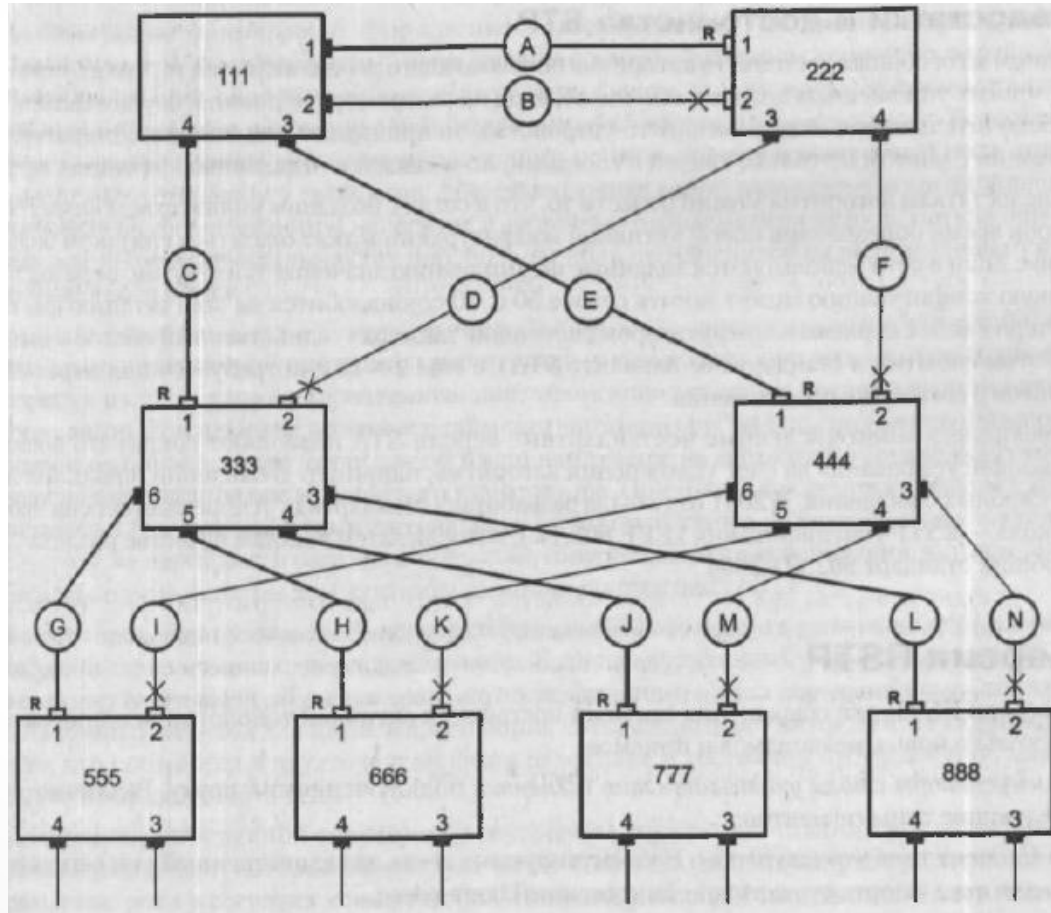
Эта стадия работы портов называется стадией прослушивания, поскольку порты слушают только сообщения Hello и не передают пользовательских кадров.

Порты находятся в заблокированном состоянии, которое относится только к пользовательским кадрам.

Протокол покрывающего дерева



Протокол покрывающего дерева



Протокол покрывающего дерева

Достоинство STP:

- в отличие от многих упрощенных алгоритмов, где переход на резервное соединение осуществляется исключительно при отказе соседнего устройства, он принимает решение о реконфигурировании с учетом не только связей с соседями, но и связей в отдаленных сегментах сети.

Недостатки STP:

