



МАРШРУТИЗАЦИЯ В IP СЕТЯХ

Биктимирова Элина, 09-231

ОГЛАВЛЕНИЕ

01

Основы маршрутизации в IP-сетях. Структура таблиц маршрутизации.

02

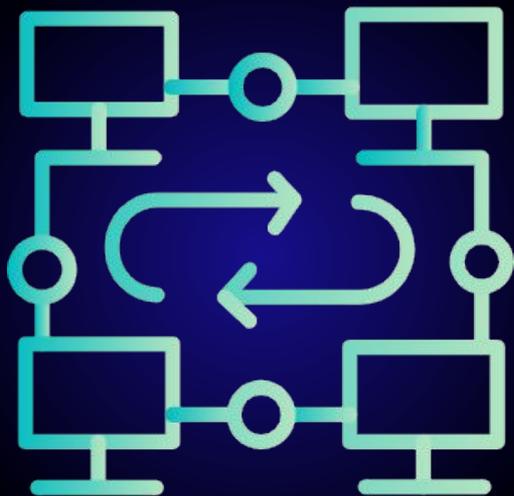
Статическая и динамическая маршрутизация. Метрики.

03

Протоколы маршрутизации. Дистанционно-векторный алгоритм маршрутизации. Алгоритм маршрутизации с учетом состояния каналов. Автономные системы. Протокол BGP.

04

Маршрутизаторы. Основные принципы организации и функционирования. Архитектура маршрутизаторов.



•

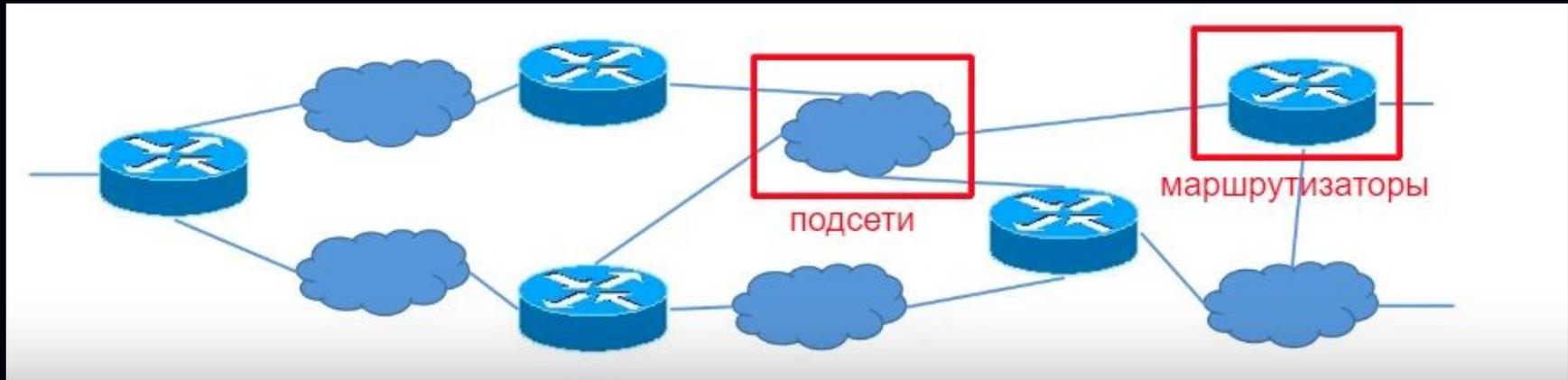
Основы маршрутизации в IP-сетях. Структура таблиц маршрутизации.

Маршрутизация — это поиск маршрута доставки пакета в крупной составной сети через транзитные узлы, которые называются **маршрутизаторами**.

Маршрутизация работает на сетевом уровне модель взаимодействия открытых систем OSI.

Она решает две задачи:

1. Выбор оптимального, по некоторому критерию, пути продвижения информации.
2. Транспортировку информационных блоков (пакетов) по выбранному маршруту.



Маршрутизация состоит из двух этапов:

- 1. На первом этапе происходит изучение сети, какие подсети есть в этой составной сети, какие маршрутизаторы и как эти маршрутизаторы объединены между собой.**
- 2. Второй этап маршрутизации выполняется, когда сеть уже изучена и на маршрутизатор поступил пакет, для этого пакета нужно определить куда именно его отправить.**

1 этап: Изучение сети и формирование таблицы маршрутизации

После того как маршрутизатор включается в сеть, он начинает процесс изучения сети, чтобы определить доступные подсети, маршрутизаторы и связи между ними.

Этот процесс состоит из нескольких шагов, которые позволяют маршрутизатору построить **таблицу маршрутизации** — ключевой инструмент для доставки пакетов.

Рассмотрим этот этап подробнее.

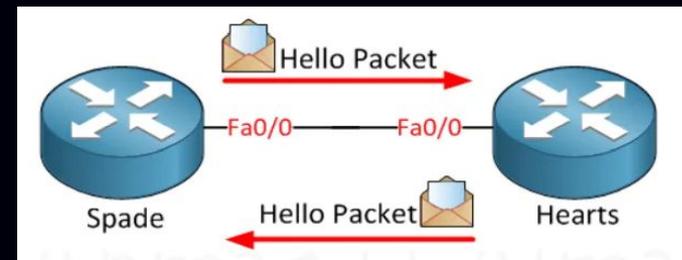
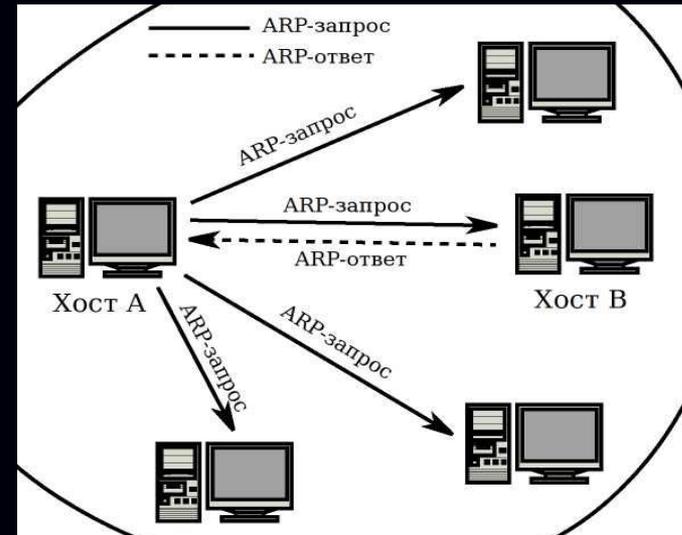
1 этап: Изучение сети и формирование таблицы маршрутизации

