

Маршрутизация — принцип работы и таблица маршрутизации

Маршрутизация работает на сетевом уровне модель взаимодействия открытых систем OSI. **Маршрутизация** — это поиск маршрута доставки пакета в крупной составной сети через транзитные узлы, которые называются маршрутизаторы.

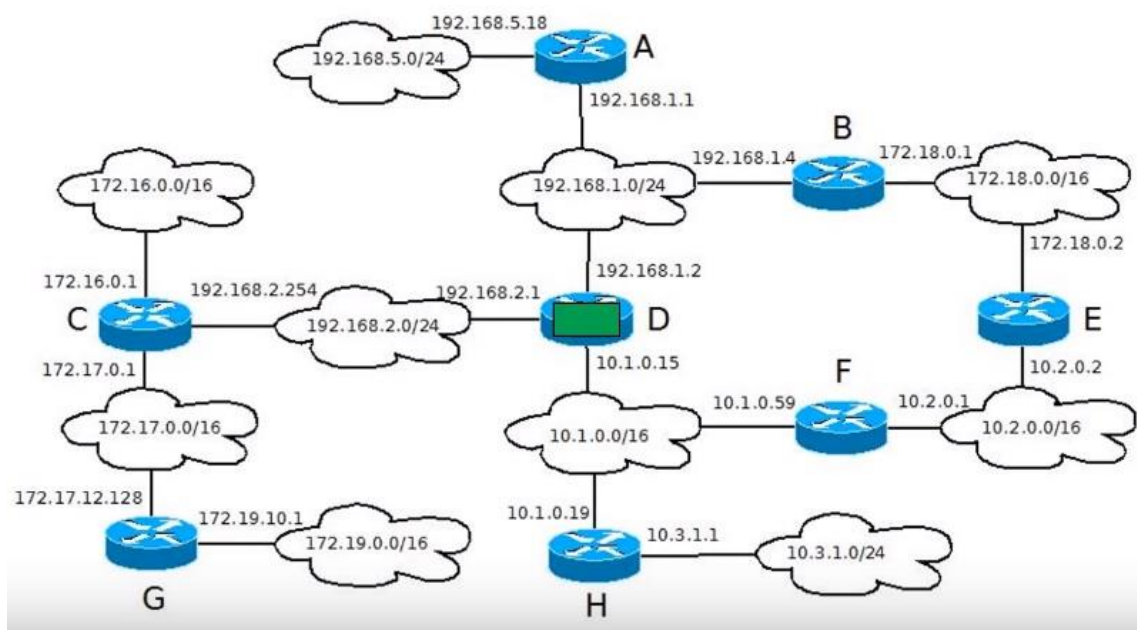
Маршрутизация состоит из двух этапов:

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. Иногда для второго этапа маршрутизации используется отдельный термин “продвижение” по-английски forwarding.