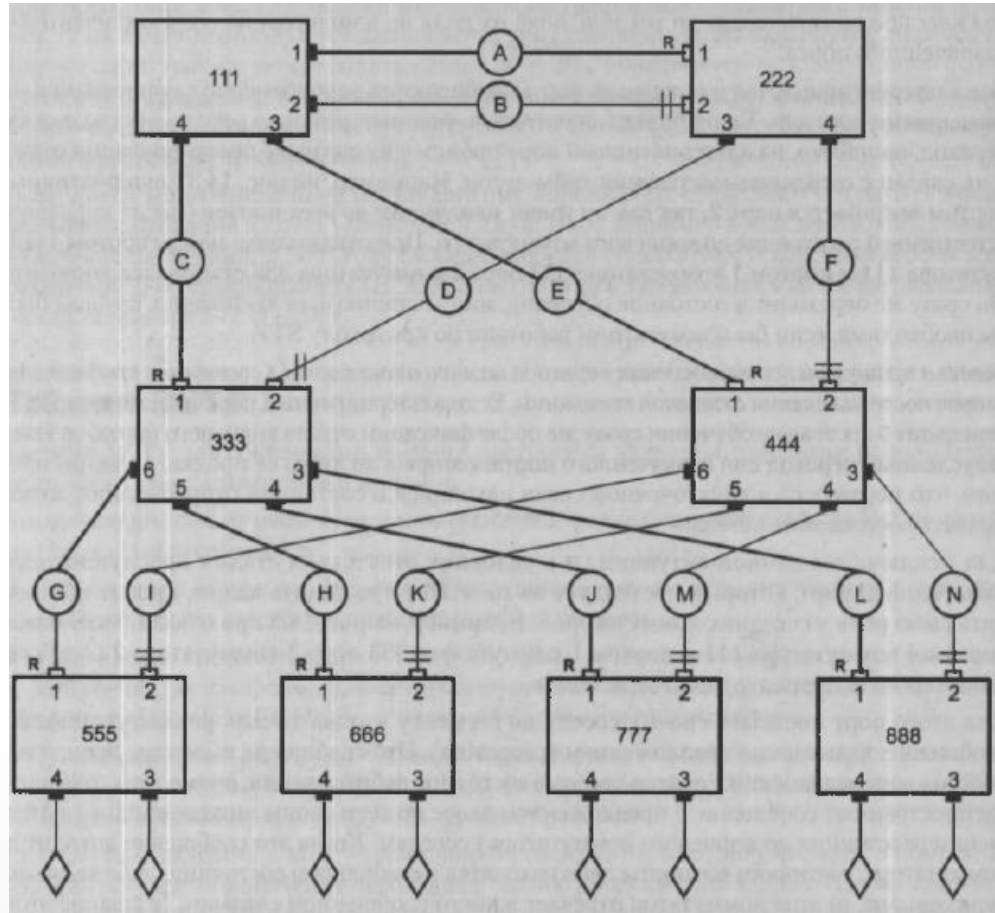
- в сетях с большим количеством коммутаторов время определения новой активной конфигурации может оказаться слишком большим.

Протокол покрывающего дерева

Особенности версии RSTP:

- коммутаторы стали учитывать тип сегмента, подключенного к порту (тупиковая связь, которая соединяет порт коммутатора с конечным узлом сети, не участвует в протоколе RSTP);
- исключается стадия прослушивания;
- сокращается период фиксации отказа в сети;
- введены новые роли портов (появились альтернативный и резервный порты);
- введена процедура подтверждения перехода назначенного порта в состояние продвижения кадров после изменения активной топологии.

Протокол покрывающего дерева



Виртуальные локальные сети

Виртуальной локальной сетью (Virtual Local Area Network, VLAN) называется группа узлов сети, трафик которой, в том числе широковещательный, на канальном уровне полностью изолирован от трафика других узлов сети.

