Лекция 13. Технологии глобальных компьютерных сетей

План лекции:

1. Коммуникационное оборудование глобальных компьютерных сетей.
2. Межсетевая адресация.
3. Протоколы маршрутизации.

1. Коммуникационное оборудование глобальных компьютерных сетей

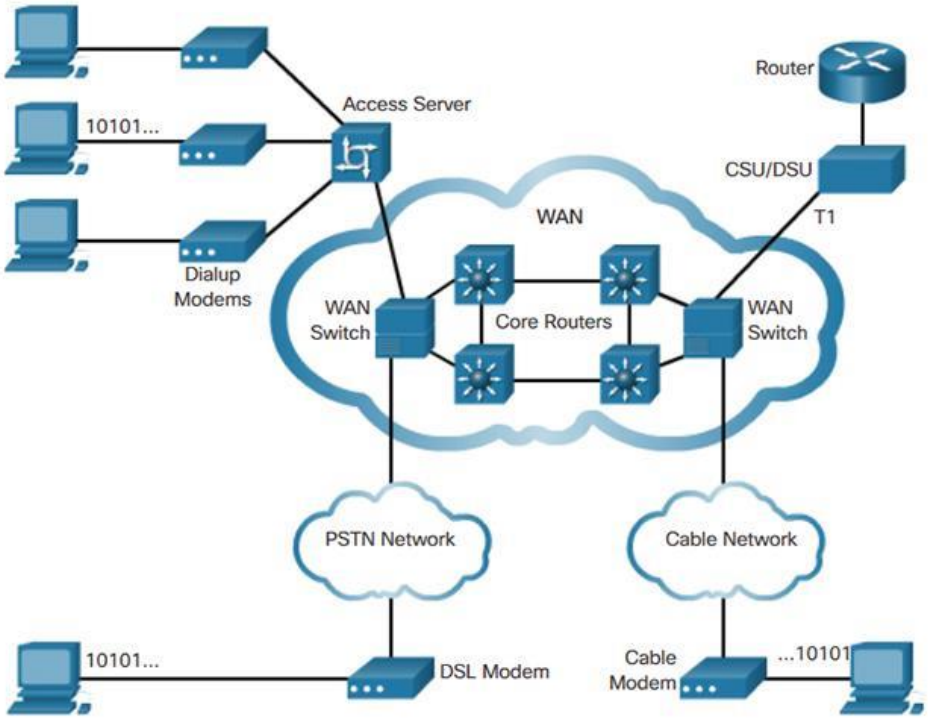
1.1. Общие сведения

Глобальные компьютерные сети (WAN) объединяют локальные сети, серверы и отдельные компьютеры, которые расположены на значительном географическом расстоянии.

Для передачи информации между удалёнными объектами используются специальные устройства и каналы связи. Совокупность такого оборудования обеспечивает передачу, обработку, коммутацию и маршрутизацию сетевых данных.

Коммуникационное оборудование глобальных сетей выполняет следующие задачи:

- подключение локальных сетей к глобальной сети;
- передача данных между удалёнными узлами;
- преобразование сигналов;
- выбор маршрутов передачи пакетов;
- организация резервных каналов связи;
- обеспечение защиты сетевого трафика.



1.2. Основные виды коммуникационного оборудования

1. Маршрутизатор (Router)

Маршрутизатор является одним из основных устройств глобальных сетей. Он обеспечивает передачу пакетов между различными IP-сетями.

Основные функции маршрутизатора:

- анализ IP-адреса получателя;
- определение маршрута передачи данных;
- пересылка пакетов между сетями;
- взаимодействие с протоколами маршрутизации;
- организация соединения локальной сети с Интернетом.

Например, если компьютер одной организации отправляет данные на сервер в другой стране, маршрутизаторы определяют путь передачи пакетов через сеть операторов связи.



2. Коммутатор (Switch)

Коммутатор предназначен для соединения сетевых устройств внутри одного сегмента сети.

Он передаёт кадры на основе MAC-адресов устройств.

В глобальных сетях коммутаторы применяются на узлах операторов связи, в центрах обработки данных и корпоративных сетях.



3. Модем (Modem)

Модем представляет собой устройство, которое выполняет модуляцию и демодуляцию сигналов.

Он преобразует цифровую информацию в сигналы, пригодные для передачи по определённой физической среде, и выполняет обратное преобразование на стороне приёма.

Модемы применяются в различных технологиях связи:

- DSL;
- кабельных сетях;
- сотовых сетях;
- спутниковой связи.

4. Шлюз (Gateway)

Шлюз обеспечивает взаимодействие между сетями или системами, которые используют различные протоколы и форматы передачи данных.

Например, шлюз может обеспечивать обмен информацией между корпоративной сетью и внешней информационной системой.

Важно различать шлюз и маршрутизатор: маршрутизатор пересылает IP-пакеты между сетями, а шлюз может выполнять более сложное преобразование протоколов и данных.

5. Межсетевой экран (Firewall)

Межсетевой экран предназначен для защиты сети от несанкционированного доступа.

Он контролирует входящий и исходящий трафик на основе заданных правил безопасности.

