

# Информационные сети и коммуникации

## Лекция 8

# План лекции:

- Маршрутизация IP
- Задачи и принципы маршрутизации
- Таблица маршрутизации
- Виды маршрутизации
- Транспортный уровень
- Назначение UDP и TCP
- Заголовки TCP и UDP
- Принцип установления связи
- Окно TCP

# Маршрутизация

**Маршрутизация** (*Routing*) — процесс определения маршрута следования информации в сетях связи.

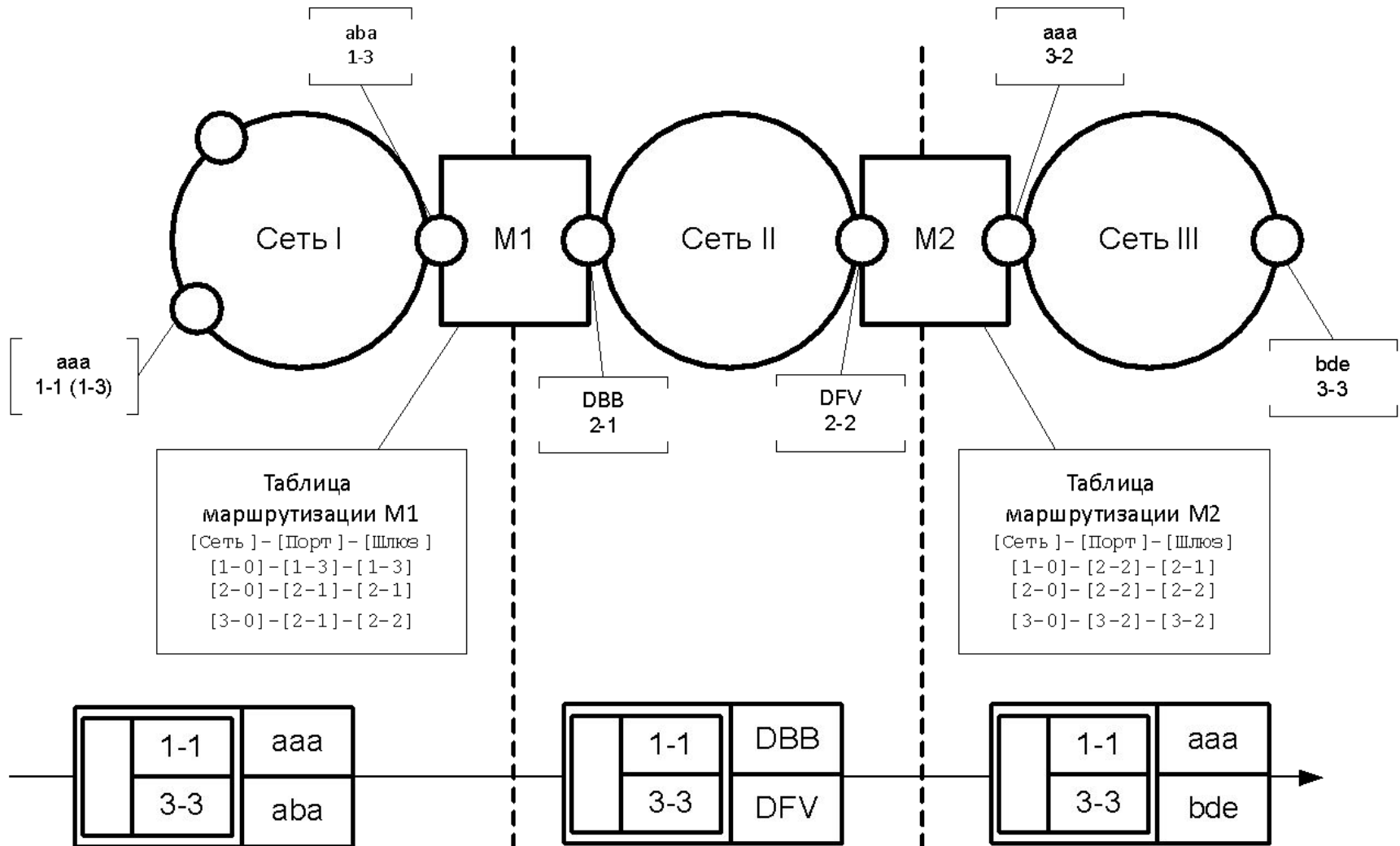
Маршрутизация состоит из двух основных шагов:

- Направление пакетов на следующий луч (от входного к выходному интерфейсу в традиционной проводной сети)
- Определение того, как направлять пакеты (построение таблицы или определение маршрута)

Легко направить пакеты, однако тяжело узнать куда (особенно сделать это эффективно):

- Найти приемник
- Минимизировать количество лучей (длину пути)
- Минимизировать задержку
- Минимизировать потери пакетов
- Минимизировать стоимость

# Задачи и принципы маршрутизации



# Таблица маршрутизации

**Таблица маршрутизации** — электронная таблица (файл) или база данных, хранящаяся на маршрутизаторе или сетевом компьютере, описывающая соответствие между адресами назначения и интерфейсами, через которые следует отправить пакет данных до следующего маршрутизатора. Является простейшей формой *правил маршрутизации*.