1. Обнаружение соседних устройств

Маршрутизатор сначала определяет, какие устройства подключены к нему напрямую.

Это делается с помощью:

- ARP (Address Resolution Protocol) для IPv4 или NDP (Neighbor Discovery Protocol) для IPv6 — чтобы узнать MAC-адреса соседей.
- Hello-пакетов (в протоколах динамической маршрутизации, таких как OSPF или EIGRP) — для установления соседских отношений.



1 этап: Изучение сети и формирование таблицы маршрутизации

2. Сбор информации о сети

Маршрутизатор узнает о других подсетях и маршрутизаторах. Это может происходить двумя способами:

- Статическая маршрутизация:
администратор вручную настраивает маршруты на маршрутизаторе.
- Динамическая маршрутизация: маршрутизаторы обмениваются информацией автоматически с помощью протоколов

(Подробнее о статической и динамической маршрутизации в следующем разделе.)

1 этап: Изучение сети и формирование таблицы маршрутизации

3. Формирование таблицы маршрутизации

На основе собранной информации маршрутизатор создает таблицу маршрутизации. В нее входят:

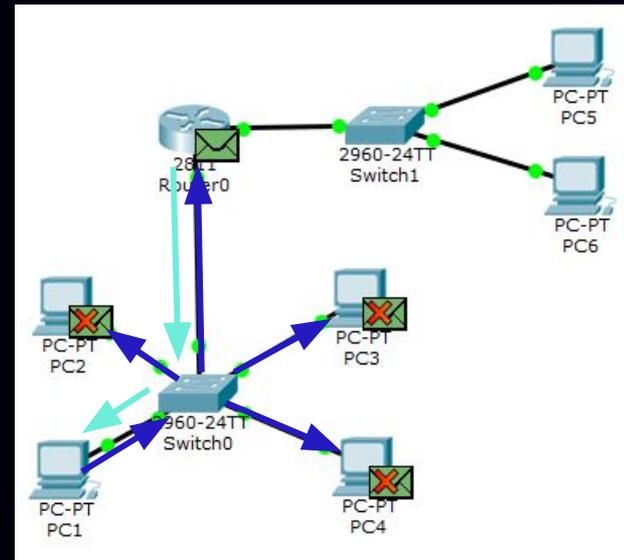
- **Сетевой адрес назначения:** IP-адрес подсети.
- **Маска подсети:** определяет границы сети.
- **Адрес следующего hop:** IP-адрес следующего маршрутизатора (on-link - есть доступ напрямую и шлюз не нужен).
- **Интерфейс:** через какой порт маршрутизатора отправить пакет.
- **Метрика:** "стоимость" маршрута (подробнее в след. разделе).

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.0.1	10.0.0.75	35
	10.0.0.0	255.255.255.0	On-link	10.0.0.75	291
	10.0.0.75	255.255.255.255	On-link	10.0.0.75	291
	10.0.0.255	255.255.255.255	On-link	10.0.0.75	291
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
	192.168.56.0	255.255.255.0	On-link	192.168.56.1	281

2 этап: Продвижение пакетов (forwarding)

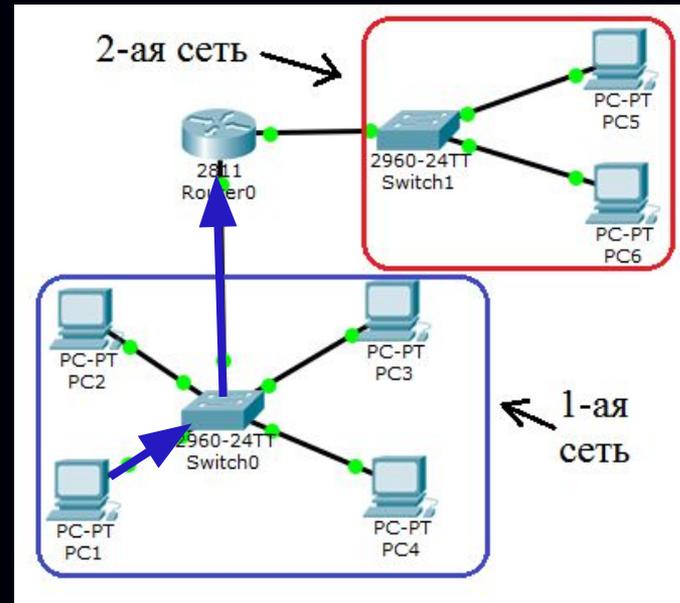
Перед тем как маршрутизатор начнет обрабатывать пакет, он должен получить его.

1. Устройство-отправитель создает пакет.
2. Проверка, находится ли адрес назначения в той же подсети:
 - Устройство сравнивает адрес назначения с маской своей подсети, чтобы понять, находится ли получатель в той же локальной сети.
 - Если адрес назначения в другой подсети, пакет нужно отправить на шлюз по умолчанию (маршрутизатор).
3. Поиск MAC-адреса маршрутизатора.



