

Лекция 3. КАНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ СТЕКА TCP/IP

Учебные вопросы:

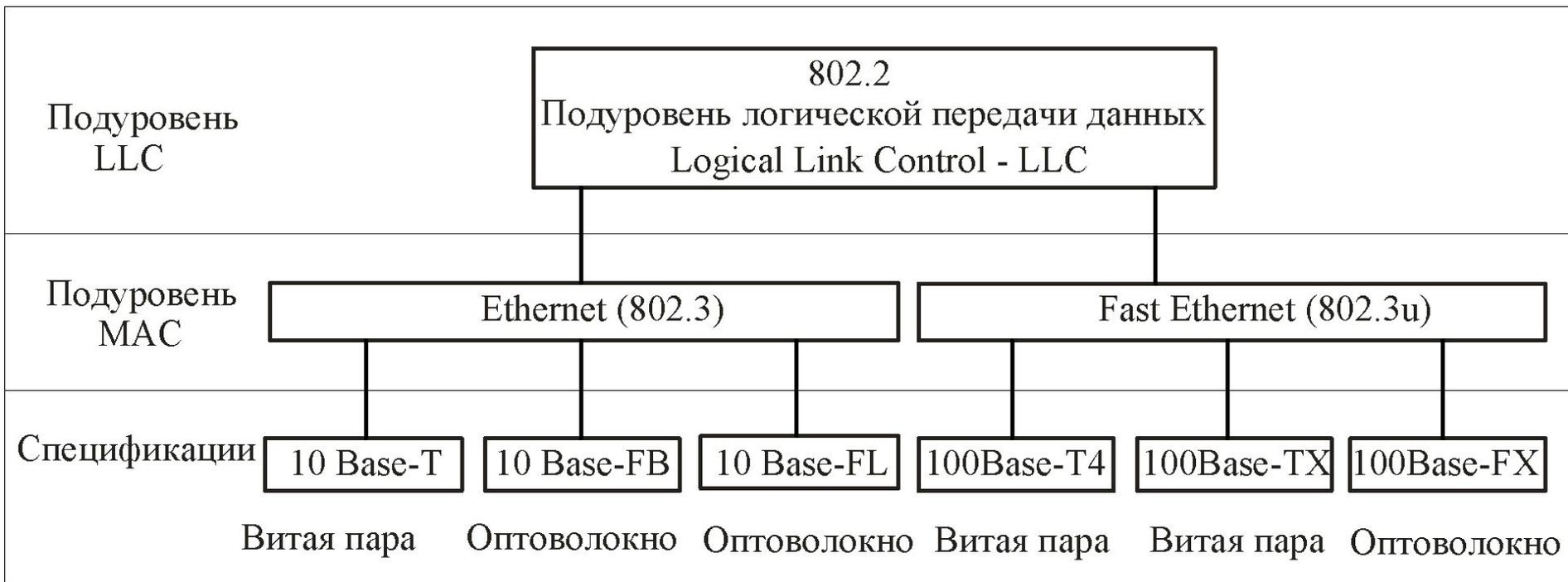
1. Подуровни LLC и MAC
2. Локальные сети технологии Ethernet
3. Коммутаторы в локальных сетях

Вопрос №1. Подуровни LLC и MAC

Канальный уровень управляет процессом размещения передаваемых данных в физической среде. Поэтому канальный уровень разделен на 2 подуровня:

- **верхний подуровень управления логическим каналом** передачи данных (Logical Link Control - LLC), являющийся общим для всех технологий, и
- **нижний подуровень управления доступом к среде** (Media Access Control - MAC).

Кроме того, на канальном уровне обнаруживают ошибки в передаваемых данных.



Подуровни канального уровня

На **подуровне LLC** существует несколько процедур, которые позволяют

- **устанавливать** или не устанавливать связь перед передачей кадров, содержащих данные,
- **восстанавливать** или не восстанавливать кадры при их потере или обнаружении ошибок.

Этот подуровень реализует **связь** с протоколами сетевого уровня.

Подуровень MAC определяет особенности доступа к физической среде при использовании различных технологий локальных сетей. Протоколы MAC-уровня **ориентированы** на совместное использование физической среды абонентами.

