



Сети ЭВМ и телекоммуникации

Лекция 5.

Маршрутизация в сетях. Алгоритмы
маршрутизации

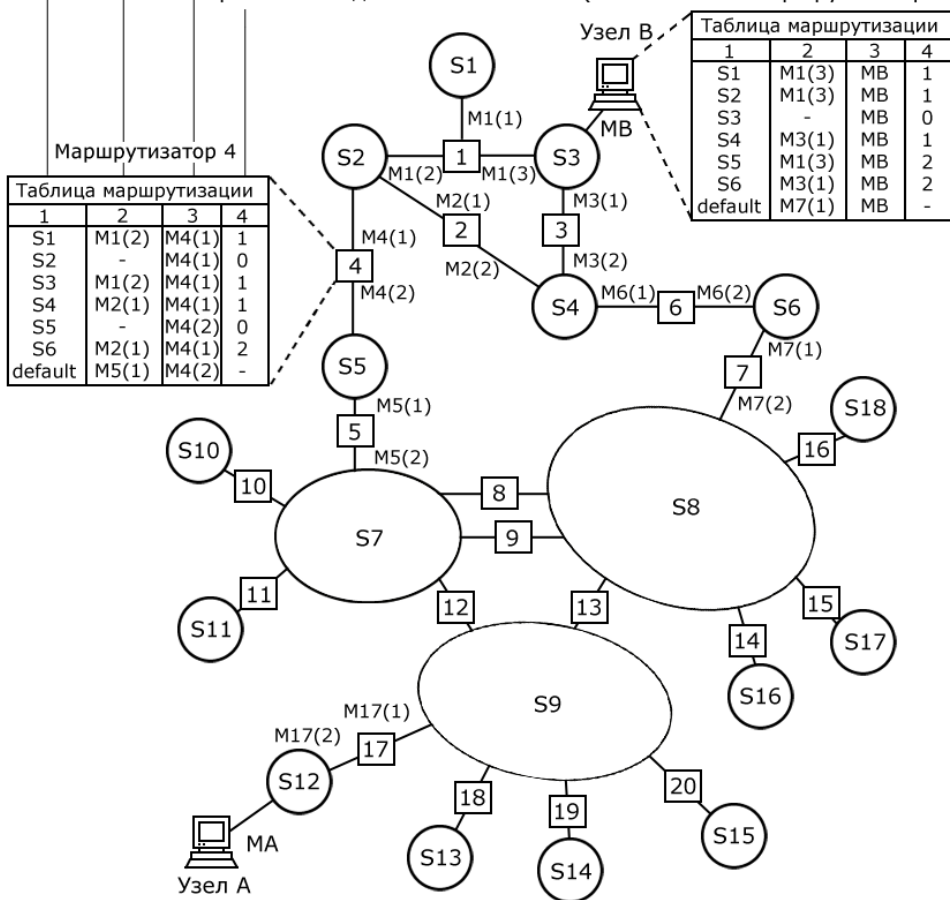
Принципы маршрутизации

сеть назначения пакета

сетевой адрес (префикс) следующего маршрутизатора

сетевой адрес выходного интерфейса (порта) маршрутизатора

расстояние до сети назначения (хопов - число маршрутизаторов)



Обозначения

○ S1 - отдельные подсети

□ 8 - маршрутизаторы

M5(1) - порты

Узел А - конечные узлы

Таблица маршрутизации для IP

- Адрес сети назначения (**Network Destination**)
- Маска сети назначения (**Netmask**)
- Адрес шлюза (**Gateway**)
- Адрес интерфейса (**Interface**)
- Метрика маршрута (**Metric**)

```
Command Prompt

C:\>route print

IPv4 Route Table
=====
Interface List
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x10003 ...00 50 da 7b ee 73 ..... 3Com EtherLink XL 10/100 PCI TX NIC (3C905B-
TX)
0x10004 ...00 a0 24 ba 17 5a ..... 3Com 3C900IP0-based Ethernet Adapter (Generi
c)
=====

Active Routes:
Network Destination    Netmask          Gateway          Interface        Metric
0.0.0.0                0.0.0.0          10.10.233.254    10.10.233.212    20
10.0.0.0                255.255.255.0    10.0.0.2         10.0.0.2         30
10.0.0.2                255.255.255.255  127.0.0.1       127.0.0.1       30
10.10.233.0             255.255.255.0    10.10.233.212    10.10.233.212    20
10.10.233.212           255.255.255.255  127.0.0.1       127.0.0.1       20
10.255.255.255          255.255.255.255  10.0.0.2         10.0.0.2         30
10.255.255.255          255.255.255.255  10.10.233.212    10.10.233.212    20
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        10.0.0.2         10.0.0.2         30
224.0.0.0                240.0.0.0        10.10.233.212    10.10.233.212    20
255.255.255.255          255.255.255.255  10.0.0.2         10.0.0.2         1
255.255.255.255          255.255.255.255  10.10.233.212    10.10.233.212    1
Default Gateway:        10.10.233.254
=====
Persistent Routes:
None

C:\>
```

Процесс выбора маршрута

1. Берется адрес получателя из заголовка пакета
2. Берется маска сети из первой записи (строчки) в таблице маршрутизации
3. Выполняется логическая операция “И” (определяется номер сети)
4. Выполняется сравнение полученного результата с сетью в первой записи таблицы маршрутизации:
 - Если совпали адреса сети, пакет пересылается на интерфейс (порт) маршрутизатора, с которым связана данная запись в таблице маршрутизации
 - Если не совпали адреса сети, проверяется на совпадение следующая запись в таблице маршрутизации описанным выше образом
5. Если адрес пакета не соответствует ни одной из записей в таблице маршрутизации, роутер проверяет, есть ли у него маршрут по умолчанию
 - Если в роутере сконфигурирован маршрут по умолчанию, пакет передается на соответствующий ему порт роутера
 - Если маршрута по умолчанию нет, то пакет отбрасывается

Работа маршрутизатора

Пример формирования адреса подсети маршрутизатором:

- IP-адрес входящего пакета: 213.180.193.3
- Расчет в двоичном представлении:

IP: 11010101.10110100.11000001.00000011

AND

Mask: 11111111.11111111.00000000.00000000

Net: 11010101.10110100.00000000.00000000

- Результат: 213.180.0.0

Маршрутизация с использованием масок одинаковой длины

Задача: организовать три отдельных подсети с локализацией

- Допустим, администратор получил в свое распоряжение адрес класса B: 129.44.0.0.