2 этап: Продвижение пакетов (forwarding)

4. Инкапсуляция пакета в кадр:
 - Пакет "упаковывается" в кадр канального уровня (например, Ethernet). (В кадре указываются в т. ч. MAC-адрес отправителя, MAC-адрес получателя (маршрутизатора))
5. Пакет доставляется на маршрутизатор, который начинает его обработку.



2 этап: Продвижение пакетов (forwarding)

На пути следования пакета каждый из маршрутизаторов применяет алгоритм использования таблицы маршрутизации.

Этот алгоритм выглядит следующим образом:

Этап 1:

Адрес получателя проверяется на принадлежность сетям, записи о которых присутствуют в таблице маршрутизации.

Этап 2:

Среди записей, удовлетворяющих требованию этапа 1, выбирается "наиболее узкий маршрут", т.е. запись с максимальным значением маски сети. Например, маска /24 уже, чем /8.

(Маска /8: В IPv4 это означает, что первые 8 бит IP-адреса отводятся под идентификацию сети, а оставшиеся 24 бита — под хосты.

Например, сеть 10.0.0.0/8 включает в себя все IP-адреса от 10.0.0.0 до 10.255.255.255.)

2 этап: Продвижение пакетов (forwarding)

Этап 3:

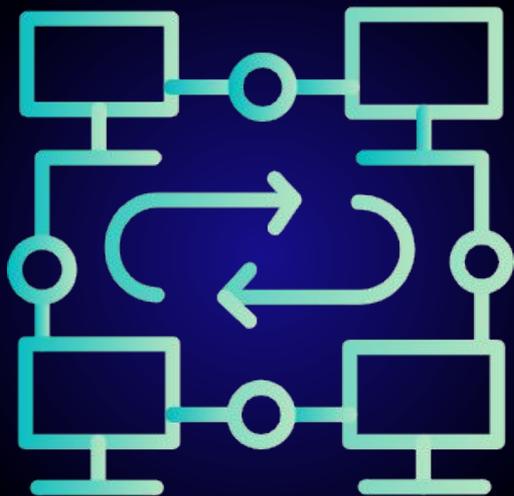
Если на этапе 2 осталось несколько записей с одинаковыми масками сети, маршрутизатор сравнивает метрики этих маршрутов.

Метрика — это числовое значение, которое указывает "стоимость" маршрута. Чем меньше метрика, тем предпочтительнее маршрут.

Этап 4:

Если ни одна из записей таблицы маршрутизации не удовлетворяет требованиям этапа 1 и отсутствует маршрут по умолчанию, то пакет отбрасывается.

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.0.1	10.0.0.75	35
	10.0.0.0	255.255.255.0	On-link	10.0.0.75	291
	10.0.0.75	255.255.255.255	On-link	10.0.0.75	291
	10.0.0.255	255.255.255.255	On-link	10.0.0.75	291
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331



•

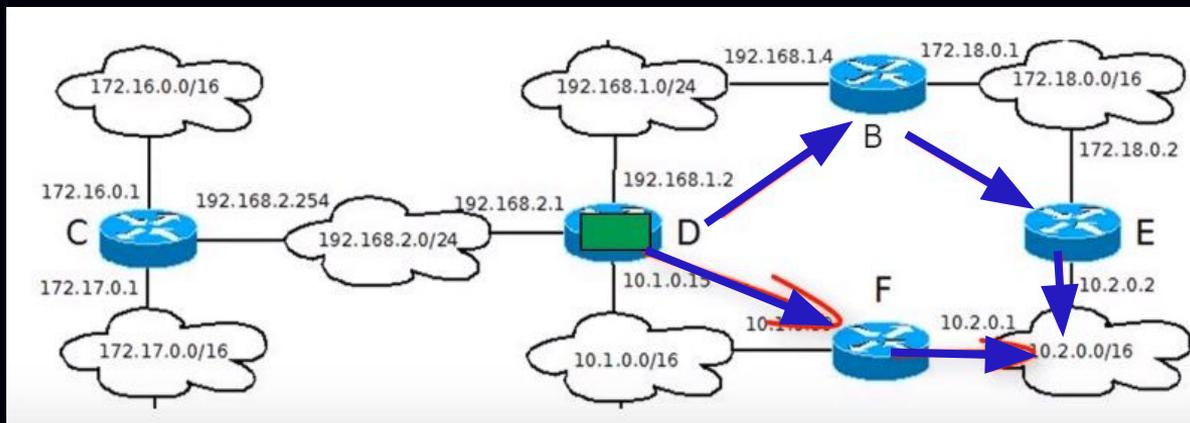
Статическая и динамическая маршрутизация. Метрики.

Метрики

Иногда в одну и ту же сеть можно попасть двумя путями.

В этом отличие сетевого уровня от канального. На канальном уровне всегда должно быть только одно соединение, а на сетевом уровне допускаются и даже поощряются для обеспечения надежности несколько путей к одной и той же сети.

Для того, чтобы выбрать оптимальный путь, используются поле **метрика** таблицы маршрутизации.



Метрики

Метрика - это числовое значение, которое используется маршрутизаторами для определения оптимального пути до сети назначения. Если есть несколько маршрутов до одной и той же сети, то выбирается маршрут с меньшей метрикой.

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.0.1	10.0.0.75	35
	10.0.0.0	255.255.255.0	On-link	10.0.0.75	291
	10.0.0.75	255.255.255.255	On-link	10.0.0.75	291
	10.0.0.255	255.255.255.255	On-link	10.0.0.75	291
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331

Метрики

Основные параметры, которые могут влиять на метрику:

1. Скорость каналов (пропускная способность)
2. Задержка (latency)
3. Надежность каналов: Каналы с меньшим количеством ошибок или сбоев получают более низкую метрику.
4. Загрузка каналов (load): Если канал сильно загружен, его метрика может быть увеличена, чтобы избежать перегрузки.
5. Количество узлов (hops)

Каждый протокол маршрутизации использует свои алгоритмы для расчета метрики.