Основные функции:

- фильтрация сетевых пакетов;
- блокировка подозрительных соединений;
- ограничение доступа пользователей;
- контроль сетевых приложений;
- защита внутренних ресурсов организации.



6. Точка доступа (Access Point)

Точка доступа обеспечивает подключение беспроводных устройств к компьютерной сети.

В глобальных сетях она может использоваться в офисах и филиалах для подключения ноутбуков, смартфонов и других устройств к корпоративной инфраструктуре.

7. Мультиплексор (Multiplexer)

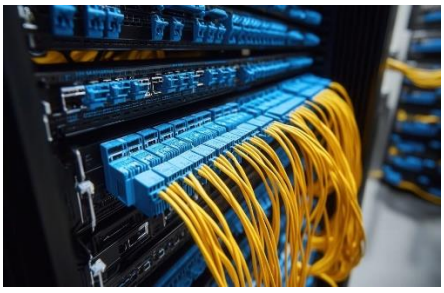
Мультиплексор объединяет несколько информационных потоков для передачи по одному физическому каналу.

На принимающей стороне выполняется обратная операция, которая называется демультиплексированием.

Мультиплексирование позволяет эффективнее использовать пропускную способность каналов связи.

1.3. Каналы связи глобальных сетей

Для передачи данных на большие расстояния используются различные физические среды.





Оптоволоконные каналы.

Передача информации осуществляется с помощью световых сигналов. Такие каналы обеспечивают высокую пропускную способность и применяются в магистральных сетях операторов связи.

Радиорелейные каналы.

Передача данных осуществляется с помощью радиоволн между специальными антеннами. Такие каналы используются для соединения удалённых объектов.

Спутниковые каналы.

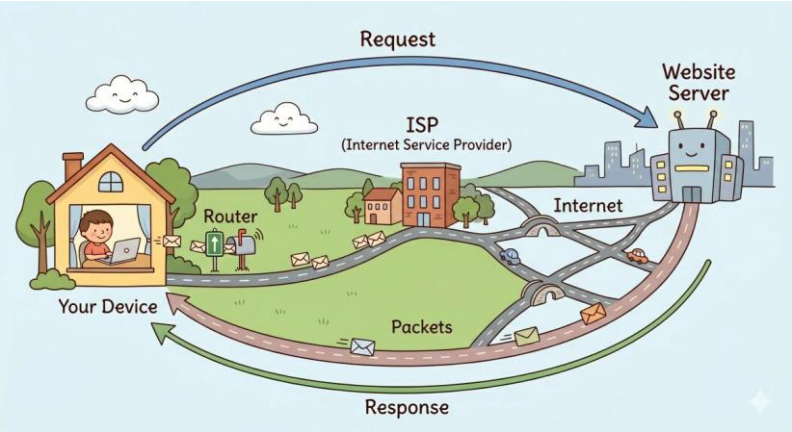
Обмен информацией осуществляется через искусственные спутники Земли. Они позволяют организовать связь в удалённых районах, где отсутствует развитая наземная инфраструктура.

Мобильные каналы связи.

Для передачи данных используются сети сотовой связи, например 4G и 5G.

1.4. Принцип работы оборудования глобальной сети

Рассмотрим передачу данных от компьютера в одном городе к серверу в другом городе.



Последовательность передачи:

1. Компьютер формирует пакет с IP-адресом получателя.
2. Пакет передаётся на локальный маршрутизатор.
3. Маршрутизатор определяет следующий узел передачи.
4. Пакет поступает в сеть оператора связи.
5. Промежуточные маршрутизаторы передают пакет по выбранному пути.
6. Пакет достигает сети получателя.
7. Маршрутизатор получателя передаёт данные конечному устройству.

Таким образом, коммуникационное оборудование обеспечивает взаимодействие между удалёнными сетями.

2. Межсетевая адресация

2.1. Понятие межсетевой адресации

Межсетевая адресация представляет собой механизм присвоения сетевым устройствам уникальных логических адресов, которые позволяют определять отправителя и получателя данных в различных компьютерных сетях.

Основой межсетевой адресации является протокол IP (Internet Protocol).

Каждое устройство, которое участвует в обмене данными через IP-сеть, использует IP-адрес.

IP-адрес позволяет определить, в какой сети находится устройство и как доставить ему пакет.

В настоящее время используются две основные версии протокола IP:

- IPv4;
- IPv6.

2.2. Адресация IPv4

IPv4 использует 32-битные адреса.

Для удобства записи адрес разделяется на четыре части, каждая из которых содержит 8 бит.

Пример IPv4-адреса:

192.168.1.10

192	168	1	10
Октет 1 8 бит	Октет 2 8 бит	Октет 3 8 бит	Октет 4 8 бит

Общая длина адреса: 32 бита

Каждая часть адреса может принимать значения от 0 до 255.

Таким образом, IPv4 позволяет использовать около 4,3 миллиарда различных адресов.

2.3. Структура IPv4-адреса

IPv4-адрес состоит из двух логических частей:

1. Идентификатор сети (Network ID).
2. Идентификатор узла (Host ID).

Идентификатор сети определяет принадлежность устройства к определённой IP-сети.

Идентификатор узла определяет конкретное устройство внутри этой сети.

Для разделения этих частей используется маска подсети.