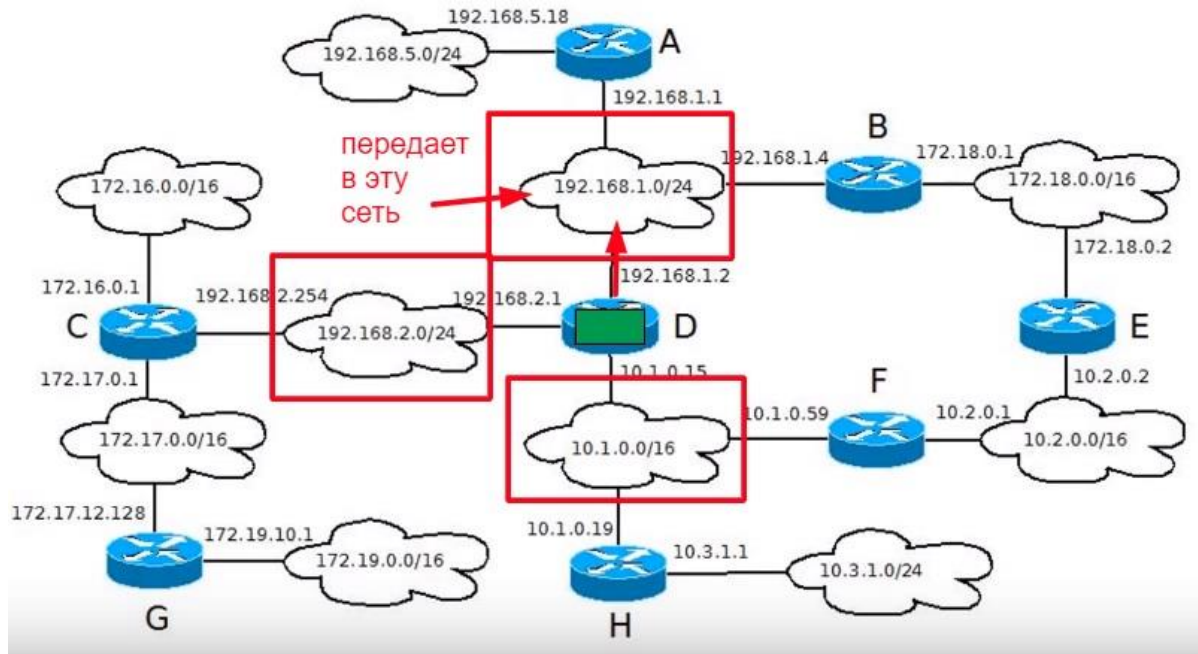


Варианты действий маршрутизатора

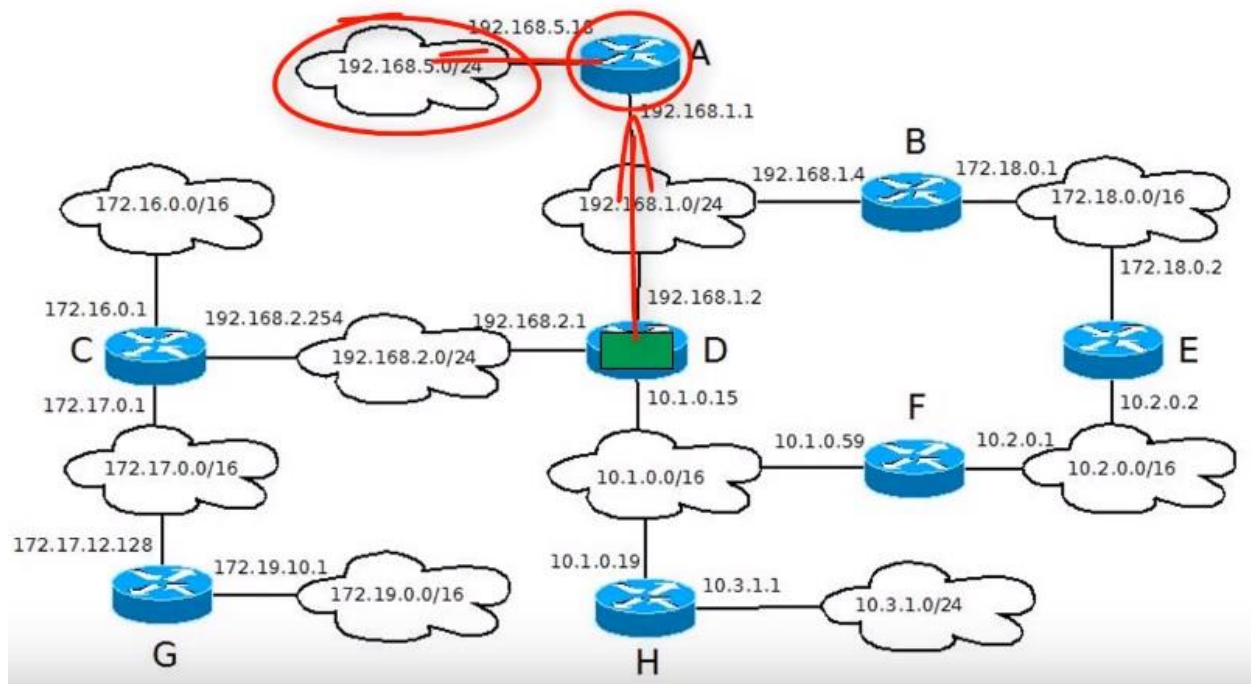
В качестве примера, рассмотрим схему составной сети, здесь показаны отдельные подсети, для каждой подсети есть ее адрес и маска, а также маршрутизаторы, которые объединяют эти сети.



Рассмотрим маршрутизатор D: на него пришёл пакет, и надо решить, что делать с этим пакетом. А какие вообще возможны варианты действий у маршрутизатора? Первый вариант, сеть которой предназначен пакет подключена непосредственно к маршрутизатору. У маршрутизатора D таких сетей 3, в этом случае маршрутизатор передает пакет непосредственно в эту сеть.



Второй вариант, нужная сеть подключена к другому маршрутизатору (A), и известно, какой маршрутизатор нужен. В этом случае, маршрутизатор D передает пакет на следующий маршрутизатор, который может передать пакет в нужную сеть, такой маршрутизатор называется шлюзом.



Третий вариант, пришел пакет для сети, маршрут которой не известен, в этом случае маршрутизатор отбрасывает пакет. В этом отличие работы маршрутизатора от коммутатора, коммутатор отправляет кадр который он не знает куда доставить на все порты, маршрутизатор так не делает. В противном случае составная сеть очень быстро может переполниться мусорными пакетами для которых не известен маршрут доставки. Что нужно знать маршрутизатору для того, чтобы решить куда отправить пакет?

- Во-первых, у маршрутизатора есть несколько интерфейсов, к которым подключены сети. Нужно определить в какой из этих интерфейсов отправлять пакет.
- Затем нужно определить, что именно делать с этим пакетом. Есть 2 варианта, можно передать пакет в сеть (192.168.1.0/24), либо можно передать его на один из маршрутизаторов подключенных к этой сети. Если передавать пакет на маршрутизатор, то нужно знать, какой именно из маршрутизаторов подключенных к этой сети, выбрать для передачи пакета.