129.44.0.0 (10000001 00101100 00000000 00000000)

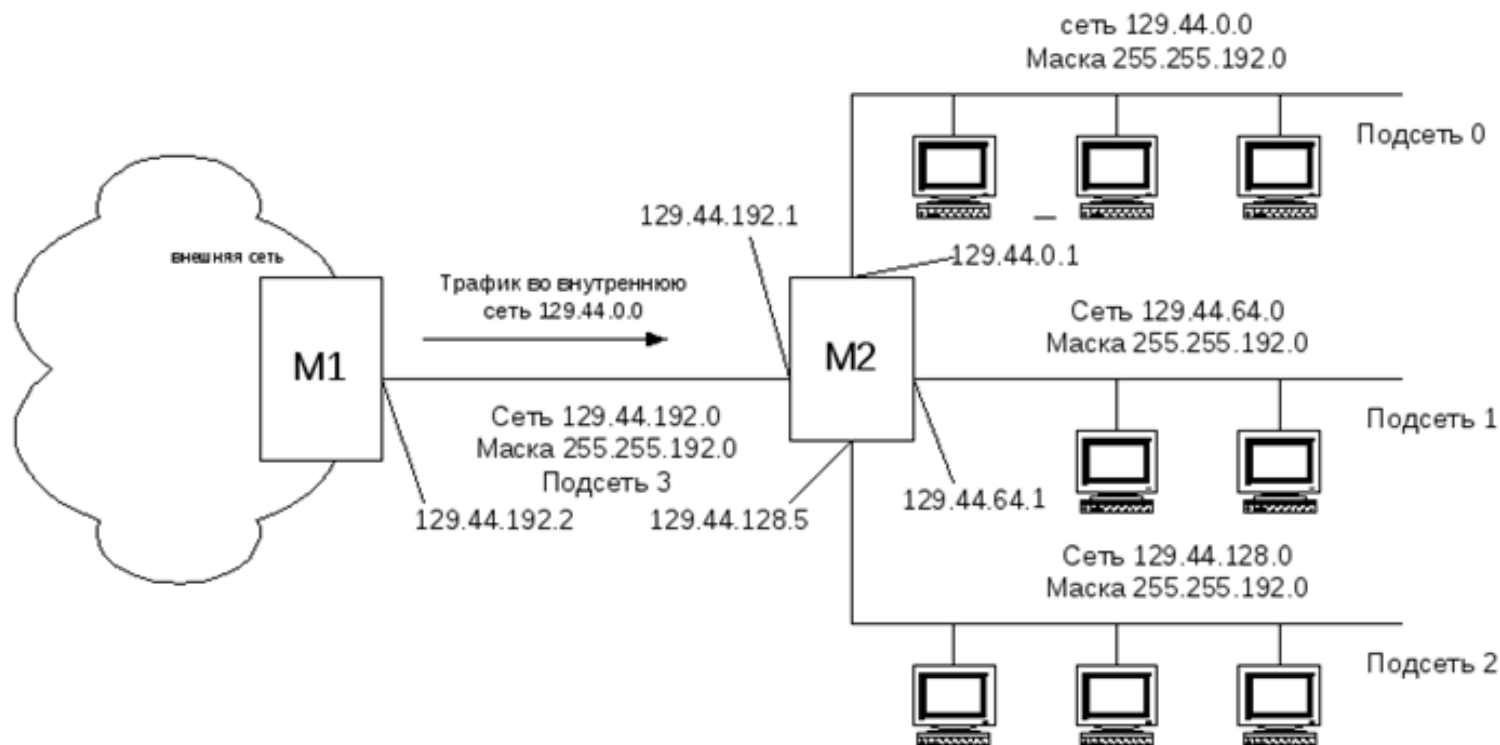
- В качестве маски было выбрано значение

255.255.192.0 (11111111 11111111 11000000 00000000)

- После наложения маски на этот адрес число разрядов, интерпретируемых как номер сети, увеличилось с 16 (стандартная длина поля номера сети для класса B) до 18 (число единиц в маске), то есть администратор получил возможность использовать для нумерации подсетей два дополнительных бита. Это позволяет ему сделать из одного, централизованно заданного ему номера сети, четыре отдельных подсети с номерами:

- 129.44.0.0 (10000001 00101100 00000000 00000000)
- 129.44.64.0 (10000001 00101100 01000000 00000000)
- 129.44.128.0 (10000001 00101100 10000000 00000000)
- 129.44.192.0 (10000001 00101100 11000000 00000000)

Маршрутизация с использованием масок одинаковой длины



Подсеть 0 – 16382 узла, **Подсеть 1** – 16382 узла, **Подсеть 2** – 16382 узла

Маршрутизация с использованием масок одинаковой длины

Таблица маршрутизатора M2 в сети с масками одинаковой длины

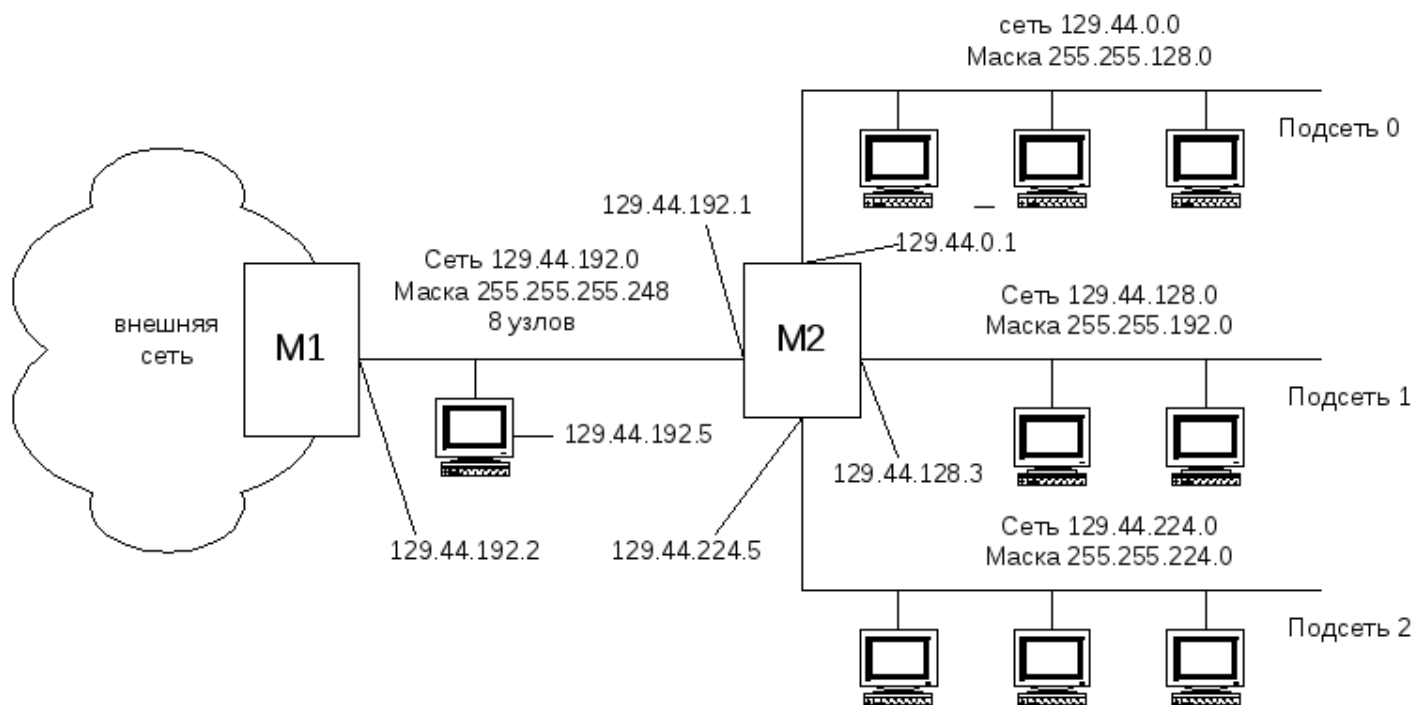
Номер сети	Маска	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
129.44.0.0	255.255.192.0	129.44.0.1	129.44.0.1	Подключена
129.44.64.0	255.255.192.0	129.44.64.1	129.44.64.1	Подключена
129.44.128.0	255.255.192.0	129.44.128.5	129.44.128.5	Подключена
129.44.192.0	255.255.192.0	129.44.192.1	129.44.192.1	Подключена
0.0.0.0	0.0.0.0	129.44.192.2	129.44.192.1	---