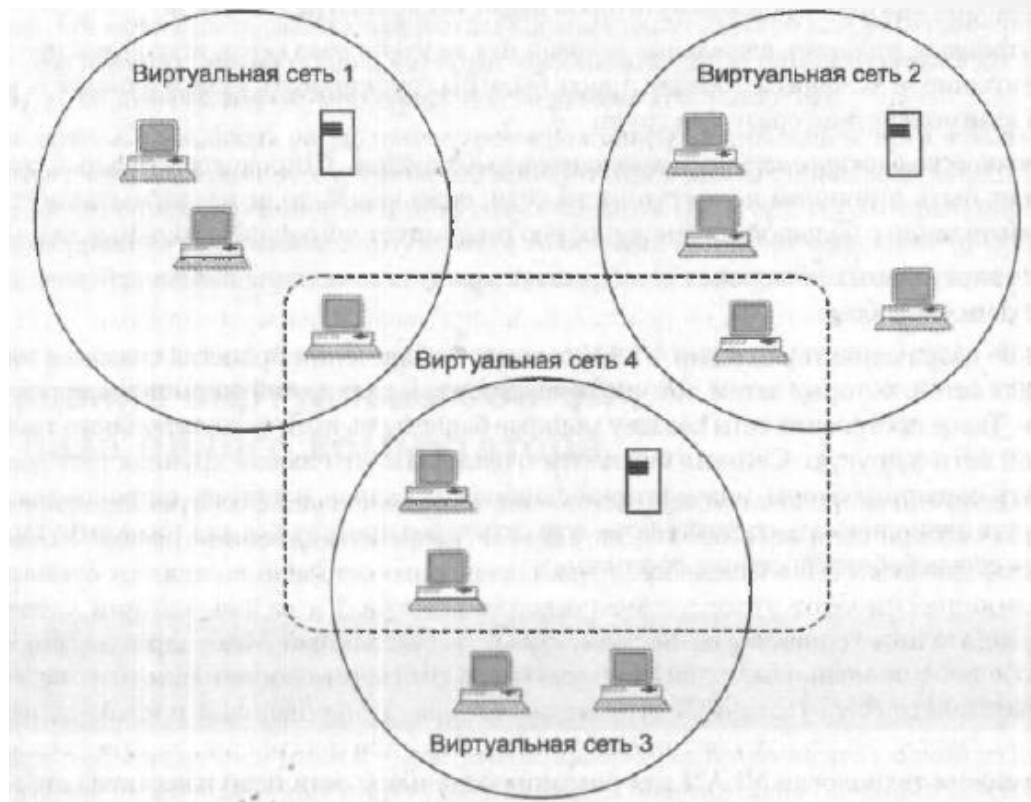
Это означает, что передача кадров между разными виртуальными сетями на основании адреса канального уровня **невозможна** независимо от типа адреса (уникального, группового или широковещательного).

В то же время внутри виртуальной сети кадры передаются по **технологии коммутации**, то есть только на тот порт, который связан с адресом назначения кадра.

Виртуальные локальные сети

Виртуальные локальные сети могут **перекрываться**, если один или несколько компьютеров входят в состав более чем одной виртуальной сети.

Виртуальная сеть образует **домен широковещательного трафика** по аналогии с доменом коллизий, который образуется повторителями сетей Ethernet.



Виртуальные локальные сети

Основное назначение технологии VLAN состоит в **облегчении процесса создания изолированных сетей**, которые затем обычно связываются между собой с помощью **маршрутизаторов**.

Такое построение сети создает **мощные барьеры** на пути **нежелательного трафика** из одной сети в другую.

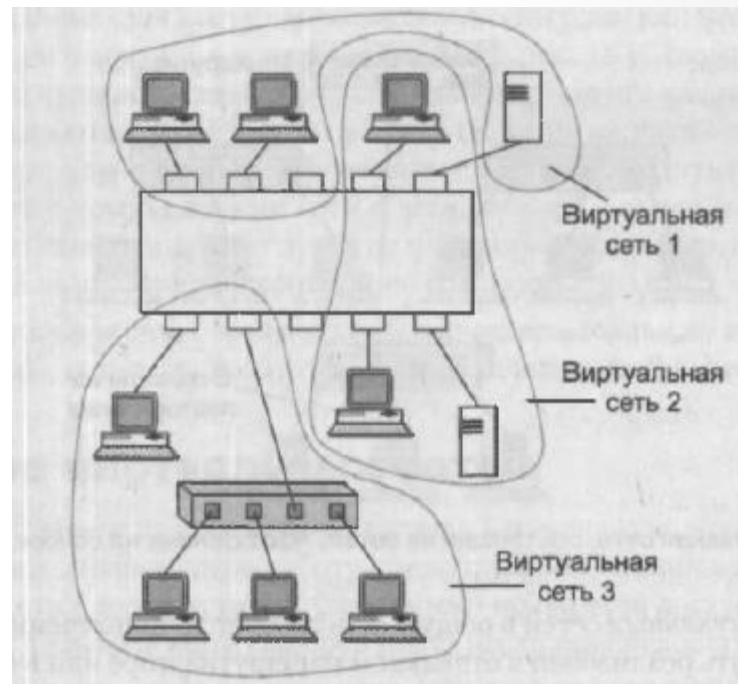
Считается очевидным, что любая крупная сеть **должна включать маршрутизаторы**, иначе потоки ошибочных кадров, например широковещательных, будут периодически **«затапливать»** всю сеть через прозрачные для них коммутаторы, приводя ее в неработоспособное состояние.

Виртуальные локальные сети

Создание виртуальных сетей на базе одного коммутатора.

В этом случае используется механизм **группирования портов** коммутатора.

Создание виртуальных сетей путем группирования портов не требует от администратора большого объема ручной работы – достаточно каждый порт приписать к одной из нескольких заранее поименованных виртуальных сетей.