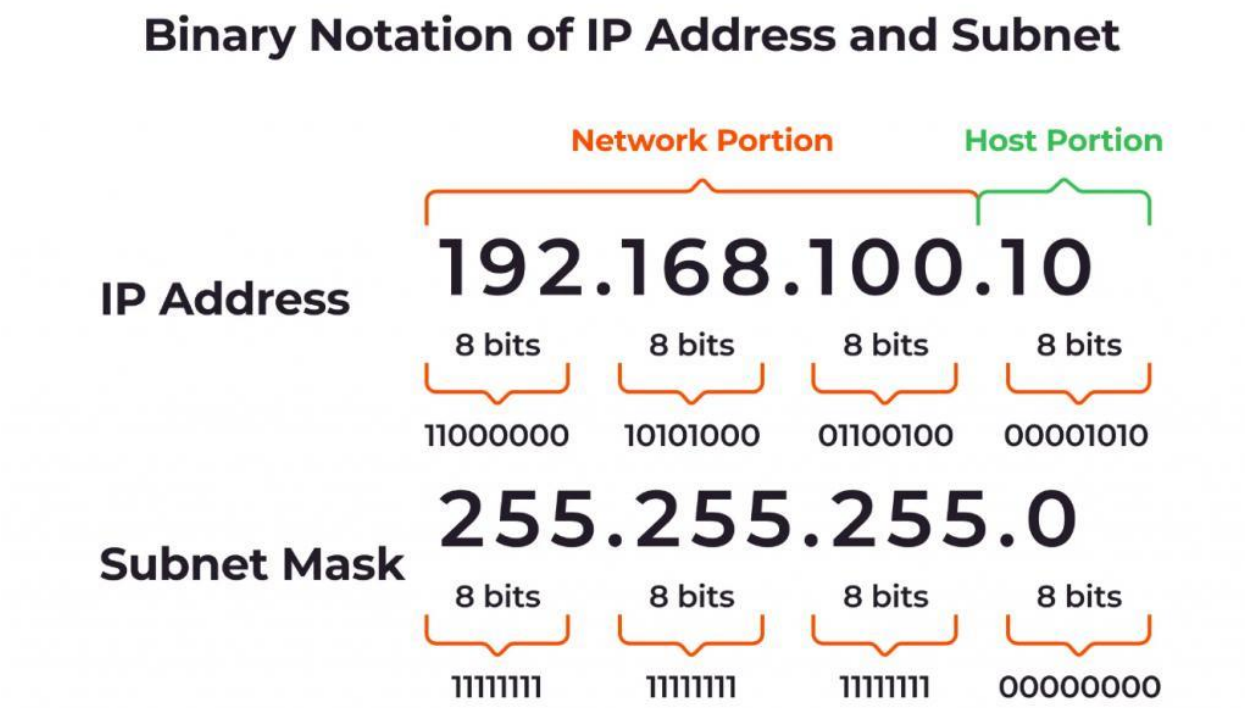
Рассмотрим пример:

IP-адрес: **192.168.1.10**

Маска подсети: **255.255.255.0**

В данном случае:

- адрес сети: `192.168.1.0`;
- адрес устройства: `192.168.1.10`;
- широковещательный адрес: `192.168.1.255`.



2.4. Маска подсети и CIDR

Маска подсети используется для определения сетевой и узловой частей IP-адреса.

Например:

255.255.255.0

В двоичной форме:

11111111.11111111.11111111.00000000

Первые 24 бита обозначают сетевую часть, а последние 8 бит относятся к узловой части.

Для записи маски используется формат CIDR (Classless Inter-Domain Routing).

Например:

192.168.1.10/24

Обозначение `/24` означает, что первые 24 бита адреса относятся к идентификатору сети.

Основные примеры префиксов:

Префикс	Маска подсети	Количество адресов
/8	255.0.0.0	16 777 216
/16	255.255.0.0	65 536
/24	255.255.255.0	256
/25	255.255.255.128	128
/26	255.255.255.192	64

Количество пригодных для обычных узлов IPv4-адресов в традиционной подсети обычно на два меньше общего количества адресов. Исключения предусмотрены для некоторых специальных подсетей.

2.5. Частные и публичные IP-адреса

IPv4-адреса подразделяются на публичные и частные.

Публичные IP-адреса (Public IP) используются для идентификации устройств и сетей в глобальном Интернете. Они должны быть уникальными в глобальном масштабе.

Частные IP-адреса (Private IP) применяются внутри локальных и корпоративных сетей. Они не маршрутизируются напрямую через публичный Интернет.

Основные диапазоны частных IPv4-адресов:

Диапазон	Префикс
10.0.0.0 – 10.255.255.255	/8
172.16.0.0 – 172.31.255.255	/12
192.168.0.0 – 192.168.255.255	/16

Для доступа устройств с частными адресами к Интернету часто используется технология NAT (Network Address Translation).