Каждой технологии MAC-уровня соответствует несколько вариантов (спецификаций) **протоколов физического уровня**

Помимо **Ethernet** и **Fast Ethernet** на MAC уровне используется еще ряд технологий:

- **Gigabit Ethernet** со скоростью передачи 1000 Мбит/с - стандарты 802.3z и 802.3ab;
- **10Gigabit Ethernet** со скоростью передачи 10000 Мбит/с - стандарт 802.3ae,
- **Token Ring** протокол 802.5.

Формат кадра Ethernet 802.3/LLC

Преамбула	SFD	DA	SA	L	DSAP	SSAP	Control	Data	FCS
7 байт	10101011	6 байт	6 байт	2 байта	1 байт	1 байт	1 байт	46 - 1497 байт	4 байта

физические адреса узла **назначения** (DA - Destination Address) и узла **источника** (SA - Source Address) - содержат **48 двоичных** разрядов и представляются в **шестнадцатеричной** системе.

Адрес, состоящий из всех единиц FFFFFFFFFFFFFFFF, является **широковещательным** адресом (**broadcast**), когда передаваемая в кадре информация предназначена всем узлам локальной сети.

Одноадресная рассылка (**unicast**) – кадр адресован только одному абоненту.

Многоадресная рассылка или **групповая** рассылка (**multicast**) – кадр адресован нескольким (но не всем) абонентам сети.

Широковещательная рассылка (**broadcast**) – кадр адресован всем абонентам сети

Вопрос №2. Локальные сети технологии Ethernet

В сетях с технологией Ethernet для передачи кадров используется **метод множественного доступа к среде с контролем несущей и обнаружением коллизий** (Carrier Sence Multiply Access with Collision Detection - **CSMA/CD**)

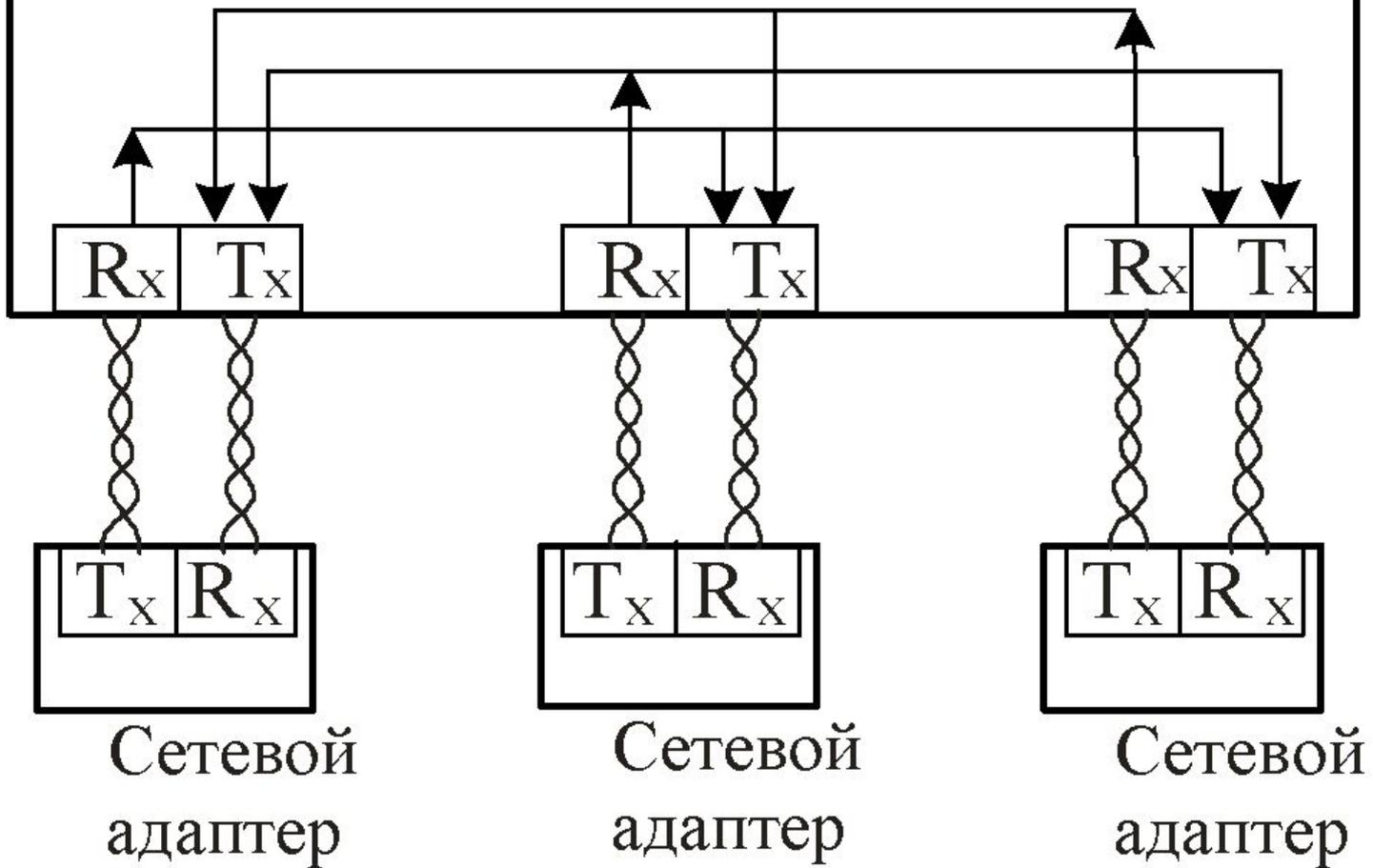
Множественный доступ к общей среде - разделяемая среда передачи данных является общей для всех пользователей.

