Лекция 7

Основы коммутации Ethernet

6B06201 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

А.А. Хохлов • Алматы, 2026

Цель лекции

- Сформировать знания о принципах функционирования технологии Ethernet и механизмах коммутации кадров в локальных вычислительных сетях.
- Изучить назначение канального уровня, структуру Ethernet-кадра, функции физических MAC-адресов и особенности передачи данных между устройствами одного сетевого сегмента.
- Рассмотреть принципы работы сетевых коммутаторов, процессы изучения MAC-адресов, формирования таблицы коммутации, пересылки кадров и широковещательной передачи.
- Изучить особенности обработки одноадресного, группового и широковещательного трафика, а также роль коммутаторов в повышении производительности и организации корпоративной сетевой инфраструктуры.
- Сформировать понимание основных методов проверки состояния портов и диагностики передачи кадров Ethernet.

Результаты обучения

По завершении лекции обучающийся сможет:

- Объяснять принципы работы Ethernet и характеризовать структуру кадров и назначение MAC-адресов.
- Описывать механизмы изучения MAC-адресов, формирования таблицы коммутации и пересылки кадров между портами.
- Характеризовать особенности одноадресной, групповой и широковещательной передачи и определять основные причины нарушения коммутации.

Ethernet в современных локальных сетях

Канальный уровень

Ethernet передаёт кадры между интерфейсами в локальном сегменте.

IEEE 802.3

Стандарты задают правила работы Ethernet и варианты физических сред.

Узлы: компьютеры, серверы, точки доступа и коммутаторы.

От общей среды к коммутируемому Ethernet

Концентратор (Hub)

Общая среда передачи; возможны коллизии, применяется CSMA/CD.

Коммутатор (Switch)

Независимые полнодуплексные порты; CSMA/CD не нужен.

- Коммутация снижает ненужную передачу кадров.
- Физическая скорость и режим дуплекса зависят от портов.

Домены коллизий и широковещания

Домен коллизий

Участок общей среды, где могут столкнуться сигналы.

Широковещательный домен

Область распространения broadcast-кадров; ограничивается VLAN.

Между IP-подсетями требуется маршрутизация третьего уровня.

Структура кадра Ethernet II

Размер стандартного кадра без VLAN-тега: 64–1518 байт

MAC получателя	MAC источника	EtherType	Данные	FCS
6 Б	6 Б	2 Б	46–1500 Б	4 Б

- EtherType определяет вложенный протокол (например, IPv4 или ARP).
- FCS служит для обнаружения повреждений кадра.
- Обычная полезная нагрузка Ethernet - до 1500 байт.

MAC-адреса: принцип адресации

`02:1A:3B:4C:5D:6E`

MAC

48-битный идентификатор канального уровня для передачи кадров внутри Ethernet.

IP

Логический адрес для доставки пакета между IP-подсетями.

Broadcast MAC: FF:FF:FF:FF:FF:FF

Типы передачи Ethernet-кадров

Unicast

Кадр для одного получателя; известный адрес позволяет направить кадр в нужный порт.

Broadcast

Кадр для всех устройств широковещательного домена, например ARP-запрос.

Multicast

Кадр для группы получателей; обработка зависит от группы и политики сети.

Как работает коммутатор второго уровня



- Коммутатор изучает MAC-адрес источника и входной порт.
- Адрес назначения сопоставляется с MAC-таблицей и VLAN.
- Кадр пересылается адресно, рассылается или отбрасывается.

MAC-таблица коммутатора

Пример динамически изученных MAC-адресов

MAC-адрес	VLAN	Порт
02:AA:00:00:00:01	10	GE0/0/1
02:BB:00:00:00:02	10	GE0/0/2
02:CC:00:00:00:03	20	GE0/0/3

ARP-кэш: IPv4 → MAC. MAC-таблица: MAC + VLAN → порт.

Пересылка, flooding и фильтрация

Адресная пересылка

MAC назначения найден на другом разрешённом порту.

Flooding

MAC неизвестен: кадр рассылается по разрешённым портам VLAN, кроме входного.

Фильтрация

Адрес назначения на входном порту либо кадр нарушает правила.

Обучение MAC-адресам: два кадра



- Первый кадр A → B: изучается MAC A; адрес B пока неизвестен.
- Ответ B → A: изучается MAC B; адрес A уже найден.
- Следующие кадры коммутируются адресно по MAC-таблице.

ARP и передача данных внутри подсети

ПК A: 192.168.1.10 → ПК B: 192.168.1.20

1. ARP Request	A ищет MAC B и отправляет broadcast
2. ARP Reply	B возвращает свой MAC-адрес
3. Ethernet кадр	IP-пакет отправляется на MAC B

Если адрес назначения вне подсети, кадр направляется MAC-адресу шлюза.

Диагностика Ethernet-коммутации

1. Физический линк, скорость и дуплекс
2. Административное состояние интерфейса
3. Принадлежность порта к VLAN
4. Записи MAC-таблицы и ARP-кэш
5. Ошибки FCS, петли и политика безопасности

```
VRP: display interface | display mac-address
```

Итоги и контрольные вопросы

- Ethernet использует кадры с MAC-адресами и контрольной суммой FCS.
- Коммутатор динамически изучает MAC-адреса по входным портам.
- Unknown unicast и broadcast обычно рассылаются внутри VLAN.
- ARP связывает IPv4-адрес соседнего узла с MAC-адресом.
- Диагностика включает порты, VLAN, MAC-таблицу и физические ошибки.

Вопрос: чем MAC-таблица отличается от ARP-кэша?