Виртуальные локальные сети

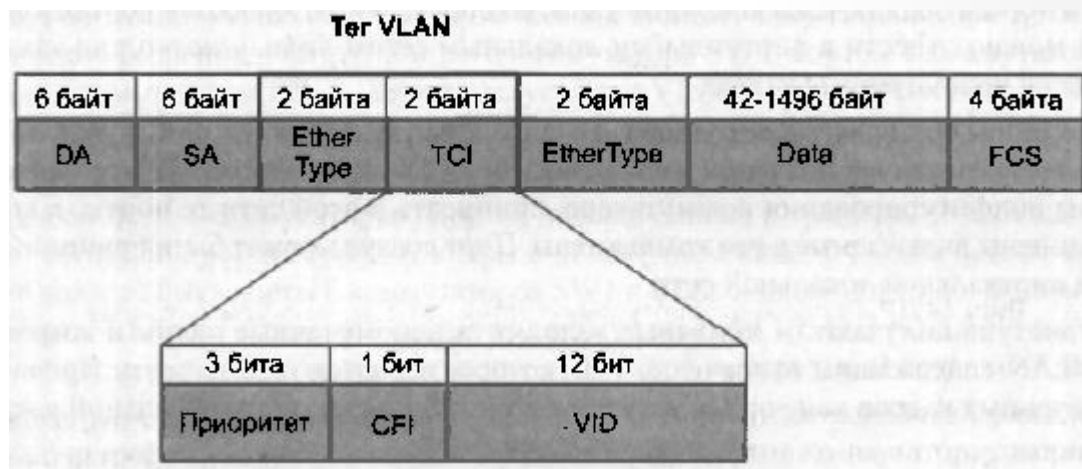
Создание виртуальных сетей на базе нескольких коммутаторов (стандарт IEEE 802.1Q).

В этом случае в заголовок кадра Ethernet вводится **дополнительное поле** с пометкой о номере виртуальной сети, которое используется только тогда, когда кадр передается от коммутатора к коммутатору (при передаче кадра конечному узлу поле обычно удаляется).

При этом модифицируется протокол взаимодействия «**коммутатор-коммутатор**», а программное и аппаратное обеспечение конечных узлов **остаётся неизменным**.

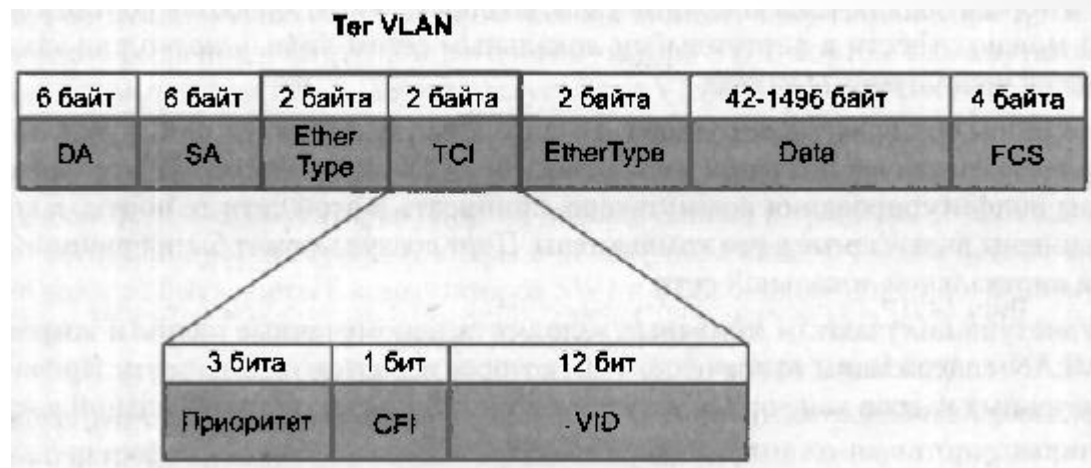
Виртуальные локальные сети

Тег VLAN не является обязательным для кадров Ethernet. Кадр, у которого имеется такой заголовок, называют **помеченным**.



Для того чтобы оборудование локальных сетей могло отличать и понимать помеченные кадры, для них введено специальное значение поля EtherType, равное **0x8100**.