Переданную в сеть информацию может получить **любой компьютер**, у которого адрес сетевого адаптера совпадает с адресом DA передаваемого кадра, или все компьютеры сети при широковещательной передаче.

Однако передавать информацию в любой момент времени может **только один узел**.

При одновременной передаче данных двумя компьютерами возникает так называемая **КОЛЛИЗИЯ**, когда данные двух передающих узлов накладываются друг на друга и происходит **потеря информации**. Поэтому прежде чем начать передачу, узел должен убедиться, что общая шина свободна, для чего узел **прослушивает среду**.

Концентратор (hub)



Сеть Ethernet стандарта 10 Base-T

Вопрос №3. Коммутаторы в локальных сетях

Для предотвращения **коллизий** крупные локальные сети делятся на **сегменты** или **домены коллизий**, с помощью **маршрутизаторов (routers)** или **коммутаторов (switches)**.

Каждый сегмент, образованный портом (интерфейсом) коммутатора с присоединенным к нему узлом (компьютером) или с концентратором со многими узлами, является **сегментом (доменом) коллизий**.

При возникновении коллизии в сети, реализованной на концентраторе, сигнал коллизии распространяется по всем портам концентратора. **Однако на другие порты коммутатора сигнал коллизии не передается.**

Существует два режима двусторонней связи: **полудуплексный** (*halfduplex*) и **полнодуплексный** (*full-duplex*).