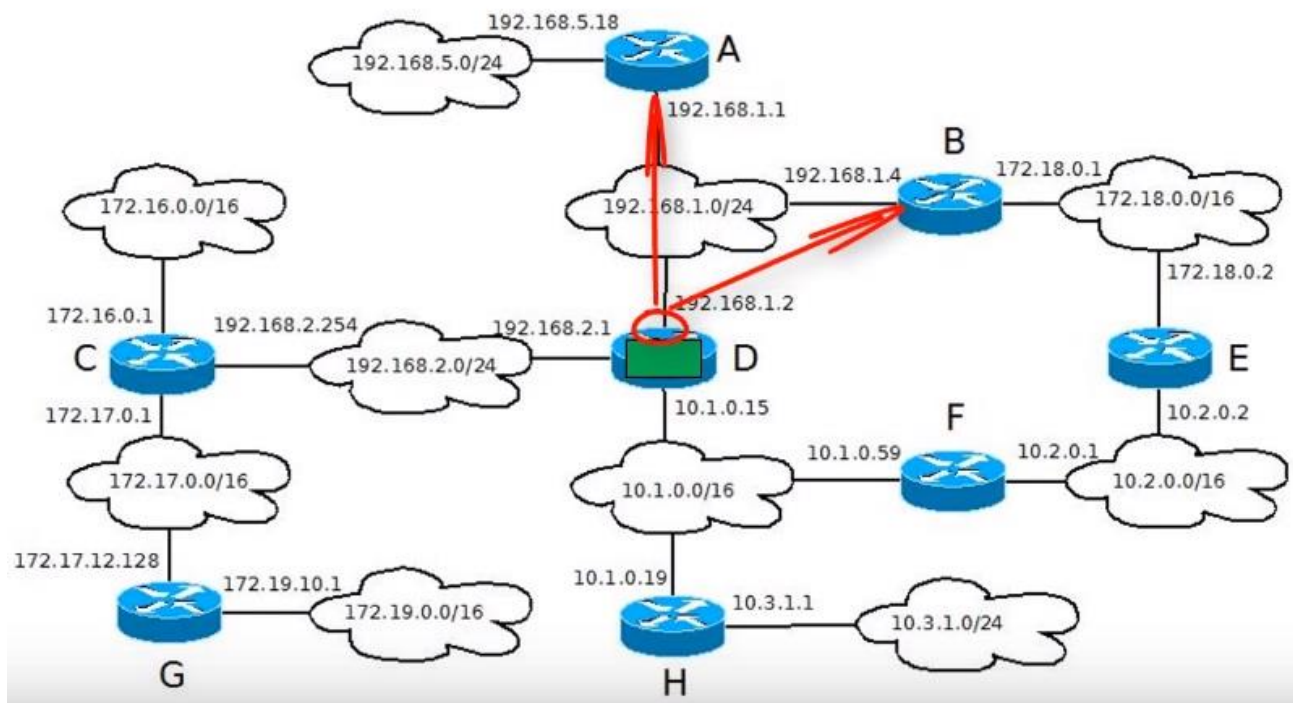


Таблица маршрутизации

Эту информацию маршрутизатор хранит в таблице маршрутизации. На картинке ниже показан ее упрощенный вид, в которой некоторые служебные столбцы удалены для простоты понимания.

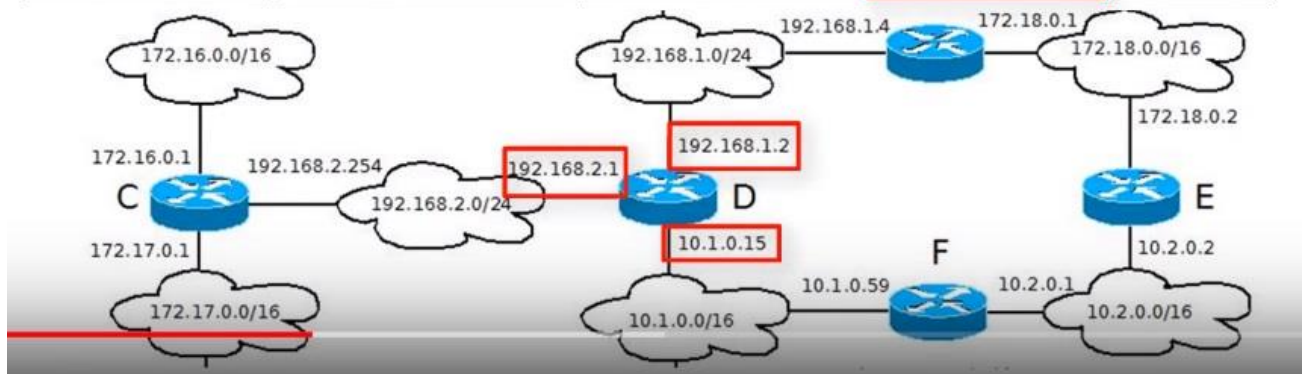
Адрес	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
192.168.1.0	255.255.255.0	Подсоединен	192.168.1.2	276
192.168.2.0	255.255.255.0	Подсоединен	192.168.2.1	276
10.1.0.0	255.255.0.0	Подсоединен	10.1.0.15	276
172.16.0.0	255.255.0.0	192.168.2.254	192.168.2.1	306
10.2.0.0	255.255.0.0	10.1.0.59	10.1.0.15	306

Первые два столбца -- это адрес и маска подсети, вместе они задают адрес подсети. Затем столбцы шлюз, интерфейс и метрика. Столбец интерфейс говорит о том, через какой интерфейс маршрутизатора нам нужно отправить пакет.