2.6. Адресация IPv6

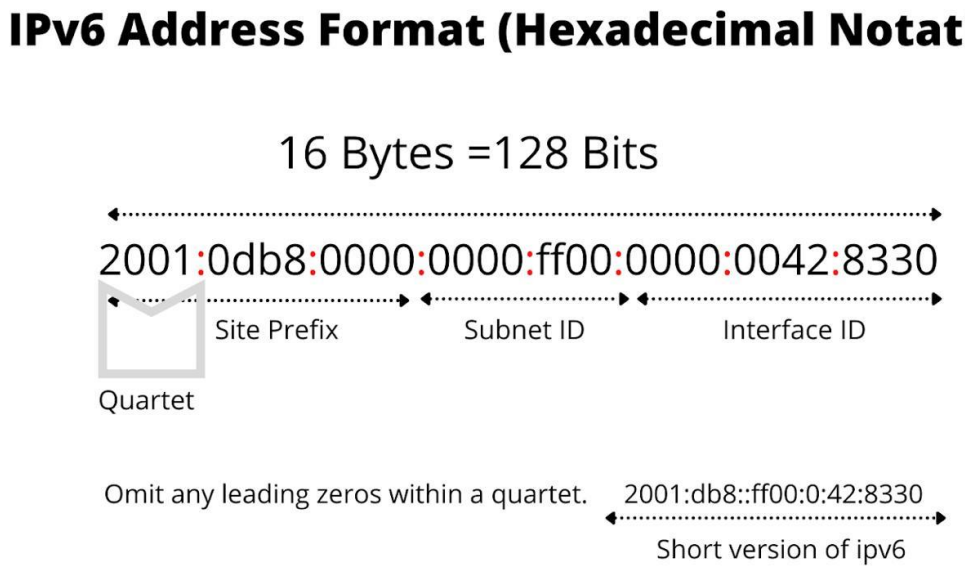
IPv6 был разработан для решения проблемы нехватки IPv4-адресов.

Он использует 128-битную адресацию.

Пример IPv6-адреса:

```
2001:0db8:0000:0000:0000:ff00:0042:8329
```

Адрес состоит из восьми групп шестнадцатеричных чисел.



Основные особенности IPv6:

- адрес имеет длину 128 бит;
- значительно увеличено количество доступных адресов;
- упрощена обработка некоторых функций сетевого уровня;
- поддерживается автоматическая настройка адресов;
- отсутствует широковещательная передача в традиционном формате IPv4;
- для групповой передачи используется multicast.

2.7. Сравнение IPv4 и IPv6

Характеристика	IPv4	IPv6
Длина адреса	32 бита	128 бит
Формат	Десятичный	Шестнадцатеричный
Разделитель	Точка	Двоеточие
Пример	192.168.1.10	2001:db8::10
Количество адресов	Около 4,3 млрд	Около $3{,}4 \times 10^{38}$
Broadcast	Поддерживается	Не используется
Автоматическая настройка	DHCP и другие механизмы	SLAAC, DHCPv6

3. Протоколы маршрутизации

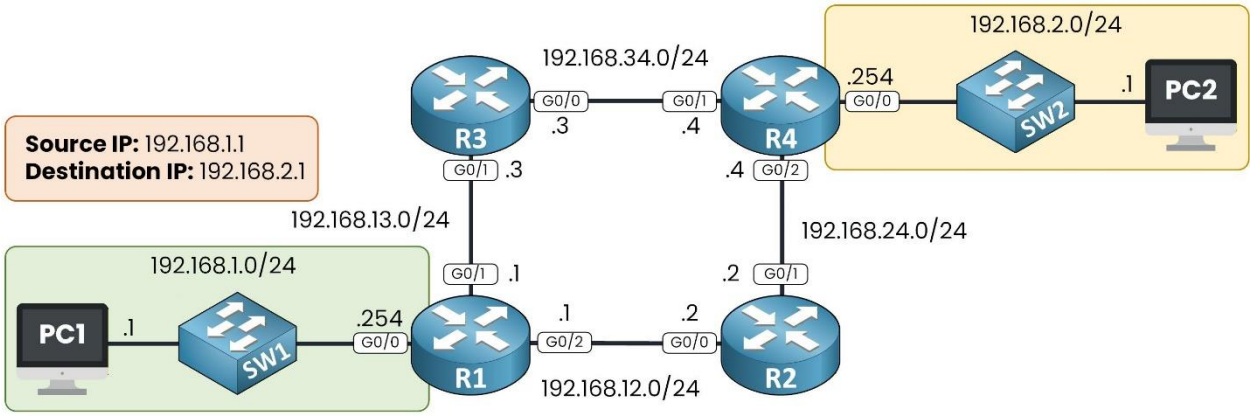
3.1. Понятие маршрутизации

Маршрутизация (Routing) представляет собой процесс определения пути передачи пакетов от отправителя к получателю через одну или несколько компьютерных сетей.

Маршрутизация является одной из основных функций глобальных компьютерных сетей.

Если два компьютера находятся в разных сетях, для обмена данными обычно используются маршрутизаторы.

Маршрутизатор анализирует IP-адрес назначения и определяет, через какой интерфейс необходимо передать пакет.



3.2. Таблица маршрутизации

Для определения направления передачи пакетов маршрутизатор использует таблицу маршрутизации (Routing Table).

Таблица содержит информацию о доступных сетях и путях передачи данных.

Основные элементы таблицы маршрутизации:

- сеть назначения;
- маска или длина префикса;
- следующий узел (Next Hop);
- выходной интерфейс;
- метрика маршрута.