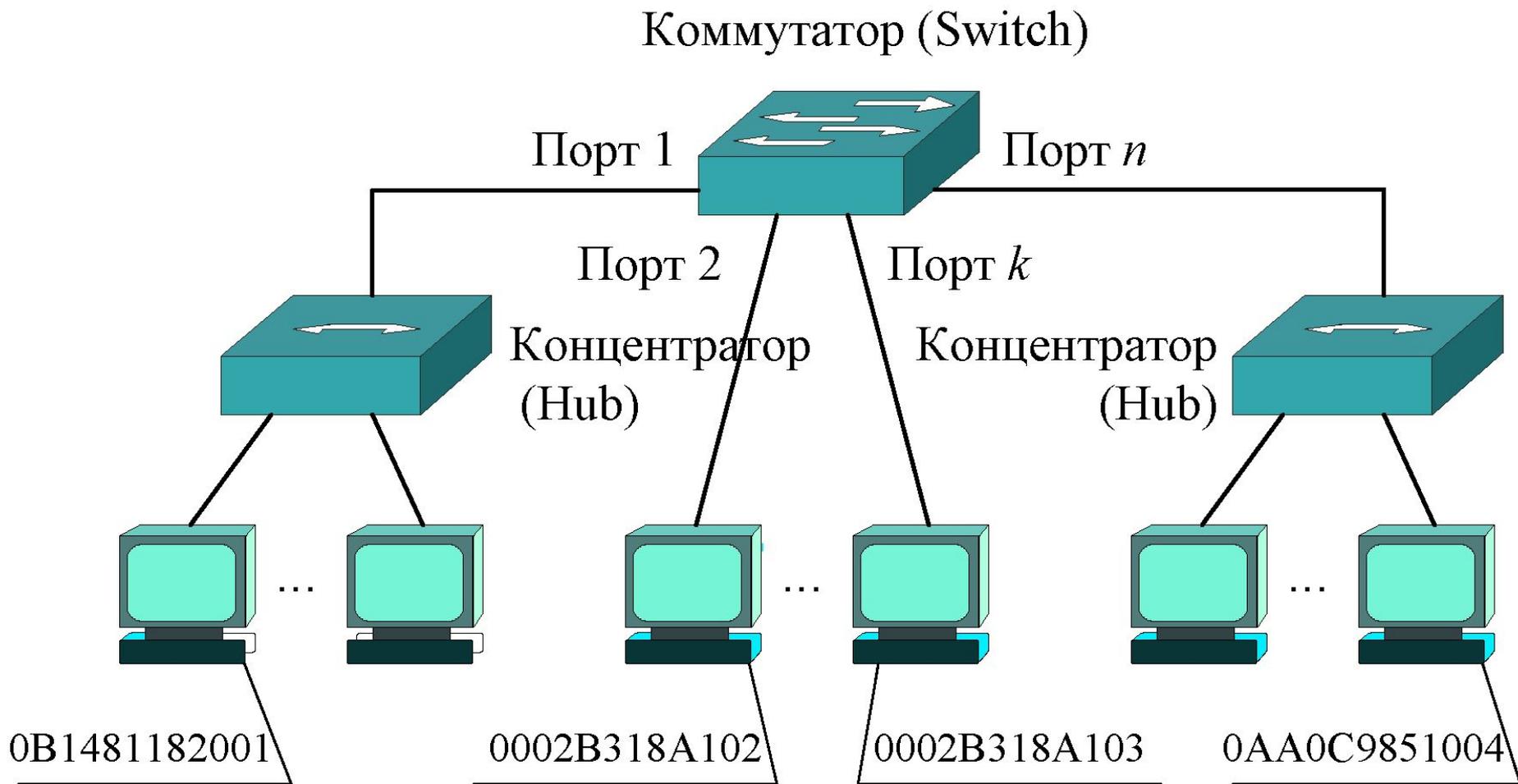
В **полудуплексном** режиме в любой момент времени **одна** станция может либо вести **передачу**, либо **принимать** данные.

В **полнодуплексном** режиме абонент может **одновременно** принимать и передавать информацию, т.е. обе станции в соединении точка-точка, могут передавать данные в любое время, независимо от того, передает ли другая станция.

В случае присоединения компьютеров (хостов) индивидуальными линиями к портам коммутатора каждый узел вместе с портом образует **микросегмент**.

В сети, узлы которой соединены с коммутатором индивидуальными линиями, и работающей в **полудуплексном** режиме, **возможны коллизии**, если одновременно начнут работать передатчики **коммутатора** и сетевого адаптера **узла**.

В **полнодуплексном** режиме работы при микросегментации **коллизий не возникает**. При одновременной передаче данных от двух источников одному адресату буферизация кадров позволяет **запомнить и передать** кадры **поочередно** и, следовательно, **избежать их потери**.



Сеть на базе коммутатора

Коммутатор является устройством канального уровня поэтому для адресации используются MAC-адреса сетевых адаптеров узлов.

Для передачи кадров используется алгоритм, определяемый стандартом **802.1D**. Реализация алгоритма происходит за счет создания **статических** или **динамических** записей адресной таблицы коммутации.

Статические записи таблицы создаются **администратором**.

Коммутатор можно не конфигурировать, он будет работать по умолчанию, создавая записи адресной таблицы в **динамическом режиме**.