Таблица маршрутизации обычно содержит:

- **адрес сети или узла назначения**, либо указание, что маршрут является *маршрутом по умолчанию*
- **маску сети назначения** (для IPv4-сетей маска /32 (255.255.255.255) позволяет указать единичный узел сети)
- **шлюз**, обозначающий адрес маршрутизатора в сети, на который необходимо отправить пакет, следующий до указанного адреса назначения
- **интерфейс** (в зависимости от системы это может быть порядковый номер, GUID или символьное имя устройства)
- **метрику** — числовой показатель, задающий предпочтительность маршрута. Чем меньше число, тем более предпочтителен маршрут (интуитивно представляется как расстояние).

# Флаги таблицы маршрутов

Флаги записей присутствуют только в таблице Unix-маршрутизатора. Они описывают характеристики записи:

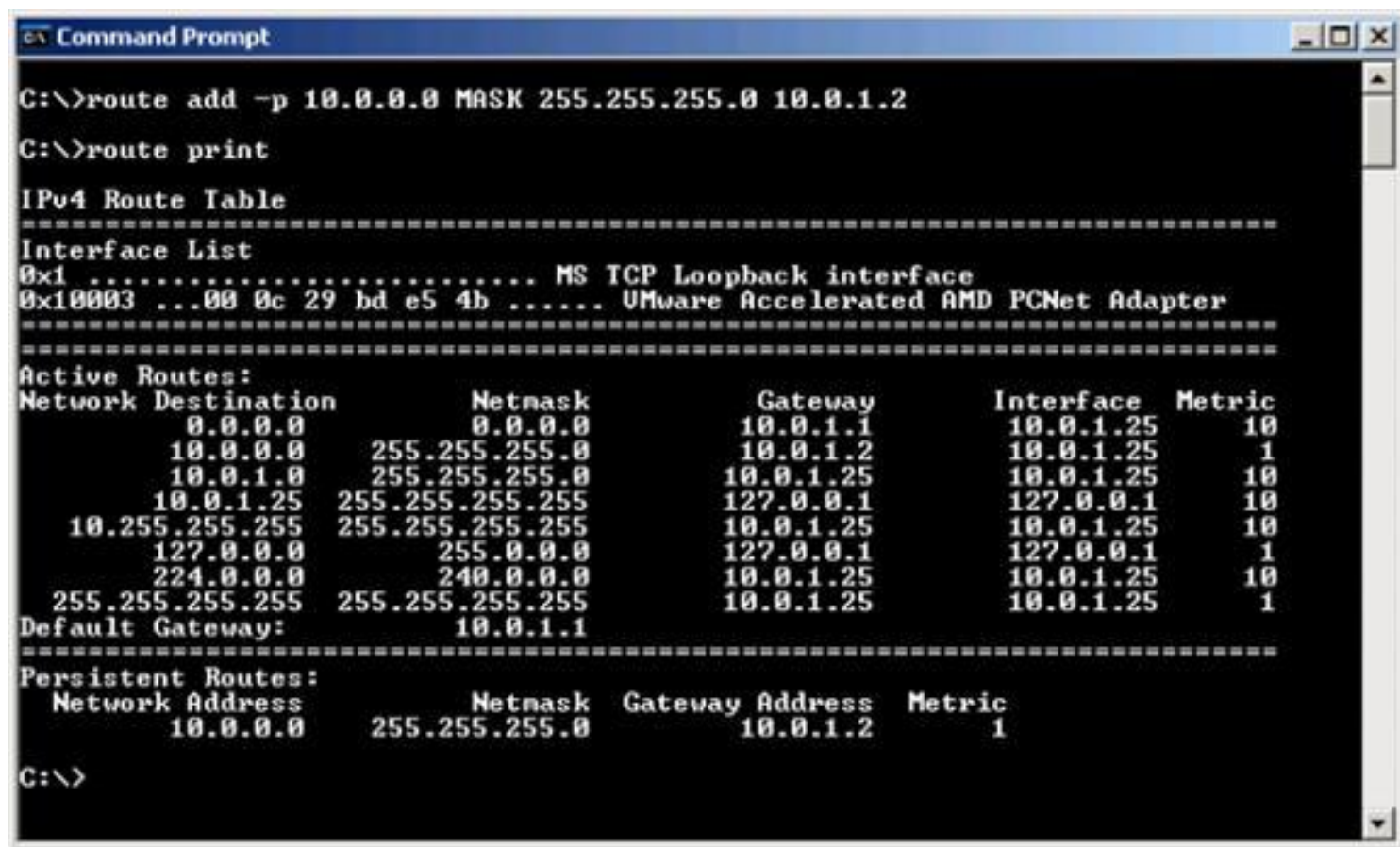
- U - показывает, что маршрут активен и работоспособен. Аналогичный смысл имеет поле «Status» в маршрутизаторе NetBuilder.
- H - признак специфического маршрута к определенному хосту. Маршрут ко всей сети, к которой принадлежит данный хост, может отличаться от данного маршрута.
- G - означает, что маршрут пакета проходит через промежуточный маршрутизатор (gateway). Отсутствие этого флага отмечает непосредственно подключенную сеть.
- D - означает, что маршрут получен из сообщения Redirect (перенаправление) протокола ICMP. Этот признак может присутствовать только в таблице маршрутизации конечного узла.