Пример таблицы маршрутизации:

Сеть назначения	Маска	Следующий узел	Интерфейс
192.168.1.0	/24	Прямое подключение	G0/0
192.168.2.0	/24	10.0.0.2	G0/1
10.0.0.0	/8	Прямое подключение	G0/1
0.0.0.0	/0	10.0.0.1	G0/2

Запись `0.0.0.0/0` обозначает маршрут по умолчанию. Он используется, если в таблице отсутствует более конкретный маршрут к сети назначения.

3.3. Виды маршрутизации

Существуют два основных способа формирования маршрутов.

1. Статическая маршрутизация (Static Routing).

Маршруты задаются администратором сети вручную.

Пример: администратор указывает, что все пакеты к сети филиала должны передаваться через определённый маршрутизатор.

Преимущества:

- простота настройки в небольших сетях;
- предсказуемость маршрутов;
- отсутствие дополнительного служебного трафика от протокола маршрутизации.

Недостатки:

- необходимость ручного изменения маршрутов;
- сложность управления крупными сетями;
- отсутствие автоматической адаптации к изменениям топологии.

2. Динамическая маршрутизация (Dynamic Routing).

Маршруты формируются автоматически с помощью специальных протоколов маршрутизации.

Маршрутизаторы обмениваются информацией о доступных сетях и изменяют таблицы маршрутизации при изменении состояния сети.

Преимущества:

- автоматическое обновление маршрутов;
- возможность выбора альтернативного пути;
- удобство управления крупными сетями;
- адаптация к отказам каналов связи.

Недостатки:

- дополнительная нагрузка на оборудование;
- необходимость настройки протоколов;
- более сложное администрирование.

3.4. Основные протоколы маршрутизации

Протоколы маршрутизации позволяют маршрутизаторам обмениваться информацией о сетях и выбирать пути передачи данных.

Основные протоколы:

1. RIP.
2. OSPF.
3. EIGRP.
4. IS-IS.
5. BGP.

1. RIP (Routing Information Protocol)

RIP является одним из наиболее простых протоколов динамической маршрутизации.

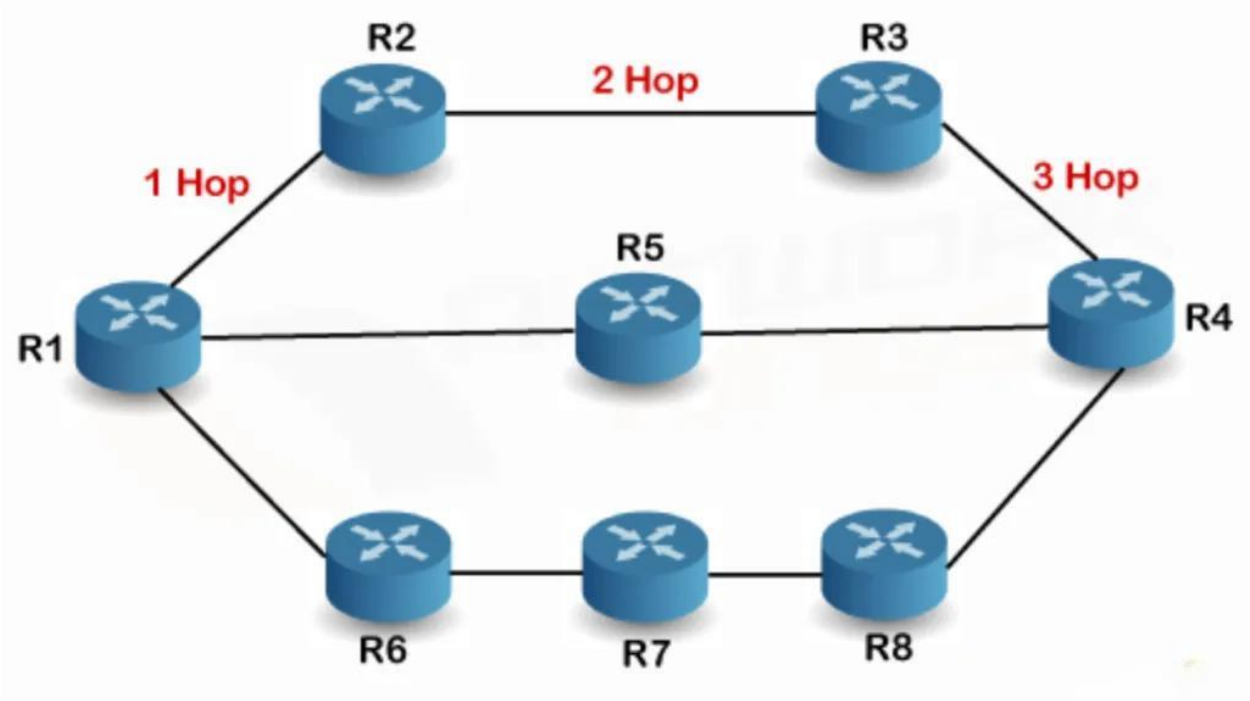
Он использует алгоритм вектора расстояния (Distance Vector).

Основным критерием выбора маршрута является количество переходов между маршрутизаторами (Hop Count).