Виртуальные локальные сети



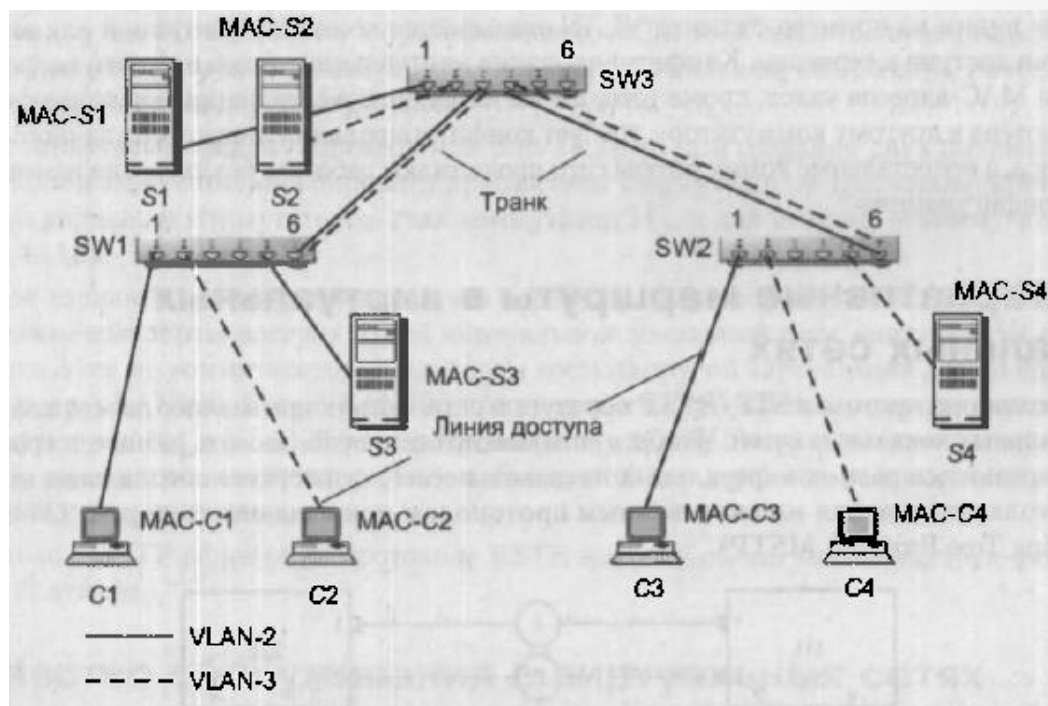
Состав тега VLAN:

- **приоритет** – 3-битное поле;
- **CFI** – однобитное поле было введено с целью поддержания специального формата кадра Token Ring, для сетей Ethernet оно должно содержать значение 0;
- **VID** – 12-битное поле номера (идентификатора) VLAN (разрядность поля VID позволяет коммутаторам создавать до **4096** виртуальных сетей).

Виртуальные локальные сети

Линия доступа связывает порт коммутатора (называемый в этом случае **портом доступа**) с компьютером, принадлежащим некоторой виртуальной локальной сети.

Транк – это линия связи, которая соединяет между собой порты двух коммутаторов (в общем случае через транк передается трафик нескольких виртуальных сетей).



Виртуальные локальные сети

Коммутаторы, поддерживающие технику VLAN, без специального конфигурирования **по умолчанию** работают как стандартные коммутаторы, обеспечивая соединения **всех со всеми**.

В сети, образованной такими коммутаторами, все конечные узлы по умолчанию относятся к условной сети **VLAN1** с идентификатором VID, равным 1.

Все порты этой сети, к которым подключены конечные узлы, по определению являются портами доступа.

VLAN1 можно отнести к виртуальным локальным сетям **условно**, так как по ней передаются **непомеченные кадры**.

Виртуальные локальные сети

Для реализации **алгоритма покрывающего дерева** в локальной сети с несколькими виртуальными сетями существует специальная версия протокола STP, называемая **множественным протоколом покрывающего дерева (Multiple Spanning Tree Protocol, MSTP)**.

Протокол MSTP позволяет создать несколько покрывающих деревьев и приписывать к ним различные виртуальные локальные сети.

Протокол MSTP основан на протоколе RSTP, поэтому обеспечивает быструю реакцию сети на отказы.

Виртуальные локальные сети

Порты 4 коммутаторов с 555 по 888 сконфигурированы как порты доступа одной виртуальной локальной сети, а порты 3 тех же коммутаторов – как порты доступа другой виртуальной локальной сети.

Первая сеть приписана к покрывающему дереву с корневым коммутатором 111, а вторая – к покрывающему дереву с корневым коммутатором 222