Во время 1 этапа маршрутизации происходит сбор информации о сети, когда маршрутизатор узнает о других подсетях и маршрутизаторах.

Это может произойти 2 способами:

1. Статическая маршрутизация
2. Динамическая маршрутизация

Рассмотрим каждый из них подробнее.

1. **Статическая маршрутизация** — это метод, при котором администратор сети заранее определяет маршруты, по которым будет выполняться передача данных в сети. Эти маршруты вручную настраиваются на маршрутизаторах и не изменяются, если сетевые параметры не меняются.

Как происходит:

- Администратор вручную прописывает маршруты для каждой сети.
- Маршруты остаются неизменными, пока администратор не внесет изменения.
- Пример команды для статической маршрутизации (добавление маршрута к сети 10.10.10.0 с сетевой маской 255.255.255.0 через шлюз 192.168.1.50):

```
ip route add 10.10.10.0/24 via 192.168.1.50
```

Преимущества статической маршрутизации:

- Минимальные затраты процессора и памяти: т.к. не требует алгоритмов маршрутизации или механизмов обновления данных
- Простота внедрения в небольшой сети
- Высокий уровень безопасности: в отличие от протоколов динамической маршрутизации отправка объявлений не выполняется

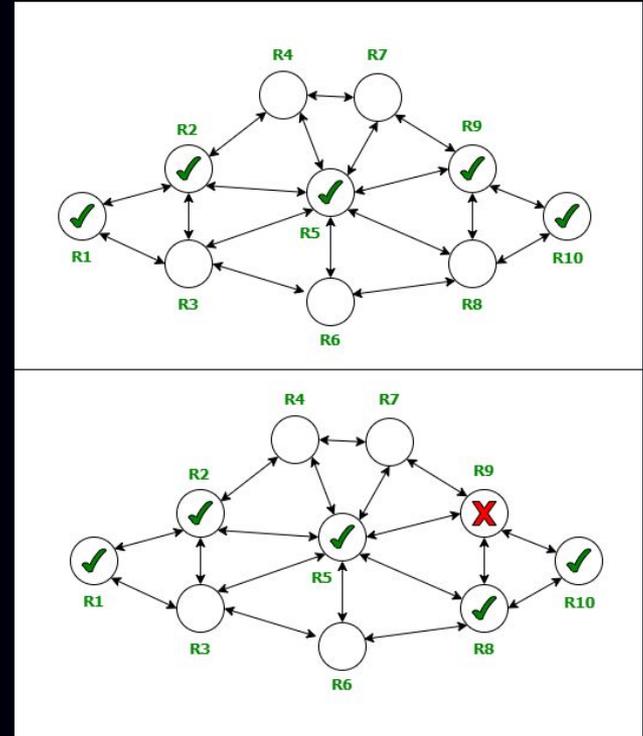
Недостатки статической маршрутизации:

- Отсутствие доступности: если маршрутизатор упадет, маршруты не изменятся автоматически.
- Не практично для больших сетей: т.к. при необходимости изменения маршрутизации конфигурирование выполняется вручную админи

2. **Динамическая маршрутизация** — это вид маршрутизации, при которой маршруты автоматически вычисляются и обновляются с использованием специальных протоколов маршрутизации. Эти протоколы являются масштабируемыми и автоматически определяют лучшие маршруты в случае изменения топологии.

Протоколы динамической маршрутизации обычно используются в следующих сценариях:

- В сетях, состоящих из более чем нескольких маршрутизаторов
- Когда изменение топологии сети требует от сети автоматического определения другого пути
- Для масштабируемости. По мере роста сети протокол динамической маршрутизации автоматически узнает о новых сетях.

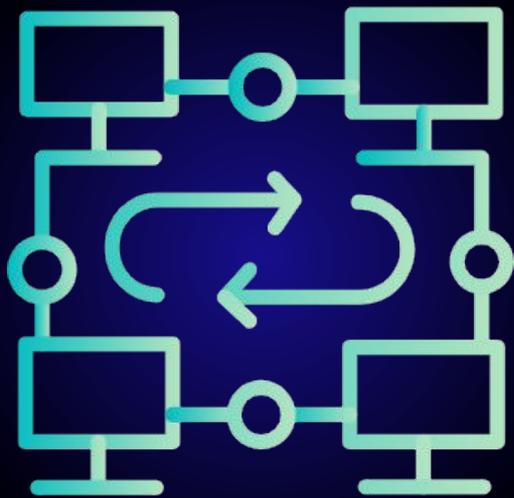


Преимущества динамической маршрутизации:

- Автоматическое обновление маршрутов при изменениях в сети
- Масштабируемость для больших и сложных сетей
- Балансировка нагрузки: распределение трафика между несколькими путями, если они имеют одинаковую метрику
- Поддержка отказоустойчивости: автоматическое восстановление при сбоях в сети

Недостатки динамической маршрутизации:

- Требуется больше ресурсов: процессор, память, трафик для обновлений
- Сложность настройки и риск ошибок: динамическая маршрутизация требует глубокого понимания протоколов и их параметров
- Уязвимость к атакам: например, подделка маршрутов



Протоколы маршрутизации.
Дистанционно-векторный
алгоритм маршрутизации.
Алгоритм маршрутизации
с учетом состояния каналов.
Автономные системы.
Протокол BGP.

Протоколы внутренней маршрутизации (Interior Gateway Protocol) используются для маршрутизации внутри автономной системы*.