Максимальное допустимое количество переходов составляет 15. Значение 16 обозначает недоступную сеть.

Особенности RIP:

- простой принцип работы;
- периодический обмен маршрутной информацией;
- ограниченное количество переходов;
- подходит для небольших сетей.



2. OSPF (Open Shortest Path First)

OSPF является протоколом маршрутизации по состоянию каналов (Link State).

Он использует алгоритм Дейкстры для определения кратчайшего пути.

Маршрутизаторы обмениваются информацией о состоянии каналов связи и формируют общую картину топологии сети в пределах области маршрутизации.

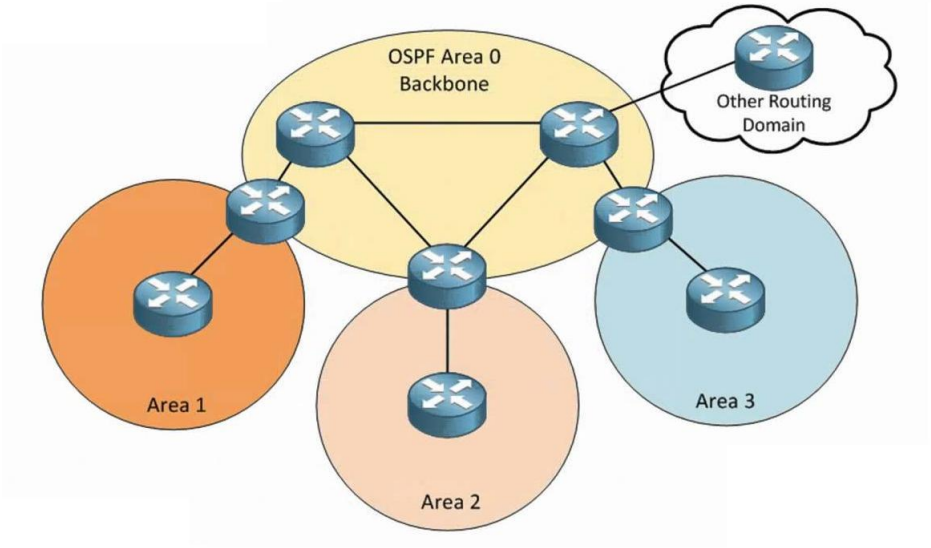
Основной критерий выбора маршрута называется стоимостью (Cost).

Стоимость обычно зависит от пропускной способности интерфейса.

Особенности OSPF:

- быстрое обнаружение изменений топологии;
- поддержка крупных сетей;

- разделение сети на области (Areas);
- использование алгоритма SPF;
- возможность выбора альтернативных маршрутов.



3. EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)

EIGRP представляет собой протокол динамической маршрутизации, разработанный компанией Cisco.

Он использует усовершенствованный алгоритм DUAL (Diffusing Update Algorithm).

При выборе маршрута могут учитываться:

- пропускная способность;
- задержка;
- надёжность;
- загрузка канала.

Особенности EIGRP:

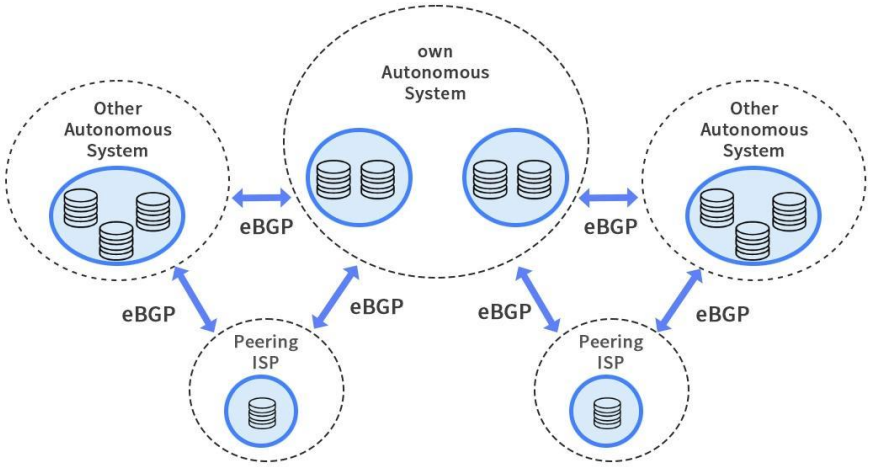
- быстрая сходимость;
- поддержка альтернативных маршрутов;
- эффективный обмен маршрутной информацией;
- широкое применение в сетях на оборудовании Cisco.

4. IS-IS (Intermediate System to Intermediate System)

IS-IS является протоколом маршрутизации по состоянию каналов.
Он используется для построения крупных сетей и часто применяется операторами связи.
Основные особенности:

- высокая масштабируемость;
- поддержка больших сетей;
- иерархическая структура;
- использование алгоритма SPF;
- возможность работы с IPv4 и IPv6.

5. BGP (Border Gateway Protocol)
BGP является основным протоколом обмена маршрутной информацией между автономными системами в Интернете.
Автономная система (AS, Autonomous System) представляет собой совокупность IP-сетей и маршрутизаторов, которые находятся под единым административным управлением и используют общую политику маршрутизации.
BGP позволяет различным операторам связи и крупным организациям обмениваться информацией о доступных сетях.