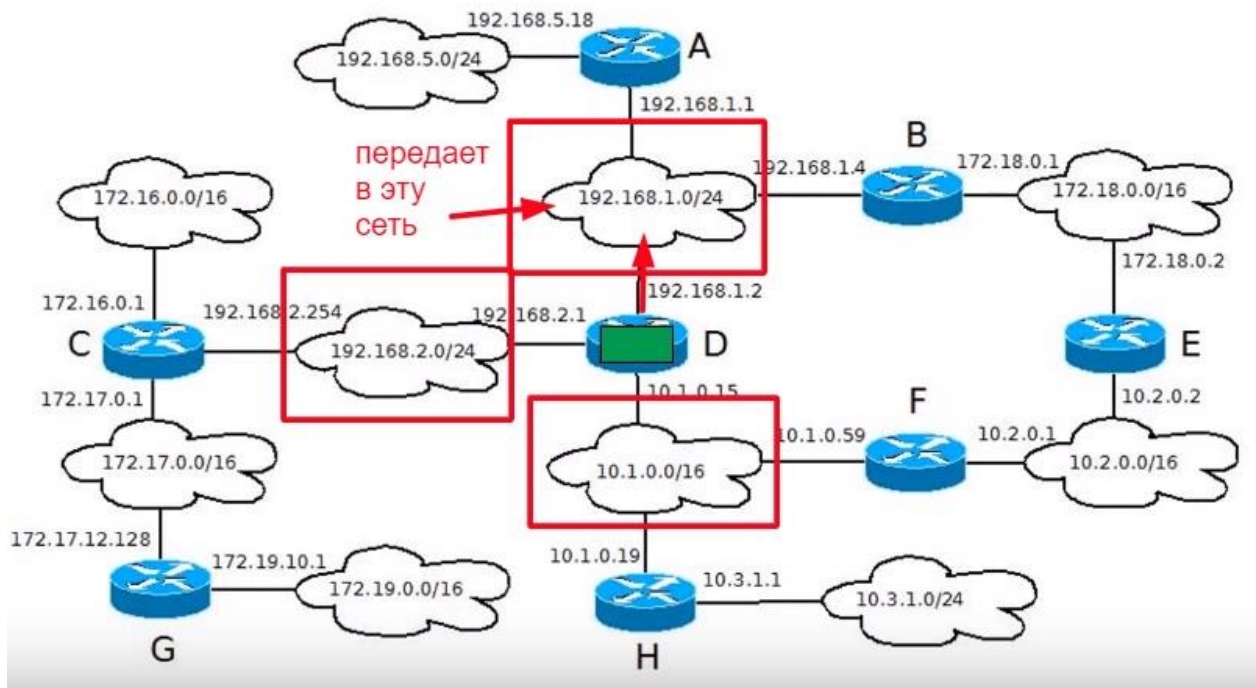
Таблица маршрутизации Windows

Продолжим рассматривать маршрутизатор D, у него есть три интерфейса. Ниже на картинке представлен вид таблицы маршрутизации для Windows, которые в качестве идентификатора интерфейса используют IP-адрес, который назначен этому интерфейсу. Таким образом в столбце интерфейс есть 3 IP-адреса, которые соответствуют трем интерфейсам маршрутизатора.

Адрес	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
192.168.1.0	255.255.255.0	Подсоединен	192.168.1.2	276
192.168.2.0	255.255.255.0	Подсоединен	192.168.2.1	276
10.1.0.0	255.255.0.0	Подсоединен	10.1.0.15	276
172.16.0.0	255.255.0.0	192.168.2.254	192.168.2.1	306
10.2.0.0	255.255.0.0	10.1.0.59	10.1.0.15	306



Столбец **Шлюз**, говорит, что делать с пакетом, который вышел через заданный интерфейс. Для сетей, которые подключены напрямую к маршрутизатору D, в столбце **Шлюз**, указывается «**подсоединен**», которое говорит о том, что сеть подключена непосредственно к маршрутизатору и передавать пакет нужно напрямую в эту сеть.



Если же нам нужно передать пакет на следующий маршрутизатор, то в поле **Шлюз** указывается ip-адрес этого маршрутизатора.

Адрес	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
192.168.1.0	255.255.255.0	Подсоединен	192.168.1.2	276
192.168.2.0	255.255.255.0	Подсоединен	192.168.2.1	276
10.1.0.0	255.255.0.0	Подсоединен	10.1.0.15	276
172.16.0.0	255.255.0.0	192.168.2.254	192.168.2.1	306
10.2.0.0	255.255.0.0	10.1.0.59	10.1.0.15	306

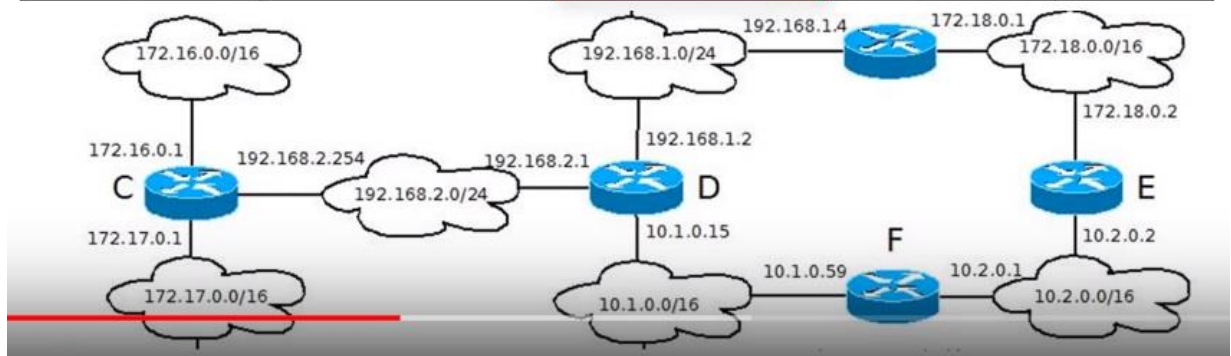


Таблица маршрутизации Linux

В операционной системе linux таблица маршрутизации выглядит немного по-другому, основное отличие это идентификатор интерфейсов. В linux вместо ip-адресов используется название интерфейсов. Например, wlan название для беспроводного сетевого интерфейса, а eth0 название для проводного интерфейса в проводной локальной сети.