Протоколы внешней маршрутизации (External Gateway Protocol) используются для маршрутизации между автономными системами*.



*Автономная система - группа сетей, управляемых одним оператором и имеющих единую политику маршрутизации.

Дистанционно-векторные протоколы (Distance Vector Protocols)

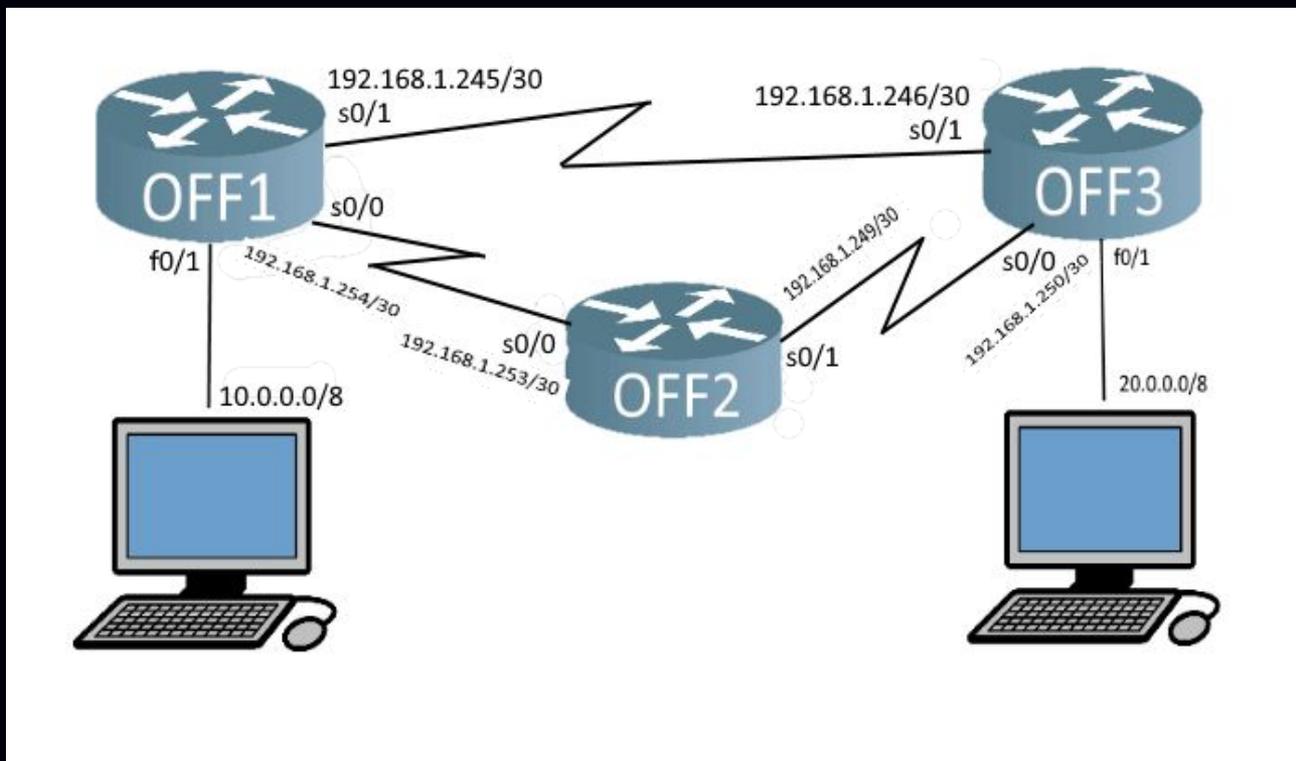
Дистанционно-векторные протоколы маршрутизации (Distance Vector Routing Protocols) используют алгоритм Беллмана–Форда для вычисления кратчайших путей. Они работают на основе обмена информацией о расстоянии (метрике) и направлении (векторе) до сетей назначения.

Основные дистанционно-векторные протоколы:

- 1. RIPv1, v2 (Routing Information Protocol)**
- 2. IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)**
- 3. EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)**

Дистанционно-векторные протоколы (Distance Vector Protocols)

RIP



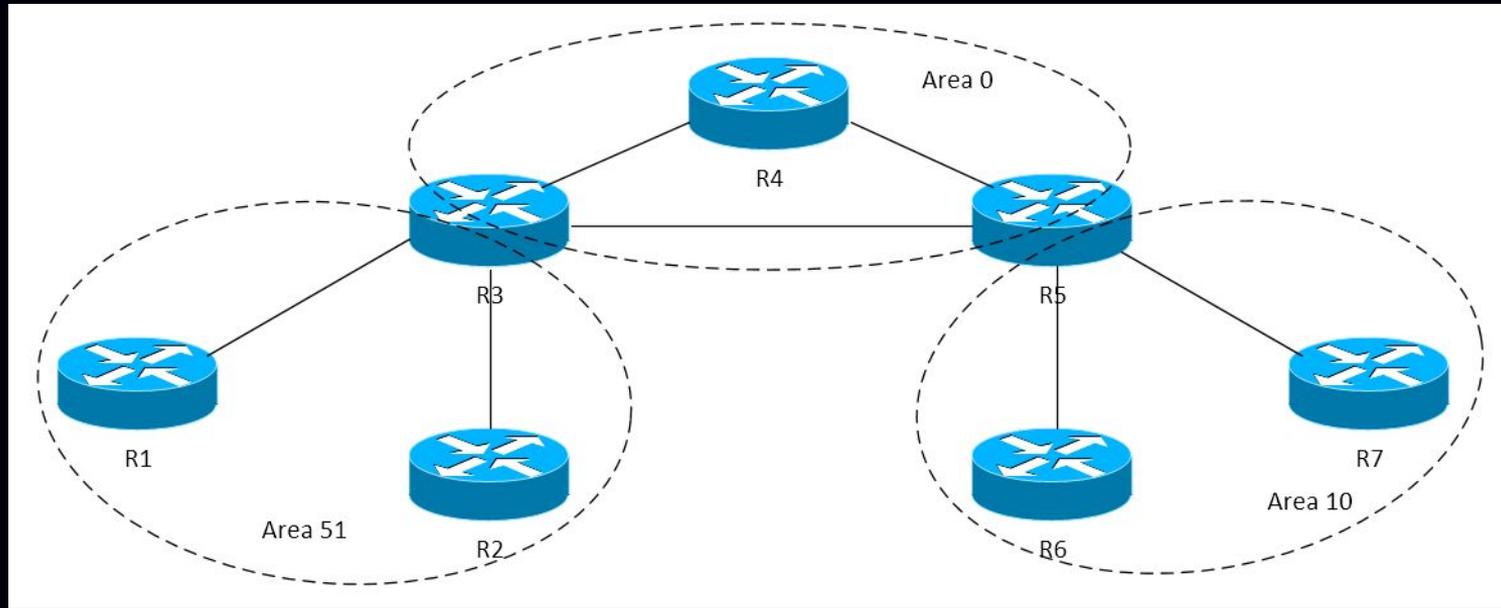
Протоколы маршрутизации по состоянию канала