Особенности BGP:

- применяется для междоменной маршрутизации;
- поддерживает обмен маршрутами между автономными системами;
- использует атрибуты маршрутов для выбора пути;
- учитывает административные политики;
- является основой глобальной маршрутизации Интернета.

3.5. Сравнение протоколов маршрутизации

Протокол	Тип	Основной принцип	Область применения
RIP	Вектор расстояния	Количество переходов	Небольшие сети
OSPF	Состояние каналов	Стоимость маршрута	Корпоративные сети
EIGRP	Гибридный подход	Алгоритм DUAL	Сети Cisco и другие поддерживаемые платформы
IS-IS	Состояние каналов	Стоимость маршрута	Крупные сети операторов
BGP	Междоменная маршрутизация	Политики и атрибуты маршрутов	Интернет

3.6. Внутренняя и внешняя маршрутизация

По области применения протоколы маршрутизации подразделяются на две группы.

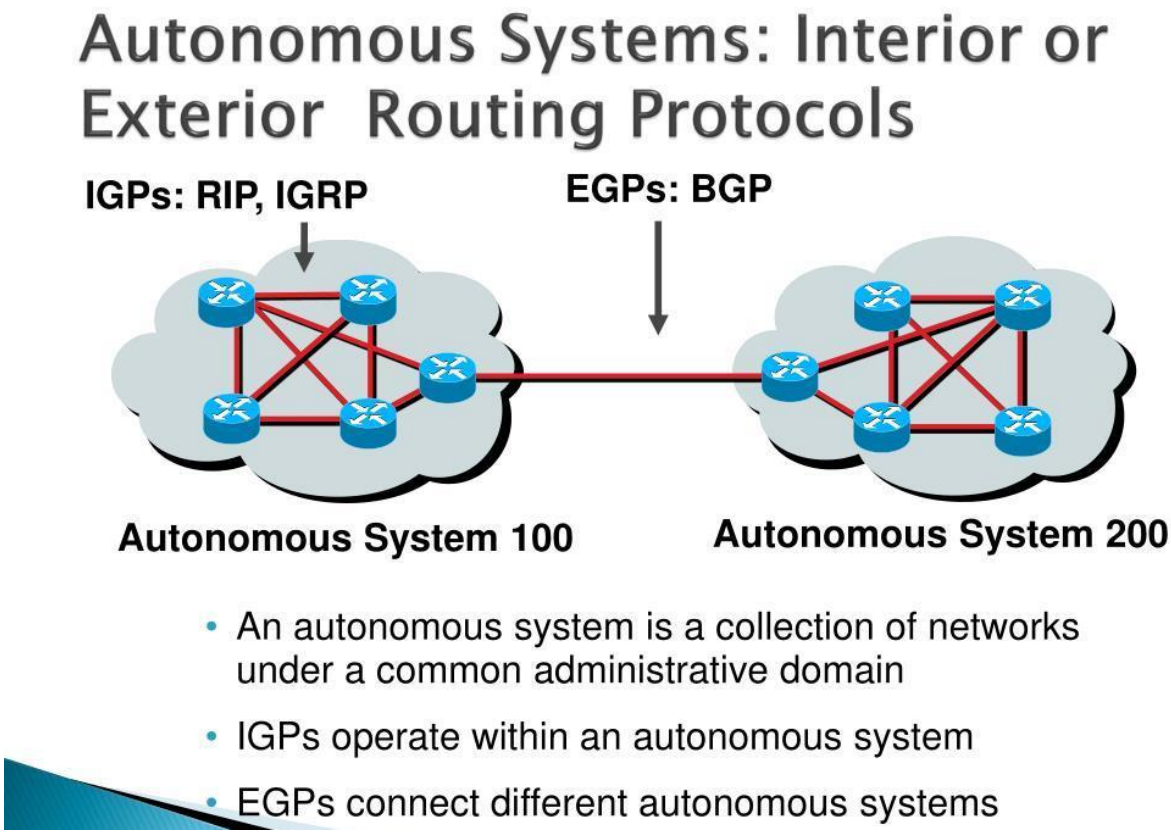
IGP (Interior Gateway Protocol) используются для маршрутизации внутри одной автономной системы.

К ним относятся:

- RIP;
- OSPF;
- EIGRP;
- IS-IS.

EGP (Exterior Gateway Protocol) используются для обмена маршрутной информацией между автономными системами.

Основным современным представителем этой группы является BGP.