Наличие флага D означает, что конечный узел в какой-то предыдущей передаче пакета выбрал не самый рациональный следующий маршрутизатор на пути к данной сети, и этот маршрутизатор с помощью протокола ICMP сообщил, что все последующие пакеты к данной сети нужно отправлять через другой следующий маршрутизатор. Протокол ICMP может посылать сообщения только узлу-отправителю, поэтому у промежуточного маршрутизатора этот признак встретиться не может. Признак никак не влияет на процесс маршрутизации, он только указывает администратору источник появления записи.

В таблице Unix-маршрутизатора используются еще два поля, имеющих справочное значение. Поле «Refcnt» показывает, сколько раз на данный маршрут ссылались при продвижении пакетов. Поле «Use» отражает количество пакетов, переданных по данному маршруту.

# Пример:

Для отображения можно использовать команды **netstat -rn** или **route print**.



```
Command Prompt
C:\>route add -p 10.0.0.0 MASK 255.255.255.0 10.0.1.2
C:\>route print

IPv4 Route Table
=====
Interface List
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x10003 ...00 0c 29 bd e5 4b ..... VMware Accelerated AMD PCNet Adapter
=====

Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway          Interface        Metric
0.0.0.0                    0.0.0.0          10.0.1.1         10.0.1.25        10
10.0.0.0                   255.255.255.0   10.0.1.2         10.0.1.25        1
10.0.1.0                   255.255.255.0   10.0.1.25        10.0.1.25        10
10.0.1.25                  255.255.255.255 127.0.0.1        127.0.0.1        10
10.255.255.255             255.255.255.255 10.0.1.25        10.0.1.25        10
127.0.0.0                  255.0.0.0       127.0.0.1        127.0.0.1        1
224.0.0.0                  240.0.0.0       10.0.1.25        10.0.1.25        10
255.255.255.255           255.255.255.255 10.0.1.25        10.0.1.25        1
Default Gateway:          10.0.1.1
=====

Persistent Routes:
Network Address            Netmask          Gateway Address  Metric
10.0.0.0                   255.255.255.0   10.0.1.2         1

C:\>
```

# Виды маршрутизации

Маршрутизацию можно классифицировать двумя способами:

- Статическая и динамическая
- Внешняя и внутренняя

Внешняя необходима для маршрутизации между автономными системами (**EGP, BGP**).

Внутренняя – внутри одной системы (**RIP, OSPF**).



# Статическая маршрутизация

**Статическая маршрутизация** - вид маршрутизации, при котором маршруты указываются в явном виде при конфигурации маршрутизаторов. Вся маршрутизация при этом происходит без участия каких-либо протоколов маршрутизации.

Основные достоинства:

- Лёгкость отладки и конфигурирования в малых сетях.
- Отсутствие дополнительных накладных расходов (из-за отсутствия протоколов маршрутизации)
- Мгновенная готовность (не требуется интервал для конфигурирования/подстройки)
- Низкая нагрузка на процессор маршрутизатора
- Предсказуемость в каждый момент времени

Недостатки

- Очень плохое масштабирование (добавление (N+1)-ой сети потребует сделать  $2^{*(N+1)}$  записей о маршрутах, причём на большинстве маршрутизаторов таблица маршрутов будет различной, при  $N > 3-4$  процесс конфигурирования становится весьма трудоёмким).
- Низкая устойчивость к повреждениям линий связи (особенно, в ситуациях, когда обрыв происходит между устройствами второго уровня и порт маршрутизатора не получает статус down).
- Отсутствие динамического балансирования нагрузки
- Необходимость в ведении отдельной документации к маршрутам, проблема синхронизации документации и реальных маршрутов.

# Динамическая маршрутизация:

**Динамическая маршрутизация** — вид маршрутизации, при котором таблица маршрутизации и редактируется программно. В случае UNIX-систем *демонами маршрутизации*; в других системах — служебными программами, которые называются иначе, но фактически играют ту же роль.