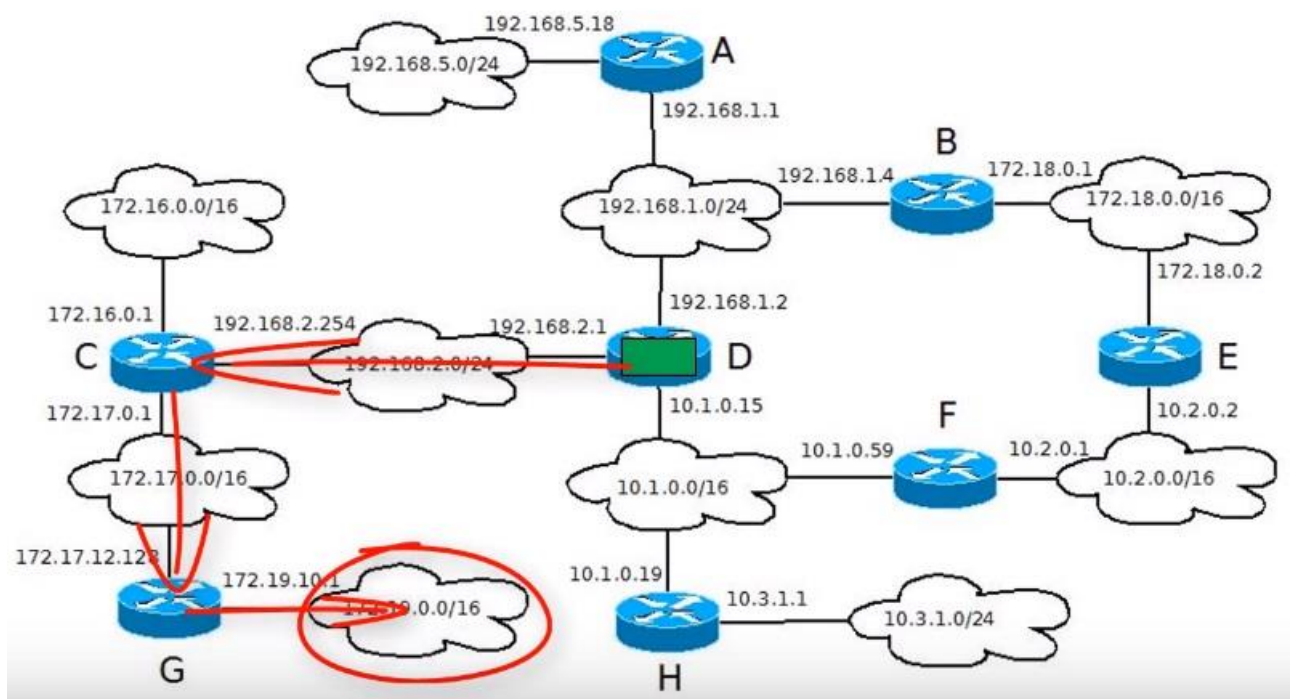
Kernel IP routing table

Destination	Gateway	Genmask	Metric	Iface
0.0.0.0	172.19.132.64	0.0.0.0	0	wlan0
172.19.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	9	wlan0
10.1.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	9	eth0
192.168.122.0	0.0.0.0	255.255.255.0	0	virbr0

Также здесь некоторые столбцы удалены для сокращения (Flags, Ref и Use). В других операционных системах и в сетевом оборудовании вид таблицы маршрутизации может быть несколько другой, но всегда будут обязательны столбцы ip-адрес, маска подсети, шлюз, интерфейс и метрика.

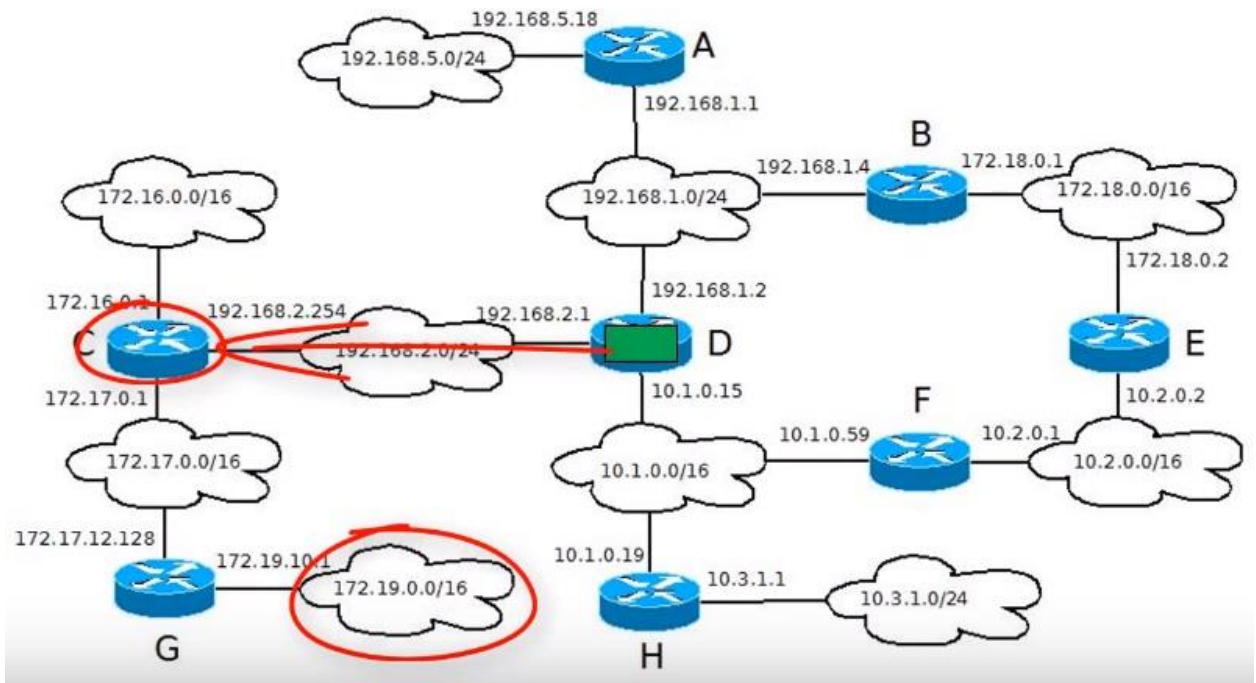
Только следующий шаг!

Часто возникает вопрос, что делать, если сеть для которой пришел пакет находится не за одним маршрутизатором? Чтобы в неё попасть, нужно пройти не через один, а через несколько маршрутизаторов, что в этом случае нужно вносить в таблицу маршрутизации.