Первоначально в коммутаторе **отсутствует** информация о том, какие MAC-адреса имеют подключенные к портам узлы. Поэтому коммутатор, получив кадр, **передает** его **на все** свои порты, за исключением того, на который кадр был получен, и одновременно **запоминает** MAC-адрес источника в адресной таблице. Таким образом, число записей в адресной таблице может быть равно числу узлов в сети, построенной на основе коммутатора.

№ записи	MAC-адрес	№ порта
1	0B1481182001	1
2	0AA0C9851004	<i>n</i>
3		
4		

Адресная таблица коммутации

Когда адресная таблица коммутации **сформирована**, **продвижение** кадров с входного интерфейса коммутатора на выходной происходит на **основании записей в адресной таблице**. При получении кадра коммутатор **проверяет**, существует ли MAC-адрес узла назначения в таблице коммутации. При обнаружении адресата в таблице коммутатор производит **еще одну проверку**: находятся ли адресат и источник **в одном сегменте**.

- Если они **в разных сегментах**, то коммутатор производит продвижение кадра (forwarding) в порт, к которому подключен узел назначения.
- Если они **в одном сегменте**, например, оба подключены к одному концентратору, то **передавать** кадр на другой порт **не нужно**. В этом случае кадр должен быть **удален из буфера** порта, что называется фильтрацией (filtering) кадров.

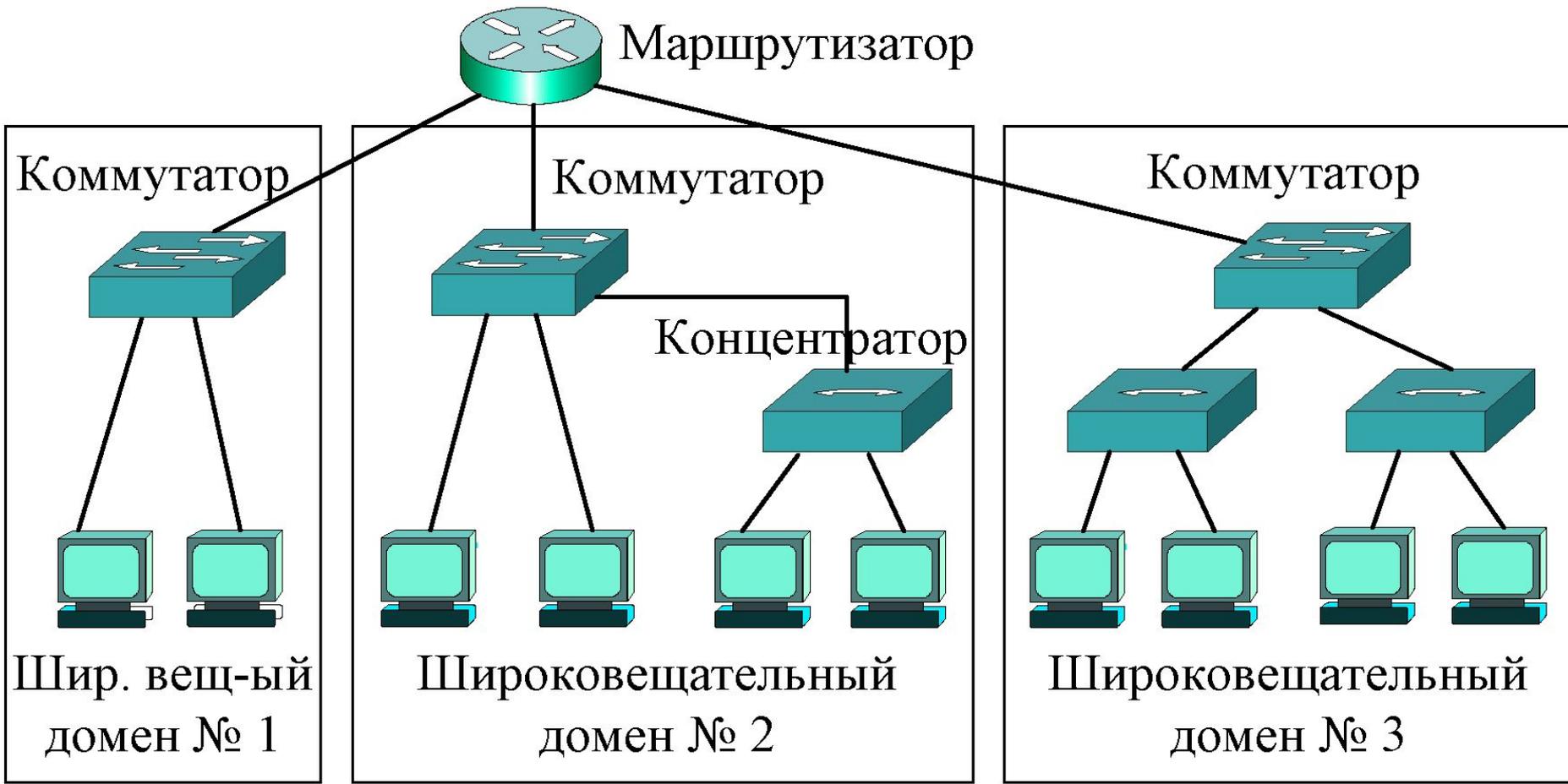
Когда адресная таблица коммутации **сформирована**, **продвижение** кадров с входного интерфейса коммутатора на выходной происходит на **основании записей в адресной таблице**. При получении кадра коммутатор **проверяет**, существует ли MAC-адрес узла назначения в таблице коммутации. При обнаружении адресата в таблице коммутатор производит **еще одну проверку**: находятся ли адресат и источник **в одном сегменте**.