Демоны маршрутизации обмениваются между собой информацией, которая позволяет им заполнить таблицу маршрутизации наиболее оптимальными маршрутами. Протоколы, с помощью которых производится обмен информацией между демонами, называется *протоколами динамической маршрутизации*.

Протоколы динамической маршрутизации:

- RIP
- OSPF
- EIGRP
- BGP
- IS-IS

Демоны динамической маршрутизации:

- Quagga
- GNU Zebra
- XORP
- Bird

# Протокол RIP

Протокол RIP (Routing Information Protocol — протокол маршрутной информации) был одним из первых протоколов внутренней маршрутизации, применявшихся в Интернете.

Своим происхождением и названием он обязан архитектуре XNS (Xerox Network Systems). Широкое распространение протокола RIP было во многом вызвано тем, что он был включен в версию 1982 года операционной системы Berkeley UNIX, поддерживающей стек протоколов TCP/IP. Протокол RIP версии 1 определен в RFC 1058, обратно совместимая версия 2 этого протокола определена в RFC 2453.

Протокол RIP работает по дистанционно-векторному алгоритму. Версия протокола RIP, специфицированная в RFC 1058, в качестве единиц измерения стоимости маршрутов использует количество ретрансляционных участков, то есть стоимость каждой линии считается равной 1. Максимальная стоимость пути ограничена значением 15, таким образом, диаметр автономной системы, поддерживаемой протоколом RIP, не может превышать 15 ретрансляционных участков.

В протоколе RIP обмен новыми сведениями между соседними маршрутизаторами происходит приблизительно через каждые 30 с, для чего используются так называемые ответные RIP-сообщения (RIP response messages). Ответное RIP-сообщение, посылаемое маршрутизатором или хостом, содержит список, в котором указаны до 25 сетей-адресатов в пределах автономной системы, а также расстояния до каждой из этих сетей от отправителя. Ответные RIP-сообщения также иногда называют RIP-объявлениями.

# Протокол OSPF

Как и RIP, протокол OSPF (Open Shortest Path First — открытый протокол выбора кратчайшего маршрута) используется для маршрутизации внутри автономной системы. Слово «Open» в названии протокола означает, что спецификация протокола маршрутизации свободно распространяется (в отличие от, к примеру, спецификации протокола EIGRP корпорации Cisco). Последняя (вторая) версия протокола OSPF определена в RFC 2328.

Протокол OSPF считается преемником протокола RIP и обладает рядом дополнительных функций. Однако по своей сути протокол OSPF представляет собой протокол, основанный на учете состоянии линий и использующий метод лавинной рассылки для распространения информации о состоянии линий, а также алгоритм определения пути наименьшей стоимости Дейкстры. Маршрутизатор, работающий по протоколу OSPF, формирует полную топологическую карту (направленный граф) всей автономной системы. Затем маршрутизатор локально запускает алгоритм определения кратчайшего пути Дейкстры, чтобы найти дерево кратчайших путей ко всем сетям автономной системы. Далее из этого дерева кратчайших путей формируется таблица продвижения данных маршрутизатора. Стоимости линий настраиваются сетевым администратором. Администратор может установить стоимости всех линий равными 1, в результате путь наименьшей стоимости совпадет с кратчайшим путем, или установить весовой коэффициент каждой линии обратно пропорциональным пропускной способности линии, чтобы маршрутизаторы старались избегать линий с низкой пропускной способностью. Протокол OSPF не занимается определением стоимости линий (это работа сетевого администратора), а лишь предоставляет механизмы (протокол) определения пути наименьшей стоимости для заданного набора стоимостей линий.

Маршрутизатор, работающий по протоколу OSPF, путем широковещательной рассылки переправляет информацию о маршрутах всем маршрутизаторам автономной системы, а не только соседним. Маршрутизатор рассылает всем информацию о состоянии линий при каждом изменении состояния какой-либо из линий (например, при изменении стоимости или включении/отключении). Он также рассылает информацию о состоянии линий периодически (по меньшей мере, раз в 30 мин), даже если состояние линии не изменилось. В RFC 2328 отмечается, что «эти периодические объявления о состояниях линий увеличивают устойчивость алгоритма, основанного на состоянии линий». Объявления протокола OSPF содержатся в OSPF-сообщениях, напрямую переносимых IP-дейтаграммами, в поле протокола верхнего уровня которых протокол OSPF обозначается кодом 89. Таким образом, протокол OSPF должен сам заниматься такими вопросами, как надежность передачи сообщений и широковещательная рассылка информации о состоянии линий. Протокол OSPF также проверяет работоспособность линий (при помощи сообщения HELLO, посылаемого соседу) и позволяет маршрутизатору OSPF получать информацию из базы данных соседнего маршрутизатора о состоянии линий всей сети.