Маршрутизация с использованием масок переменной длины

Если использовать маски **переменной длины**, то можно организовать более рациональное распределение адресного пространства, при котором избыточность имеющегося множества IP-адресов может быть сведена к минимуму

- Половина из имеющихся адресов отводится для создания сети с адресом 129.44.0.0 и маской 255.255.128.0.
- Следующая порция адресов, составляющая четверть всего адресного пространства назначается для сети 129.44.128.0 с маской 255.255.192.0.
- Далее в пространстве адресов «вырезается» небольшой фрагмент для создания сети, предназначенной для связывания внутреннего маршрутизатора M2 с внешним маршрутизатором M1.

Маршрутизация с использованием масок переменной длины



Подсеть 0 – 32766 узлов, Подсеть 1 – 16382 узла, Подсеть 2 – 8190 узлов

Маршрутизация с использованием масок переменной длины

Таблица маршрутизатора M2 в сети с масками переменной длины

Номер сети	Маска	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
129.44.0.0	255.255.128.0	129.44.0.1	129.44.0.1	Подключена
129.44.128.0	255.255.192.0	129.44.128.3	129.44.128.3	Подключена
129.44.192.0	255.255.255.248	129.44.192.1	129.44.192.1	Подключена
129.44.224.0	255.255.224.0	129.44.224.5	129.44.224.5	Подключена
0.0.0.0	0.0.0.0	129.44.192.2	129.44.192.1	---

Маршрутизация с использованием масок переменной длины

Фрагмент таблицы маршрутизатора M1 в сети с масками переменной длины

Номер сети	Маска	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
---	---	---	---	---
129.44.0.0	255.255.0.0	129.44.192.1	129.44.191.2	2
129.44.192.0	255.255.255.248	129.44.192.1	129.44.192.2	Подключена
---	---	---	---	---

Если адрес принадлежит нескольким подсетям в базе данных маршрутов, то продвигающий пакет маршрутизатор использует наиболее специфический маршрут, то есть выбирается адрес подсети, дающий большее совпадение разрядов!!!

Технология CIDR

- За последние несколько лет в сети Internet многое изменилось:
 - резко возросло число узлов и сетей
 - повысилась интенсивность трафика
 - изменился характер передаваемых данных
- Из-за несовершенства протоколов маршрутизации обмен сообщениями об обновлении таблиц стал иногда приводить к сбоям магистральных маршрутизаторов из-за перегрузки при обработке большого объема служебной информации. Так, в 1994 году таблицы магистральных маршрутизаторов в Internet содержали до **70 000** маршрутов
- На решение этой проблемы была направлена, в частности, и **технология бес-классовой междоменной маршрутизации (Classless Inter-Domain Routing, CIDR)**, впервые о которой было официально объявлено в 1993 году, когда были опубликованы RFC 1517, RFC 1518, RFC 1519 и RFC 1520

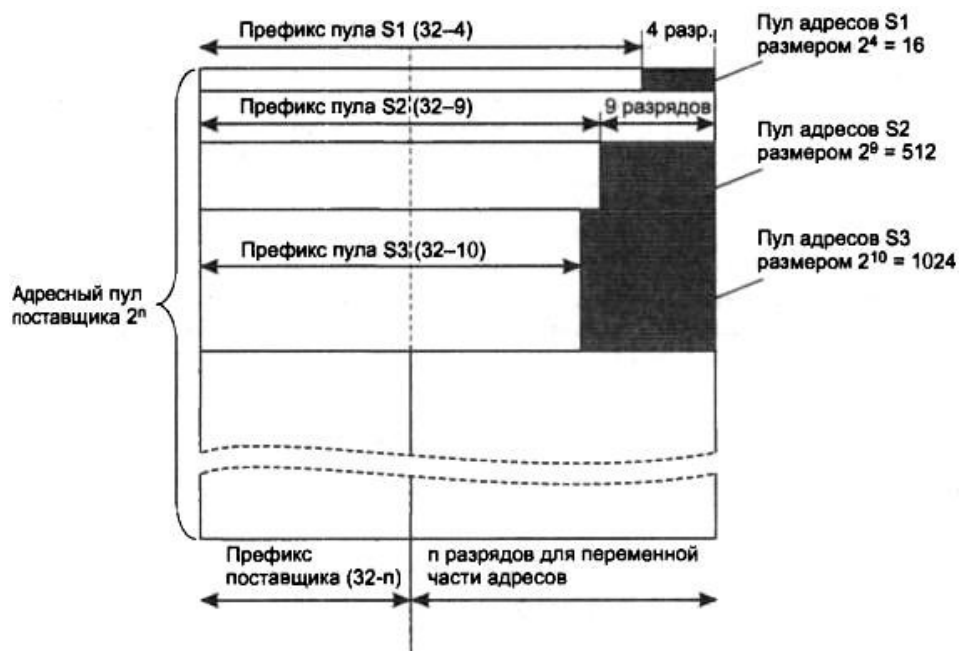
Технология CIDR

Суть технологии CIDR заключается в следующем:

- Каждому поставщику услуг Internet должен назначаться **непрерывный диапазон** в пространстве IP-адресов
- При таком подходе адреса всех сетей каждого поставщика услуг имеют общую старшую часть - **префикс**, поэтому маршрутизация на магистралях Internet может осуществляться на основе префиксов, а не полных адресов сетей
- Деление IP-адреса на номер сети и номер узла в технологии CIDR происходит не на основе нескольких старших бит, определяющих класс сети (А, В или С), а на основе **маски переменной длины**, назначаемой поставщиком услуг
- Все адреса имеют общую часть в **k** старших разрядах - **префикс**. Оставшиеся **n** разрядов используются для дополнения неизменяемого префикса переменной частью адреса

Технология CIDR

- Диапазон имеющихся адресов в таком случае составляет 2^n
- Когда потребитель услуг обращается к поставщику услуг с просьбой о выделении ему некоторого количества адресов, то в имеющемся пуле адресов «вырезается» непрерывная область S1, S2 или S3 соответствующего размера
- Границы этой области выбираются такими, чтобы для нумерации требуемого числа узлов хватило некоторого числа младших разрядов, а значения всех оставшихся (старших) разрядов было одинаковым у всех адресов данного диапазона