- Если они **в разных сегментах**, то коммутатор производит продвижение кадра (forwarding) в порт, к которому подключен узел назначения.
- Если они **в одном сегменте**, например, оба подключены к одному концентратору, то **передавать** кадр на другой порт **не нужно**. В этом случае кадр должен быть **удален из буфера** порта, что называется фильтрацией (filtering) кадров.

С появлением в сети новых узлов адресная таблица пополняется. Если в течение определенного времени (обычно 300 сек.) какой-то **узел не передает данные**, то считается, что он в сети отсутствует, тогда соответствующая запись из таблицы **удаляется**.

При получении кадров с **широковещательными** адресами коммутатор **передает их на все свои порты**.

С широковещательным штормом может бороться только маршрутизатор, который делит сеть на широковещательные домены, т.е. отдельные сети.



Быстродействие или производительность коммутатора определяются рядом параметров:

- скоростью фильтрации кадров,
- скоростью продвижения кадров,
- пропускной способностью,
- длительностью задержки передачи кадра.

Режимы коммутации

1. сквозная коммутация или коммутация “на лету” (cut-through switching)
2. коммутация с промежуточным хранением или буферизацией (store-and-forward switching)
3. коммутация свободного фрагмента (fragment-free mode)

Сквозная коммутация или коммутация “на лету” (cut-through switching).

Для обеспечения **максимального быстродействия** коммутатор может начинать передачу кадра сразу, как только **получит MAC-адрес** узла назначения.

Однако в этом режиме **невозможен контроль ошибок**, поскольку поле контрольной суммы находится в конце кадра. Следовательно, этот режим характеризуется низкой надежностью.

Коммутация с промежуточным хранением или буферизацией (store-and-forward switching).

Коммутатор получает **кадр целиком**, помещает его в буфер, **проверяет поле контрольной суммы (FCS)** и затем пересылает адресату. Если получен кадр с ошибками, то он **отбрасывается (discarded)** коммутатором.