Протокол маршрутизации по состоянию канала (link-state routing) — это тип протоколов маршрутизации, который использует информацию о состоянии каналов (link-state) для построения полной топологии сети и вычисления кратчайших путей. Наиболее известным примером такого протокола является OSPF.

OSPF (Open Shortest Path First) — протокол внутренней динамической маршрутизации, используемый для автоматического определения оптимальных маршрутов в пределах одной автономной системы (AS). Он работает на основе алгоритма Дейкстры, вычисляя кратчайший путь с учетом состояния каналов и их стоимости.

Протоколы маршрутизации по состоянию канала

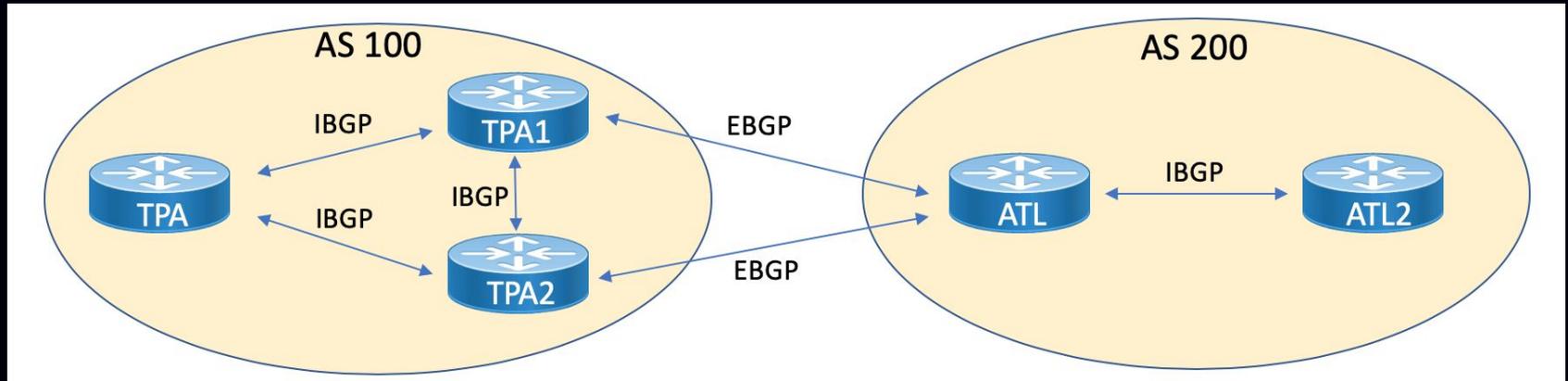
OSPF

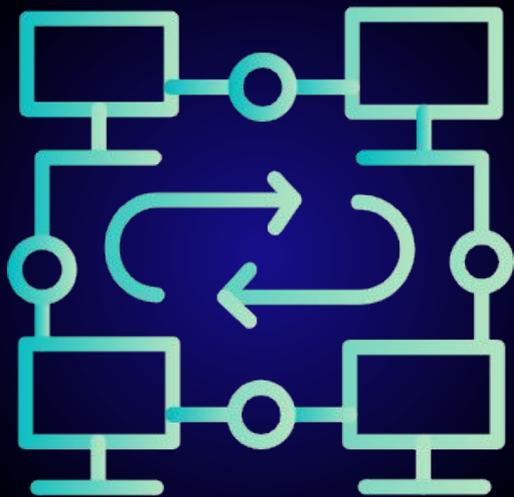


Протоколы маршрутизации по вектору пути

Протокол маршрутизации по вектору пути (Path Vector Protocol) — это тип протокола маршрутизации, который использует информацию о пути (последовательности узлов или автономных систем) для выбора оптимального маршрута.

Основным примером такого протокола является **BGP** (Border Gateway Protocol).