Технология CIDR

Пример 1: Пусть поставщик услуг Internet располагает пулом адресов в диапазоне:

193.20.0.0-193.23.255.255

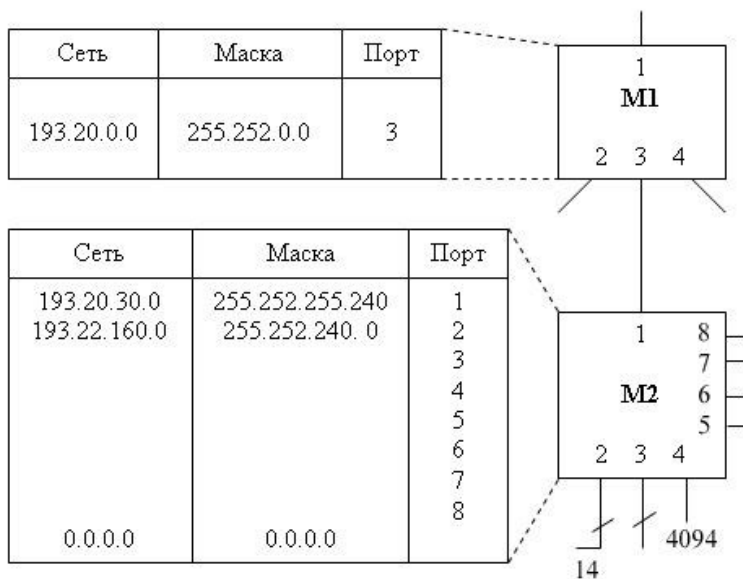
1100 0001.0001 0100.0000 0000.0000 0000-11000001.0001 0111.11111111.11111111

- **Общий префикс** 193.20(11000001.0001 01)
- **Маска**, соответствующая этому префиксу 255.252.0.0.
- Если абоненту этого поставщика услуг требуется совсем немного адресов, например 13, то поставщик мог бы предложить ему различные варианты:
 - сеть 193.20.30.0
 - сеть 193.20.30.16
 - сеть 193.21.204.48
- все с одним и тем же значением маски 255.255.255.240
- Во всех случаях в распоряжении абонента для нумерации узлов имеются 4 младших бита

Технология CIDR

Пример 2: К поставщику услуг обратился крупный заказчик, сам, возможно собирающийся оказывать услуги по доступу в Internet. Ему требуется блок адресов в 4000 узлов. В этом случае поставщик услуг мог бы предложить ему, например, диапазон адресов 193.22.160.0-193.22.175.255 с маской 255.255.240.0.

Агрегированный номер сети (префикс) в этом случае будет равен 193.22.160.0



Администратор маршрутизатора M2 поместит в таблицу маршрутизации только по одной записи на каждого клиента, которому был выделен пул адресов, независимо от количества подсетей, организованных клиентом. Если клиент, получивший сеть 193.22.160.0, через некоторое время разделит ее адресное пространство в 4096 адресов на 8 подсетей, то в маршрутизаторе M2 первоначальная информация о выделенной ему сети не изменится

Технология CIDR

Достоинства технологии CIDR:

- Более **экономное расходование адресного пространства**. Действительно, получая в свое распоряжение адрес сети, например, класса С, некоторые организации не используют весь возможный диапазон адресов просто потому, что в их сети имеется гораздо меньше 255 узлов. Технология CIDR отказывается от традиционной концепции разделения адресов протокола IP на классы, что позволяет получать в пользование столько адресов, сколько реально необходимо
- **Уменьшение числа записей в таблицах маршрутизаторов** за счет объединения маршрутов - одна запись в таблице маршрутизации может представлять большое количество сетей

Недостаток технологии:

- Использование CIDR в сетях IPv4 в общем случае требует **перенумерации сетей**



Источники записи в таблицах

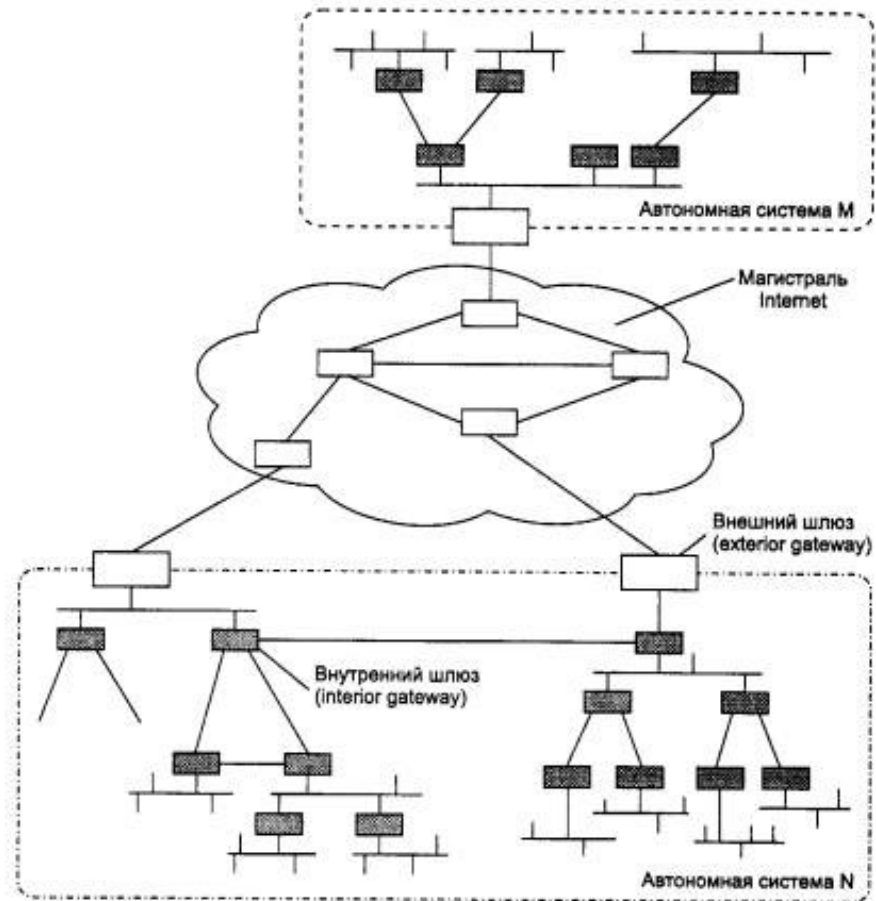
- 1. Программное обеспечение стека TCP/IP** – строится минимальная таблица маршрутизации при инициализации сетевого интерфейса
- 2. Администратор сети** – вносит данные в таблицу маршрутизации вручную, используя специальные команды
- 3. Протоколы динамической (автоматической) маршрутизации** – строят маршруты автоматически на основе данных в сети