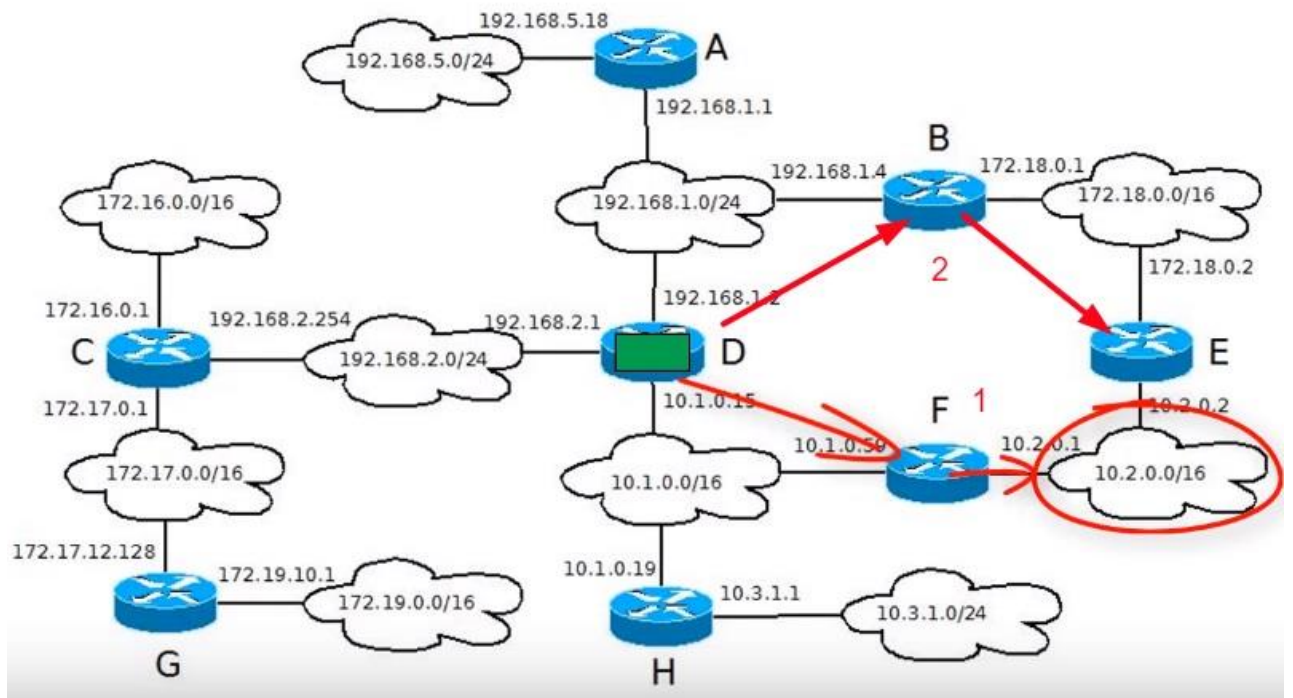
В таблицу маршрутизации записываем только первый шаг, адрес следующего маршрутизатора, все что находится дальше нас не интересует.

Считаем, что следующий маршрутизатор должен знать правильный маршрут до нужной нам сети, он знает лучше следующий маршрутизатор, тот знает следующий шаг и так далее, пока не доберемся до нужные нам сети.



Метрика

Можно заметить, что в нашей схеме в одну и ту же сеть, например вот в эту (10.2.0.0/16) можно попасть двумя путями, первый путь проходят через один маршрутизатор F, а второй путь через два маршрутизатора B и E.



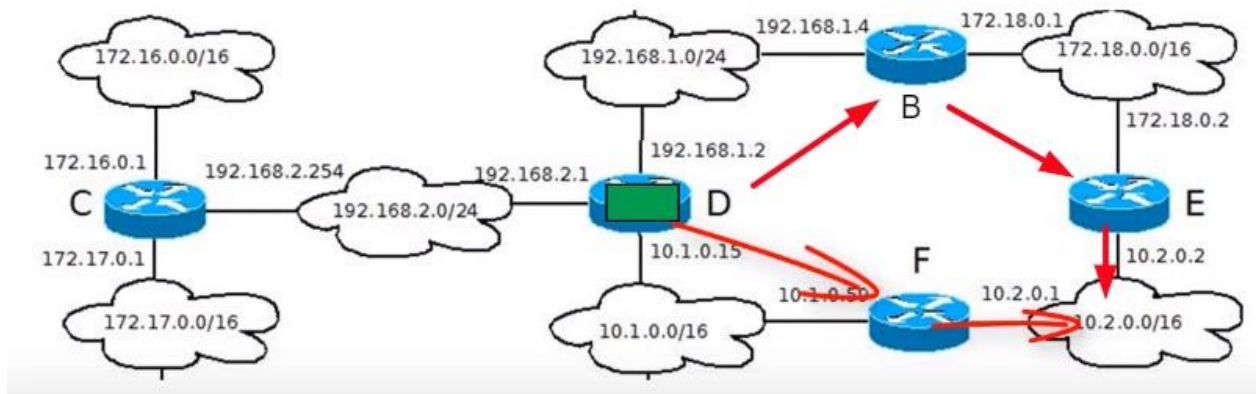
В этом отличие сетевого уровня от канального. На канальном уровне у нас всегда должно быть только одно соединение, а на сетевом уровне допускаются и даже поощряются для обеспечения надежности несколько путей к одной и той же сети. Какой путь выбрать? Для этого используются поле метрика таблицы маршрутизации.