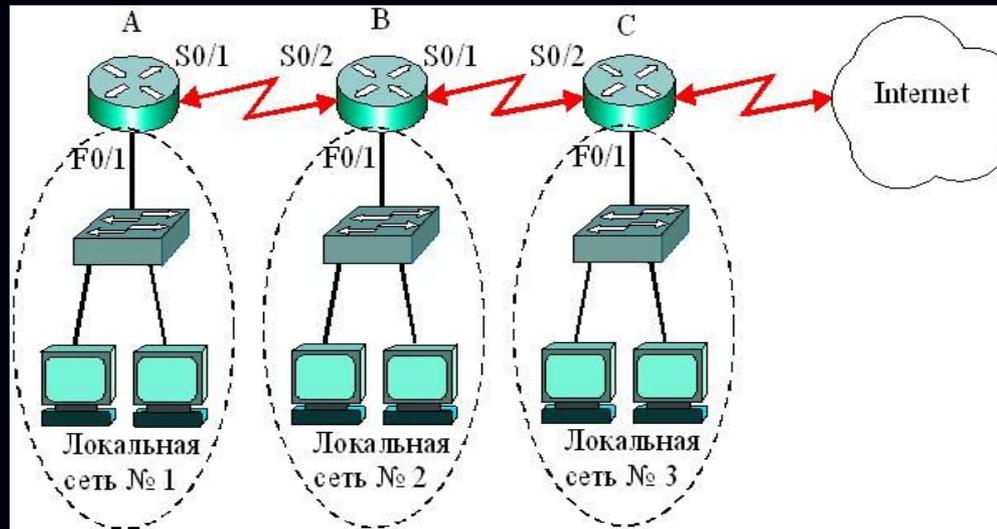


Маршрутизаторы. Основные принципы организации и функционирования.
Архитектура маршрутизаторов.

Маршрутизатор — это сетевое устройство, которое пересылает пакеты данных между различными сетями на основе IP-адресов.

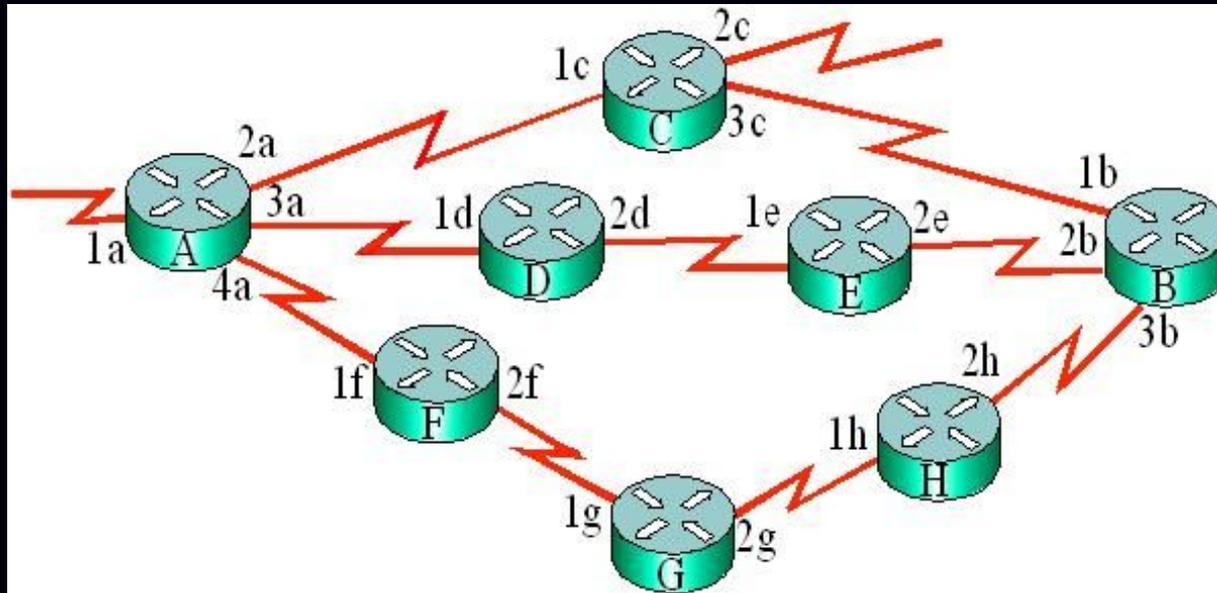
Главными функциями маршрутизаторов являются:

- выбор наилучшего пути для пакетов к адресату назначения;
- продвижение (коммутация) принятого пакета с входного интерфейса на соответствующий выходной интерфейс.



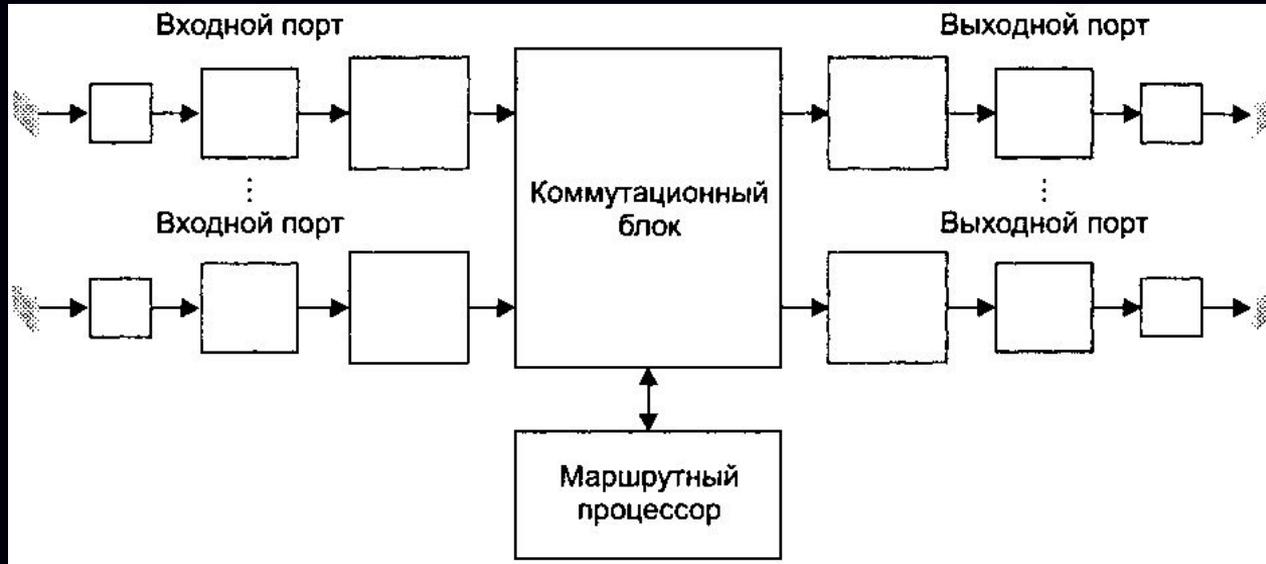
Работа маршрутизатора состоит из нескольких этапов, начиная с получения пакета и заканчивая его передачей следующему узлу.