Алгоритмы маршрутизации

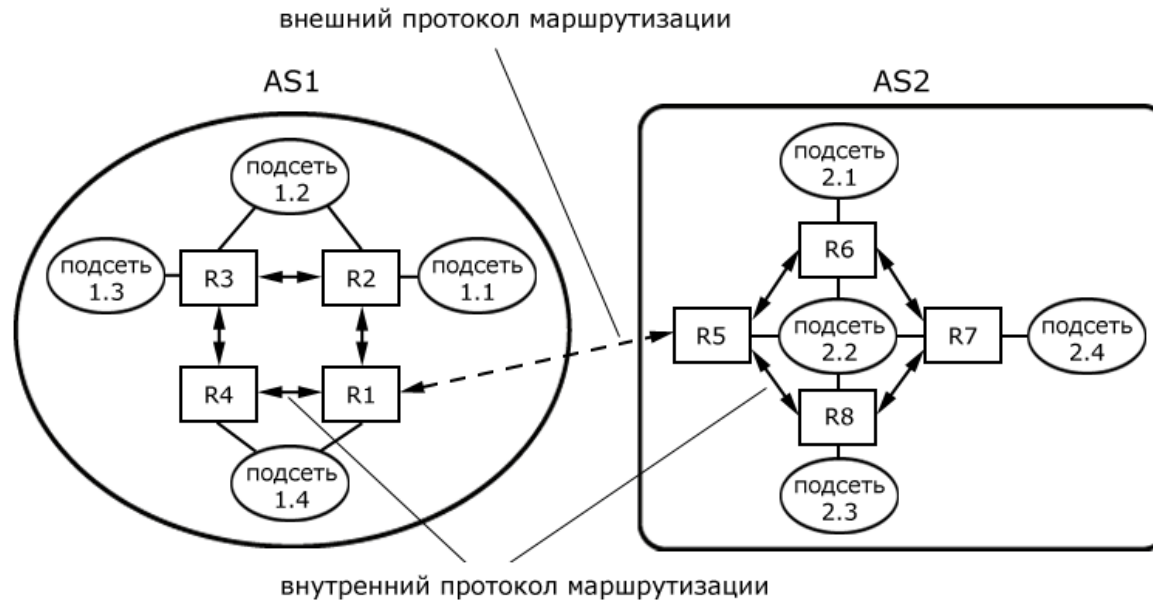
- **Алгоритмы фиксированной маршрутизации**
- **Алгоритмы простой маршрутизации**
 - **Случайная маршрутизация**, когда прибывший пакет посылается в первом попавшем случайном направлении, кроме исходного
 - **Лавинная маршрутизация**, когда пакет широковещательно посылается по всем возможным направлениям, кроме исходного (аналогично обработке мостами кадров с неизвестным адресом)
 - **Маршрутизация по предыдущему опыту**, когда выбор маршрута осуществляется по таблице, но таблица строится по принципу моста путем анализа адресных полей пакетов, появляющихся на входных портах
- **Алгоритмы адаптивной маршрутизации**
 - **Дистанционно-векторные алгоритмы** (Distance Vector Algorithms, DVA) – RIP, RIP II, IGRP, BGP
 - **Алгоритмы состояния связей** (Link State Algorithms, LSA) – OSPF, IS-IS

Автономная система

- Шлюзы, которые используются для образования сетей и подсетей внутри автономной системы, называются **внутренними шлюзами** (interior gateways)
- Шлюзы, с помощью которых автономные системы присоединяются к магистрали сети, называются **внешними шлюзами** (exterior gateways)



Автономная система



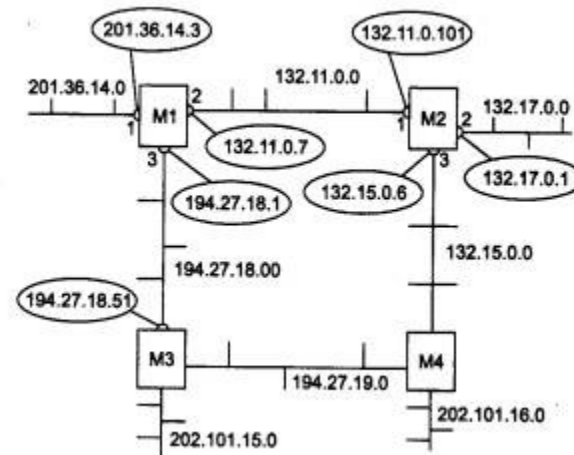
- Протоколы маршрутизации внутри автономных систем называются **протоколами внутренних шлюзов (Interior Gateway Protocol, IGP)**
- Протоколы, определяющие обмен маршрутной информацией между внешними шлюзами и шлюзами магистральной сети - **протоколами внешних шлюзов (Exterior Gateway Protocol, EGP)**

Протокол RIP

- **Протокол RIP** (Routing Information Protocol) является внутренним протоколом маршрутизации **дистанционно-векторного типа**, он представляет собой один из наиболее ранних протоколов обмена маршрутной информацией и до сих пор чрезвычайно распространен в вычислительных сетях ввиду простоты реализации
- Имеются две версии протокола RIP: первая и вторая
- Протокол **RIP-1** не поддерживает масок, то есть он распространяет между маршрутизаторами только информацию о номерах сетей и расстояниях до них, а информацию о масках этих сетей не распространяет, считая, что все адреса принадлежат к стандартными классам А, В или С
- Протокол **RIP-2** передает информацию о масках сетей, поэтому он в большей степени соответствует требованиям сегодняшнего дня
- В качестве расстояния до сети стандарты протокола RIP допускают различные виды метрик: хопы, метрики, учитывающие пропускную способность, вносимые задержки и надежность сетей
- Метрика должна обладать свойством аддитивности

1. Создание минимальных таблиц

- В исходном состоянии в каждом маршрутизаторе программным обеспечением стека TCP/IP автоматически создается минимальная таблица маршрутизации, в которой учитываются только **непосредственно подсоединенные сети**

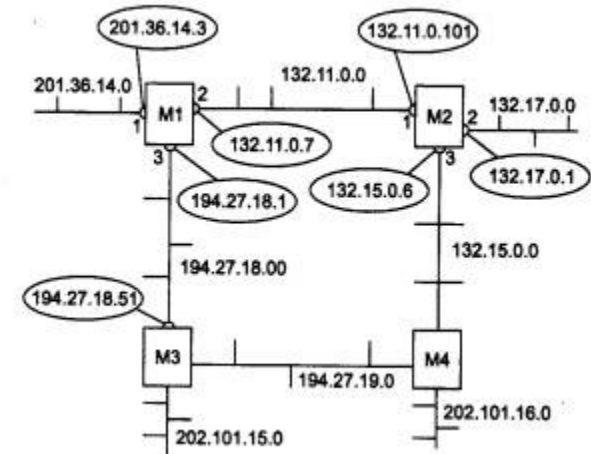


Минимальная таблица маршрутизации маршрутизатора M1

Номер сети	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
201.36.14.0	201.36.14.3	1	1
132.11.0.0	132.11.0.7	2	1
194.27.18.00	194.27.18.1	3	1