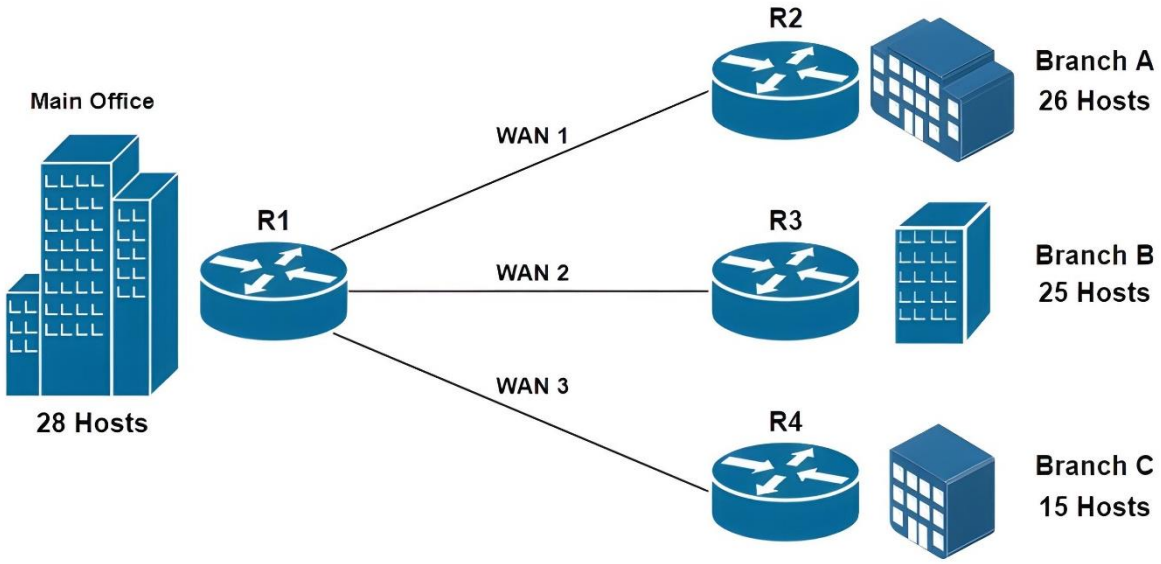
4. Практический пример маршрутизации в глобальной сети

Рассмотрим организацию, которая имеет головной офис и два филиала в разных городах.

Каждый объект имеет собственную локальную сеть:

- головной офис: `192.168.1.0/24`;
- филиал № 1: `192.168.2.0/24`;
- филиал № 2: `192.168.3.0/24`.

Для соединения используется три маршрутизатора.



Принцип работы:

1. Компьютер головного офиса отправляет пакет на компьютер филиала № 1.
2. Маршрутизатор проверяет IP-адрес назначения.
3. По таблице маршрутизации определяется следующий узел.
4. Пакет передаётся через глобальный канал связи.
5. Маршрутизатор филиала получает пакет и передаёт его в локальную сеть.
6. Компьютер филиала принимает данные.

Для автоматического обмена маршрутной информацией можно использовать OSPF.

Если основной канал связи перестанет работать, при наличии альтернативного маршрута протокол сможет определить другой путь передачи данных.

5. Заключение

Коммуникационное оборудование глобальных компьютерных сетей обеспечивает физическое и логическое взаимодействие между территориально удалёнными сетями.

Межсетевая адресация позволяет идентифицировать устройства и определять их принадлежность к определённым IP-сетям. Основными версиями протокола IP являются IPv4 и IPv6.

Протоколы маршрутизации обеспечивают автоматическое определение путей передачи данных. RIP, OSPF, EIGRP и IS-IS применяются для маршрутизации внутри автономных систем, а BGP обеспечивает обмен маршрутной информацией между автономными системами в Интернете.

Знание принципов адресации и маршрутизации необходимо для проектирования, настройки и администрирования современных глобальных компьютерных сетей.

6. Контрольные вопросы

1. Какие задачи выполняет коммуникационное оборудование WAN?
2. Для чего предназначен маршрутизатор?

3. Чем маршрутизатор отличается от коммутатора?
4. Какую функцию выполняет модем?
5. Для чего используется межсетевой экран?
6. Что такое межсетевая адресация?
7. Чем IPv4 отличается от IPv6?
8. Для чего предназначена маска подсети?
9. Что такое CIDR?
10. Чем частный IP-адрес отличается от публичного?
11. Что такое маршрутизация?
12. Какие сведения содержит таблица маршрутизации?
13. Чем статическая маршрутизация отличается от динамической?
14. Как работает протокол RIP?
15. Для чего используется OSPF?
16. Что такое автономная система?
17. Какую функцию выполняет BGP?
18. Чем отличаются протоколы IGP и EGP?

7. Практические задания

Задание 1. Работа с IP-адресами.

Даны следующие IP-адреса:

- 192.168.10.15/24
- 172.16.5.20/16
- 10.10.1.100/8
- 2001:db8:abcd::10/64

Для каждого адреса определите:

1. Версию IP.
2. Тип адреса.
3. Маску или длину префикса.
4. Адрес сети для IPv4.
5. Возможность использования адреса в локальной сети.

Задание 2. Сравнение протоколов маршрутизации.

Заполните таблицу:

Критерий	RIP	OSPF	BGP
Тип маршрутизации			
Основной критерий выбора пути			
Область применения			
Особенности			

Задание 3. Проектирование WAN.

Организация имеет три филиала в разных городах и головной офис.

Необходимо:

1. Нарисовать схему соединения четырёх объектов.
2. Назначить каждой локальной сети IPv4-адрес.
3. Разместить маршрутизаторы.
4. Указать каналы связи.
5. Выбрать протокол динамической маршрутизации.
6. Объяснить, как будет осуществляться передача данных между филиалами.

Дополнительный вопрос: почему для глобальной сети Интернета используется BGP, а не RIP или OSPF?