Адрес	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
10.2.0.0	255.255.0.0	10.1.0.59	10.1.0.15	306
10.2.0.0	255.255.0.0	192.168.1.4	192.168.1.2	336

Метрика - это некоторое число, которые характеризует расстояние от одной сети до другой. Если есть несколько маршрутов до одной и той же сети, то выбирается маршрут с меньшей метрикой.

Адрес	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
10.2.0.0	255.255.0.0	10.1.0.59	10.1.0.15	306
10.2.0.0	255.255.0.0	192.168.1.4	192.168.1.2	336

Раньше, метрика измерялось в количестве маршрутизаторов, таким образом расстояние через маршрутизатор F было бы один, а через маршрутизаторы B и E два.



Однако сейчас метрика учитывает не только количество промежуточных маршрутизаторов, но и скорость каналов между сетями, потому что иногда бывает выгоднее пройти через два маршрутизатора, но по более скоростным каналам. Также может учитываться загрузка каналов, поэтому сейчас метрика — это число, которое учитывает все эти характеристики. Мы выбираем маршрут с минимальной метрикой в данном примере выше, будет выбран первый маршрут через маршрутизатор F.

Записи в таблице маршрутизации

Откуда появляются записей в таблице маршрутизации? Есть два варианта статическая маршрутизация и динамическая маршрутизация.

При статической маршрутизации, записи в таблице маршрутизации настраиваются вручную, это удобно делать если у вас сеть небольшая и изменяется редко, но если сеть крупная, то выгоднее использовать динамическую маршрутизацию, в которой маршруты настраиваются автоматически. В этом случае маршрутизаторы сами изучают сеть с помощью протоколов маршрутизации RIP, OSPF, BGP и других.

Преимущество динамической маршрутизации в том, что изменение в сети могут автоматически отмечаться в таблице маршрутизации. Например, если вышел из строя один из маршрутизаторов, то маршрутизаторы по протоколам маршрутизации об этом узнают, и уберут маршрут, который проходит через этот маршрутизатор. С другой стороны, если появился новый маршрутизатор, то это также отразится в таблице маршрутизации автоматически.

Маршрут по умолчанию

Если маршрутизатор не знает куда отправить пакет, то такой пакет отбрасывается. Таким образом получается, что маршрутизатор должен знать маршруты ко всем подсетям в составной сети. На практике для крупных сетей, например для интернета это невозможно, поэтому используются следующие решения.

В таблице маршрутизации назначается специальный маршрутизатор по умолчанию, на которой отправляются все пакеты для неизвестных сетей, как правило это маршрутизатор, который подключен к интернет.

Предполагается что этот маршрутизатор лучше знает структуру сети, и способен найти маршрут в составной сети. Для обозначения маршрута по умолчанию, в таблице маршрутизации используются четыре нуля в адресе подсети и четыре нуля в маске (0.0.0.0, маска 0.0.0.0), а иногда также пишут default.

Ниже пример маршрута по умолчанию в таблице маршрутизации в операционной системе linux.

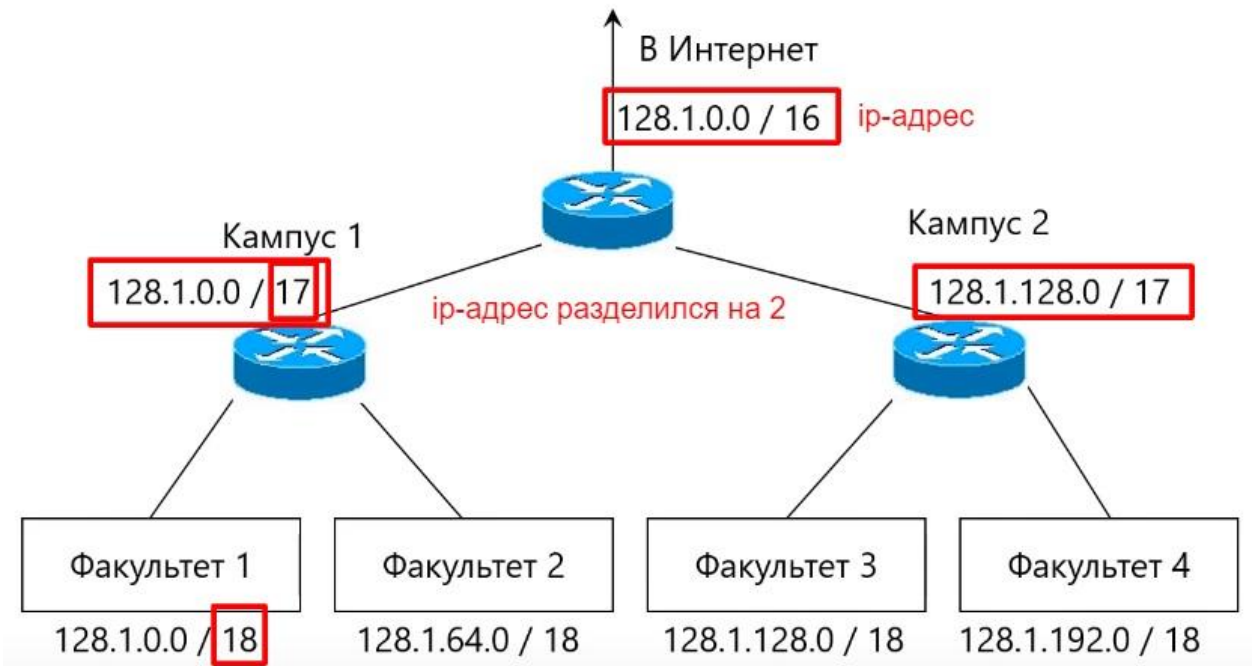
Destination	Gateway	Genmask	Metric	Iface
0.0.0.0	172.19.132.64	0.0.0.0	0	wlan0

IP-адрес и маска равны нулю, в адрес и шлюз указываются IP-адрес маршрутизатора по умолчанию.