2. Рассылка минимальных таблиц

- После инициализации каждого маршрутизатора он начинает посылать своим соседям сообщения протокола RIP, в которых содержится его минимальная таблица
- Соседями являются те маршрутизаторы, которым данный маршрутизатор непосредственно может передать IP-пакет по какой-либо своей сети, не пользуясь услугами промежуточных маршрутизаторов



Маршрутизатор M1 передаст M2 и M3 следующее сообщение

Сеть 201.36.14.0, расстояние 1
Сеть 132.11.0.0, расстояние 1
Сеть 194.27.18.00, расстояние 1

3. Получение сообщений от соседей

- После получения аналогичных сообщений от M2 и M3 маршрутизатор M1 наращивает каждое полученное поле метрики на единицу и запоминает, через какой порт и от какого маршрутизатора получена новая информация
- Затем маршрутизатор начинает сравнивать новую информацию с той, которая хранится в его таблице маршрутизации

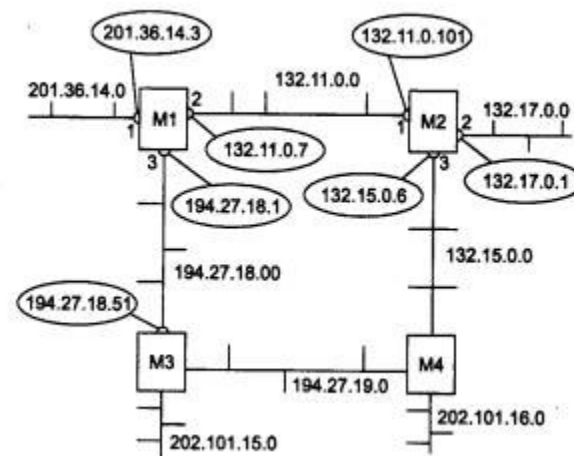


Таблица маршрутизации M1 после сообщения от M2

Номер сети	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
201.36.14.0	201.36.14.3	1	1
132.11.0.0	132.11.0.7	2	1
194.27.18.00	194.27.18.1	3	1
132.17.0.0	132.11.0.101	2	2
132.15.0.0	132.11.0.101	2	2
132.11.0.0	132.11.0.101	2	2

3. Получение сообщений от соседей

- Протокол RIP замещает запись о какой-либо сети только в том случае, если новая информация имеет **лучшую метрику**, чем имеющаяся. В результате в таблице маршрутизации о каждой сети остаётся **только одна запись**
- Если же имеется несколько равнозначных в отношении расстояния путей к одной и той же сети, то все равно в таблице остается одна запись, которая пришла в маршрутизатор **первая по времени**
- Для этого правила существует **исключение** - если худшая информация о какой-либо сети пришла от того же маршрутизатора, на основании сообщения которого была создана данная запись, то худшая информация замещает лучшую

Итоговая таблица маршрутизации M1 после сообщения от M2

Номер сети	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
201.36.14.0	201.36.14.3	1	1
132.11.0.0	132.11.0.7	2	1
194.27.18.00	194.27.18.1	3	1
132.17.0.0	132.11.0.101	2	2
132.15.0.0	132.11.0.101	2	2

4. Рассылка новой таблицы соседям

- Каждый маршрутизатор отправляет новое RIP-сообщение всем своим соседям. В этом сообщении он помещает данные о всех известных ему сетях - как непосредственно подключенных, так и удаленных, о которых маршрутизатор узнал из RIP-сообщений

Маршрутизатор М1 передаст М2 и М3 следующее сообщение

Сеть 201.36.14.0, расстояние 1
Сеть 132.11.0.0, расстояние 1
Сеть 194.27.18.00, расстояние 1
Сеть 132.17.0.0, расстояние 2
Сеть 132.15.0.0, расстояние 2
Сеть 194.27.19.0, расстояние 2
Сеть 202.101.15.0, расстояние 2

5. Получение сообщений от соседей

- Данный этап повторяет **этап 3** - маршрутизаторы принимают RIP-сообщения, обрабатывают содержащуюся в них информацию и на ее основании корректируют свои таблицы маршрутизации

Таблица маршрутизации M1 после сообщения от M2 и M3

Номер сети	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
201.36.14.0	201.36.14.3	1	1
132.11.0.0	132.11.0.7	2	1
194.27.18.00	194.27.18.1	3	1
132.17.0.0	132.11.0.101	2	2
132.15.0.0	132.11.0.101	2	2
132.15.0.0	194.27.18.51	3	3
194.27.19.0	194.27.18.51	3	2
194.27.19.0	132.11.0.101	2	3
202.101.15.0	194.27.18.51	3	2
202.101.16.0	132.11.0.101	2	3
202.101.16.0	194.27.18.51	3	3

Адаптация RIP к изменениям

- К **новым маршрутам** RIP-маршрутизаторы приспосабливаются просто - они передают новую информацию в очередном сообщении своим соседям и постепенно эта информация становится известна всем маршрутизаторам сети
- К **отрицательным изменениям**, связанным с потерей какого-либо маршрута, RIP-маршрутизаторы приспосабливаются сложнее. Это связано с тем, что в формате сообщений протокола RIP нет поля, которое бы указывало на то, что путь к данной сети больше не существует
- Вместо этого используются два механизма уведомления о том, что некоторый маршрут более недействителен:
 1. Истечение времени жизни маршрута (TTL)
 2. Указание специального расстояния (бесконечности) до сети, ставшей недоступной

Истечение времени жизни маршрута

- Каждая запись таблицы маршрутизации, полученная по протоколу RIP, имеет время жизни – **TTL** (Time To Live)
- При поступлении очередного RIP-сообщения, которое подтверждает справедливость данной записи, таймер TTL устанавливается в исходное состояние
- Каждую секунду из него вычитается 1
- Если за время тайм-аута не придет новое маршрутное сообщение об этом маршруте, то он помечается как недействительный
- Период рассылки сообщений в RIP составляет **30 секунд**
- Время тайм-аута – **180 секунд**
- Тайм-аут работает в тех случаях, когда маршрутизатор не может послать соседям сообщение об отказавшем маршруте, так как либо он сам неработоспособен, либо неработоспособна линия связи, по которой можно было бы передать сообщение



Указание специального расстояния

- Когда же сообщение послать можно, RIP-маршрутизаторы не используют специальный признак в сообщении, а указывают бесконечное расстояние до сети, причем в протоколе RIP оно выбрано **равным 16**
- Получив сообщение, в котором некоторая сеть сопровождается расстоянием 16 (или 15, что приводит к тому же результату, так как маршрутизатор наращивает полученное значение на 1), маршрутизатор должен проверить, исходит ли эта «плохая» информация о сети от того же маршрутизатора, сообщение которого послужило в свое время основанием для записи о данной сети в таблице маршрутизации
- Если это тот же маршрутизатор, то информация считается достоверной и маршрут помечается как недоступный