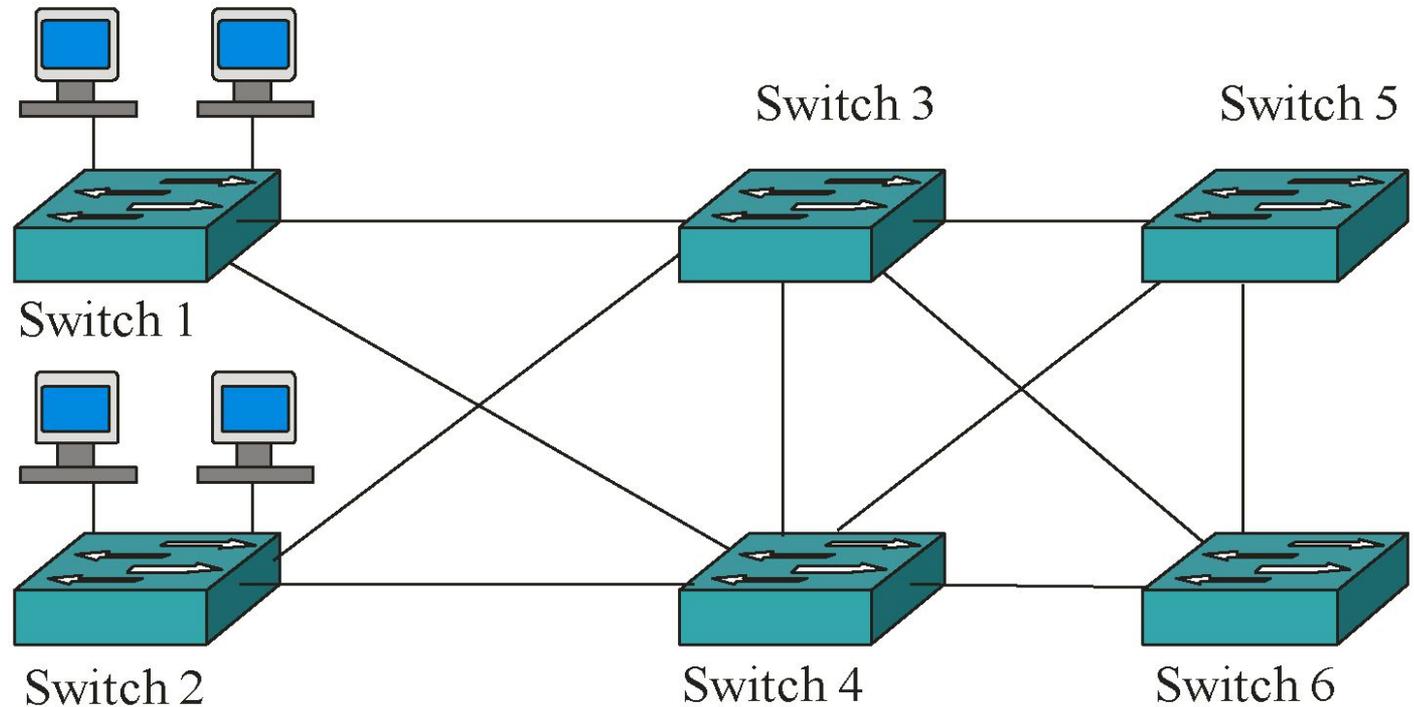
Коммутация свободного фрагмента (fragment-free mode).

В этом режиме **читаются первые 64 байта**, которые включают заголовок кадра и поле данных минимальной длины. После этого **начинается передача кадра** до того, как будет получен и прочитан весь кадр целиком.

Когда используется режим **сквозной коммутации** порты устройств источника и назначения должны иметь **одинаковую скорость передачи**. Такой режим называется **симметричной коммутацией**.

Если скорости не одинаковы, то кадр должен запоминаться (буферизироваться) перед тем, как будет передаваться с другой скоростью. Такой режим называется **асимметричной коммутацией**, при этом должен использоваться режим с буферизацией.

Протокол STP



Сети часто проектируются с **избыточными путями**, чтобы обеспечить **надежность** и **устойчивость** сети

Избыточные пути могут приводить к образованию **коммутационных петель**, что, в свою очередь, может привести к **широковещательному шторму и обрушению сети**.

Коммутаторы используют алгоритм STA, чтобы перевести в **резервное состояние избыточные пути**, которые не соответствуют иерархической топологии. Запасные избыточные пути **задействуются**, если **основные выходят из строя**.

Таким образом, протокол STP используется для создания **логической иерархии без петель**, т.е. даже при наличии физических петель, логические петли отсутствуют.

Каждый порт коммутатора, который используя STP, находится в одном из следующих 5 состояний:

- **Блокировка (Blocking)**
- **Прослушивание (Listening)**
- **Обучение (Learning)**
- **Продвижение (Forwarding)**
- **Выключен (Disabled)**