Длина маски подсети

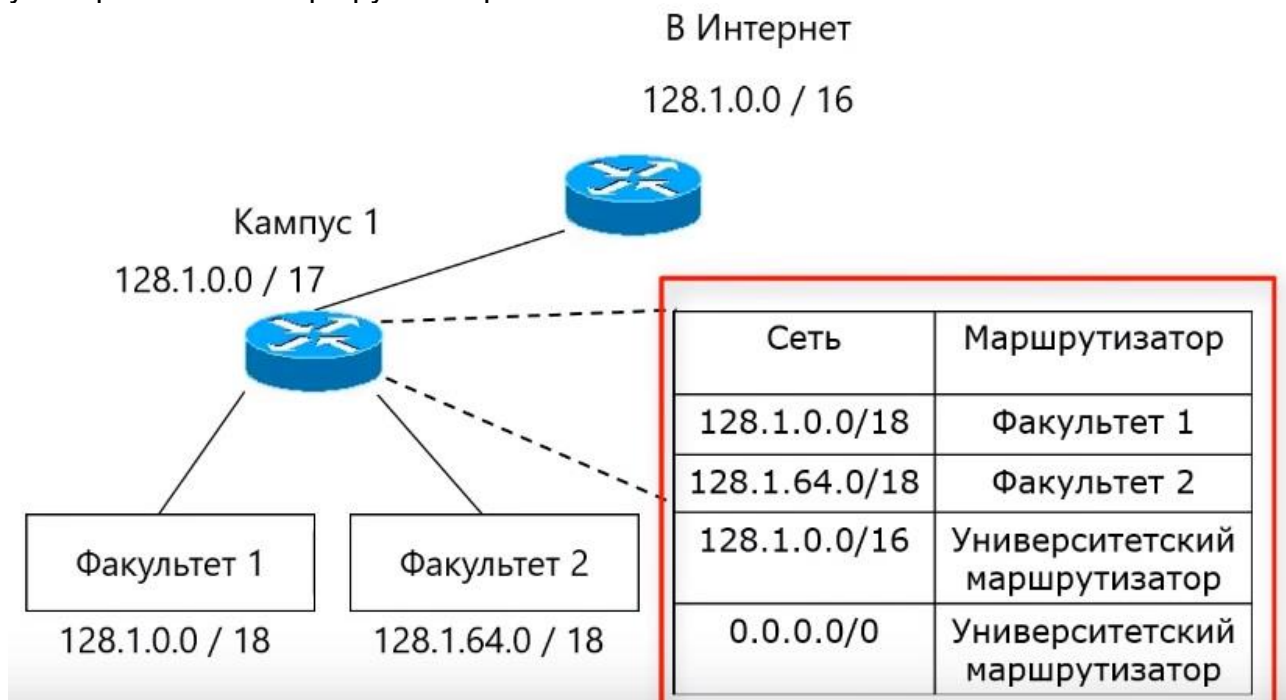
Рассмотрим пример. Маршрутизатор принял пакет на ip-адрес (192.168.100.23), в таблице маршрутизации есть 2 записи (192.168.100.0/24 и 192.168.0.0/16) под который подходит этот ip-адрес, но у них разная длина маски. Какую из этих записей выбрать? Выбирается та запись, где маска длиннее, предполагается, что запись с более длинной маской содержит лучший маршрут интересующей нас сети.

Чтобы понять почему так происходит, давайте рассмотрим составную сеть гипотетического университета. Университет получил блок ip-адресов, разделил этот блок ip-адресов на две части, и каждую часть выделил отдельному кампусу.



На кампусе находятся свои маршрутизаторы, на которых сеть была дальше разделена на части предназначенные для отдельных факультетов. Разделение сетей производится с помощью увеличения длины маски, весь блок адресов имеет маску / 16, блоки кампусов имеют маску / 17, а блоки факультетов / 18.

Ниже показан фрагмент таблицы маршрутизации на маршрутизаторе первого кампуса. Он содержит путь до сети первого факультета, 2 факультета, до обще университетской сети, который проходит через университетский маршрутизатор, а также маршрут по умолчанию в Интернете, который тоже проходит через обще университетский маршрутизатор.



Предположим, что у на этот маршрутизатор пришел пакет предназначенный для второго факультета, что может сделать маршрутизатор? Он может выбрать

запись, которая соответствует второму факультету и отправить непосредственно в сеть этого факультета, либо может выбрать запись, которая соответствует всей университетской сети, тогда отправит на университетский маршрутизатор, что будет явно неправильным.

И так получается, что выбирается всегда маршрут с маской максимальной длины. Общие правила выбора маршрутов следующие.

- Самая длинная маска 32 — это маршрут конкретному хосту, если в таблице маршрутизации есть такой маршрут, то выбирается он.
- Затем выполняется поиск маршрута подсети с маской максимальной длины.
- И только после этого используется маршрут по умолчанию, где маска / 0 под которую подходят все ip-адреса.

Следует отметить, что таблица маршрутизации есть не только у сетевых устройств маршрутизаторов, но и у обычных компьютеров в сети. Хотя у них таблица маршрутизации гораздо меньше. Как правило такая таблица содержит описание присоединенной сети, который подключен данный компьютер.

- Адрес маршрутизатора по умолчанию (шлюз или gateway) через который, выполняется подключение к интернет, или к корпоративной сети предприятия.
- А также могут быть дополнительные маршруты к некоторым знакомым сетям, но это необязательно.

Для того чтобы просмотреть таблицу маршрутизации, можно использовать команды route или iproute: routeprint (Windows) и route и iproute (Linux).