Зацикливание в RIP

- Пусть маршрутизатор M1 обнаружил, что его связь с непосредственно подключенной сетью 201.36.14.0 потеряна
- M1 отметил в своей таблице маршрутизации, что сеть 201.36.14.0 недоступна
- M2 опередил M1 и передал ему свое сообщение раньше, чем M1 успел передать новость о недостижимости сети
- Эта запись была получена от маршрутизатора M1 и была корректна до отказа сети 201.36.14.0, а теперь она устарела, но M2 об этом не узнал
- Теперь M1 получил новую информацию о сети 201.36.14.0 – что эта сеть достижима через M2 с метрикой 2
- Раньше M1 также получал эту информацию от M2. Но игнорировал ее, так как его собственная метрика для 201.36.14.0 была лучше

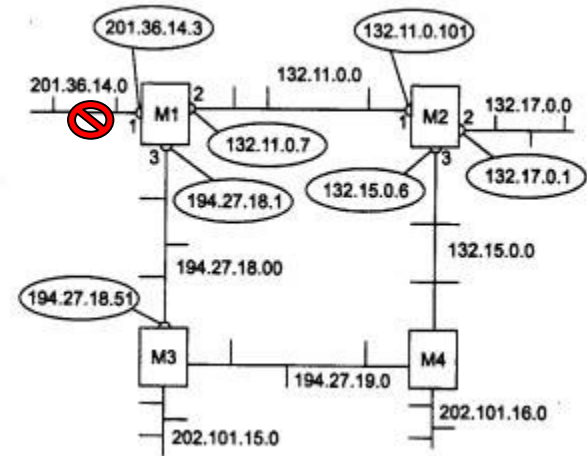


Таблица маршрутизации маршрутизатора M1

Номер сети	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
201.36.14.0	132.11.0.101	2	3

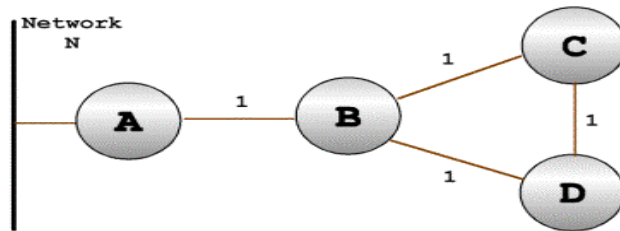
Зацикливание в RIP

- В результате в сети образовалась **маршрутная петля**: пакеты, направляемые узлам сети 201.36.14.0, будут передаваться от M2 к M1, а M1 будет возвращать их M2. IP-пакеты будут циркулировать по этой петле до тех пор, пока не истечет время жизни каждого пакета
- Маршрутная петля будет существовать в сети достаточно долго:
 - **Время 0-180 с.** После отказа сети в M1 и M2 будут сохраняться некорректные записи. M2 по-прежнему снабжает M1 своей записью о сети 201.36.14.0 с метрикой 2, так как ее время жизни не истекло. **Пакеты зацикливаются.**
 - **Время 180-360 с.** В начале этого периода у M2 истекает время жизни записи о сети 201.36.14.0 с метрикой 2, так как M1 в предыдущий период посылал ему сообщения о сети 201.36.14.0 с худшей метрикой, чем у M2, и они не могли подтверждать эту запись. Теперь M2 принимает от M1 запись о сети 201.36.14.0 с метрикой 3 и трансформирует ее в запись с метрикой 4. M1 не получает новых сообщений от M2 о сети 201.36.14.0 с метрикой 2, поэтому время жизни его записи начинает уменьшаться. Пакеты продолжают зацикливаться.
 - **Время 360-540 с.** Теперь у M1 истекает время жизни записи о сети 201.36.14.0 с метрикой 3. M1 и M2 опять меняются ролями - M2 снабжает M1 устаревшей информацией о пути к сети 201.36.14.0, уже с метрикой 4, которую M1 преобразует в метрику 5. Пакеты продолжают зацикливаться
 - В результате M2 на очередном этапе описанного процесса получает от M1 метрику 15, которая (после прибавления 1) фиксирует недостижимость сети
- Период нестабильной работы сети длился **36 минут!**

Расщепление горизонта

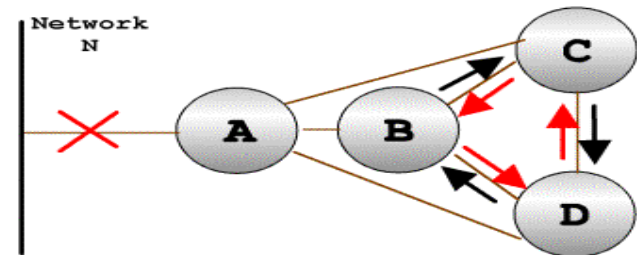
- Ситуация с петлей, образующейся между соседними маршрутизаторами, описанная на предыдущем слайде, надежно решается с помощью метода, получившем название **расщепления горизонта (split horizon)**
- Метод заключается в том, что маршрутная информация о некоторой сети, хранящаяся в таблице маршрутизации, никогда не передается тому маршрутизатору, от которого она получена
- Если маршрутизатор M2 в рассмотренном выше примере поддерживает технику расщепления горизонта, то он не передаст маршрутизатору M1 устаревшую информацию о сети 201.36.14.0, так как получил ее именно от маршрутизатора M1
- Практически все сегодняшние маршрутизаторы, работающие по протоколу RIP, используют технику расщепления горизонта
- Однако расщепление горизонта не помогает в тех случаях, когда петли образуются не двумя, а несколькими маршрутизаторами

Расщепление горизонта



Такая ситуация **разрешается** применением метода **расщепления горизонта**. Если сеть N становится недоступной, то информация об этой сети не будет обновляться на маршрутизаторе A от других маршрутизаторов, так как они изначально получили эту информацию от A

Такая ситуация **не разрешится** применением метода расщепления горизонта. Если сеть N становится недоступной, то информация об этой сети будет циркулировать между B, C и D, так как они не являлись источниками этой информации