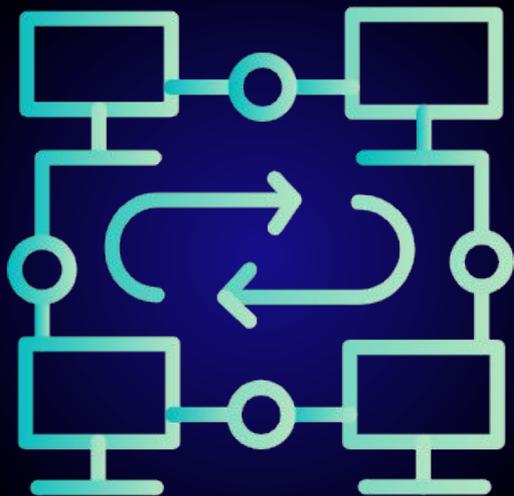
1. Маршрутизатор получает пакет
2. Анализирует сетевую часть адреса назначения в заголовке пакета
3. Определяет выходной интерфейс на основе таблицы маршрутизации.



Маршрутизатор состоит из четырех компонентов:

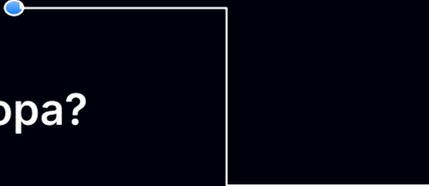
- Входные порты
- Коммутационный блок
- Выходные порты
- Маршрутный процессор.





•

Вопросы для студентов



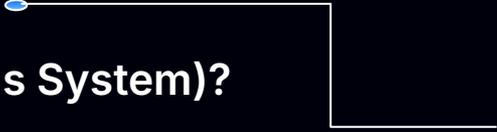
1. Что является основной функцией маршрутизатора?

- a) Фильтрация трафика на основе MAC-адресов.**
- b) Усиление сигнала в локальной сети.**
- c) Передача данных между различными сетями на основе IP-адресов.**
- d) Хранение данных пользователей.**



2. Что содержит таблица маршрутизации?

- a) MAC-адреса всех устройств в сети.
- b) IP-адреса и соответствующие маршруты.
- c) Пароли пользователей.
- d) Данные о состоянии каналов связи.



3. Что такое AS (Autonomous System)?

- a) Группа устройств в локальной сети.
- b) Устройство для усиления сигнала.
- c) Протокол маршрутизации
- d) Группа сетей, управляемых одним оператором и имеющих единую политику маршрутизации.



4. Что такое шлюз по умолчанию?

- a) Маршрутизатор, через который передается трафик за пределы локальной сети.
- b) Устройство для подключения к Wi-Fi.
- c) Сервер для хранения данных.
- d) Устройство для усиления сигнала.



5. Что такое статическая маршрутизация?

- a) Маршрутизация, которая автоматически обновляется.
- b) Маршрутизация, настроенная вручную администратором.
- c) Маршрутизация, использующая только MAC-адреса.
- d) Маршрутизация, которая не требует таблиц маршрутизации.



6. Какой протокол используется для динамической маршрутизации?

a) ARP.

b) DNS.

c) OSPF.

d) HTTP.



7. Что такое метрика в маршрутизации?

- a) Количество пакетов, переданных за секунду.
- b) Параметр, используемый для выбора наилучшего маршрута.
- c) Время жизни пакета.
- d) Размер таблицы маршрутизации.



8. Какой протокол маршрутизации использует алгоритм состояния каналов?

a) RIP.

b) OSPF.

c) BGP.

d) EIGRP.



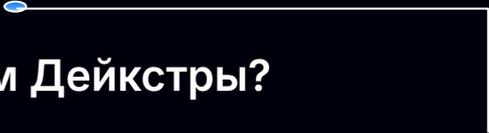
9. Какой протокол используется для маршрутизации между автономными системами?

a) OSPF.

b) RIP.

c) BGP.

d) EIGRP.



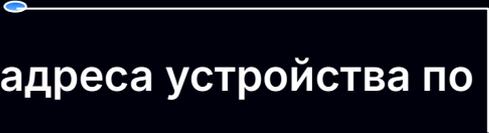
10. Какой протокол маршрутизации использует алгоритм Дейкстры?

a) OSPF.

b) RIP.

c) BGP.

d) EIGRP.



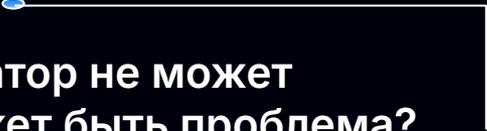
11. Какой протокол используется для определения MAC-адреса устройства по его IP-адресу в сетях?

a) DNS.

b) DHCP.

c) ARP.

d) ICMP.



12. В сети настроен шлюз по умолчанию, но маршрутизатор не может передать трафик за пределы локальной сети. В чем может быть проблема?

- a) Шлюз по умолчанию недоступен.**
- b) Таблица маршрутизации пуста.**
- c) Маршрутизатор не поддерживает протоколы маршрутизации.**
- d) Все вышеперечисленное.**



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