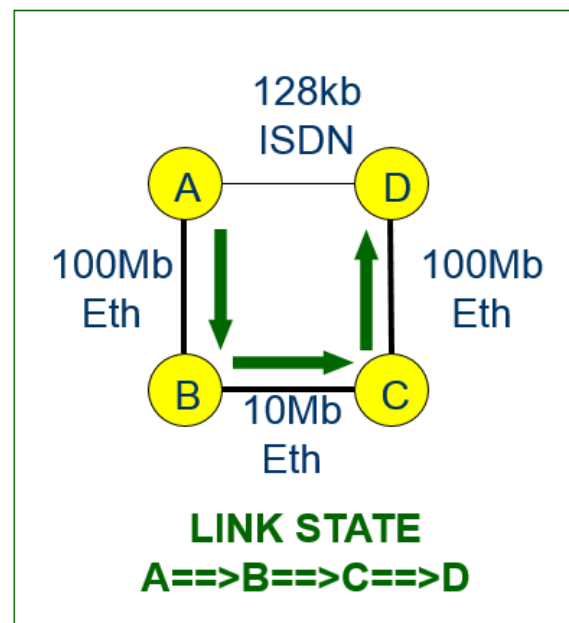
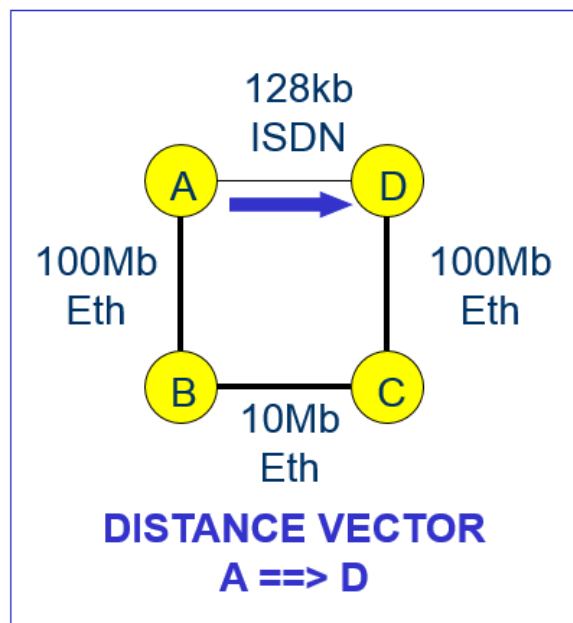


Триггерные обновления и заморозка

- Для предотвращения заикливания пакетов по составным петлям при отказах связей применяются два других приема, называемые **триггерными обновлениями (triggered updates)** и **замораживанием изменений (hold down)**
- Способ **триггерных обновлений** состоит в том, что маршрутизатор, получив данные об изменении метрики до какой-либо сети, не ждет истечения периода передачи таблицы маршрутизации, а передает данные об изменившемся маршруте немедленно. Этот прием может во многих случаях предотвратить передачу устаревших сведений об отказавшем маршруте, но он перегружает сеть служебными сообщениями, поэтому триггерные объявления также делаются с некоторой задержкой
- Метод **заморозки изменений** связан с введением тайм-аута на принятие новых данных о сети, которая только что стала недоступной. Этот тайм-аут предотвращает принятие устаревших сведений о некотором маршруте от тех маршрутизаторов, которые находятся на некотором расстоянии от отказавшей связи и передают устаревшие сведения о ее работоспособности. Предполагается, что в течение тайм-аута «замораживания изменений» эти маршрутизаторы вычеркнут данный маршрут из своих таблиц, так как не получают о нем новых записей и не будут распространять устаревшие сведения по сети

Протокол OSPF

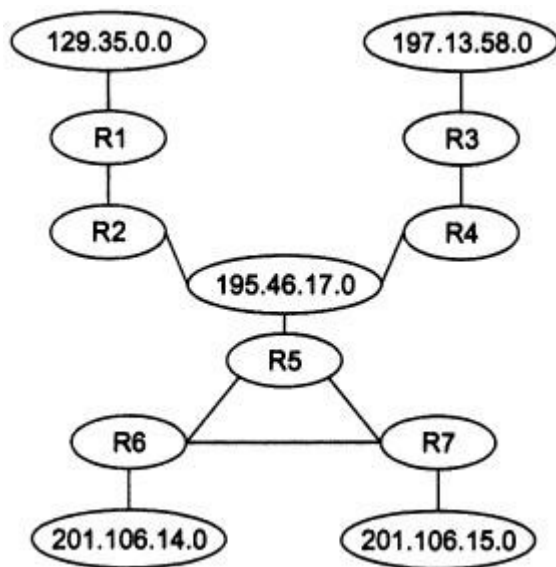
- **Протокол OSPF** (Open Shortest Path First, открытый протокол «Сперва открытый короткий путь») является достаточно современной реализацией алгоритма состояния связей (он принят в 1991 году) и обладает многими особенностями, ориентированными на применение в больших гетерогенных сетях



Протокол OSPF

В OSPF процесс построения таблицы маршрутизации разбивается на два крупных этапа:

- **Этап 1:** Построение **графа сети**



- Вершинами графа являются маршрутизаторы и сети, а ребрами данного графа являются интерфейсы маршрутизаторов
- Все маршрутизаторы для этого обмениваются со своими соседями той информацией о графе сети, которой они располагают к данному моменту времени
- Эти сообщения называются **router links advertisement** - объявление о связях маршрутизатора

- **Этап 2:** Нахождение оптимальных маршрутов в графе (используется алгоритм Дейкстры - <http://kvodo.ru/dijkstra-algorithm.html>)



Протокол OSPF

- Для обмена информацией маршрутизаторы передают по сети сообщения HELLO
- В сообщениях HELLO указывается достаточно детальная информация о том маршрутизаторе, который послал это сообщение, а также о его ближайших соседях, чтобы данный маршрутизатор можно было однозначно идентифицировать
- HELLO отправляются через каждые 10 секунд
- Получив новое объявление об изменении состояния связи, маршрутизатор перестраивает граф сети, заново ищет оптимальные маршруты (не обязательно все, а только те, на которых отразилось данное изменение) и корректирует свою таблицу маршрутизации
- Одновременно маршрутизатор ретранслирует объявление каждому из своих ближайших соседей (кроме того, от которого он получил это объявление)

Достоинства протокола OSPF

- Протокол OSPF разрешает хранить в таблице маршрутизации несколько маршрутов к одной сети, если они обладают равными метриками. Если такие записи образуются в таблице маршрутизации, то маршрутизатор реализует режим баланса загрузки маршрутов (**load balancing**), отправляя пакеты попеременно по каждому из маршрутов
- Так как информация о некоторой связи изначально генерируется только тем маршрутизатором, который выяснил фактическое состояние этой связи путем тестирования с помощью сообщений HELLO, а остальные маршрутизаторы только ретранслируют эту информацию без преобразования, то недостоверная информация о достижимости сетей, которая может появляться в RIP-маршрутизаторах, в OSPF-маршрутизаторах появиться не может
- Отсутствие ограничений на размер сети
- Поддержка маршрутизации с учётом TOS (type-of-service)

Недостаток протокола OSPF

- Основным недостатком является **вычислительная сложность**, которая быстро растет с увеличением размерности сети, то есть количества сетей, маршрутизаторов и связей между ними
- Для преодоления этого недостатка в протоколе OSPF вводится понятие **области сети (area)**
- Маршрутизаторы, принадлежащие некоторой области, строят граф связей только для этой области, что сокращает размерность сети
- Между областями информация о связях не передается, а пограничные для областей маршрутизаторы обмениваются только информацией об адресах сетей, имеющих в каждой из областей, и расстоянием от пограничного маршрутизатора до каждой сети
- При передаче пакетов между областями выбирается один из пограничных маршрутизаторов области, а именно тот, у которого расстояние до нужной сети меньше. Этот стиль напоминает стиль работы протокола RIP, но нестабильность здесь устраняется тем, что петлевидные связи между областями запрещены

Области сети в OSPF

