



МОСКОВСКИЙ  
АВИАЦИОННЫЙ  
ИНСТИТУТ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

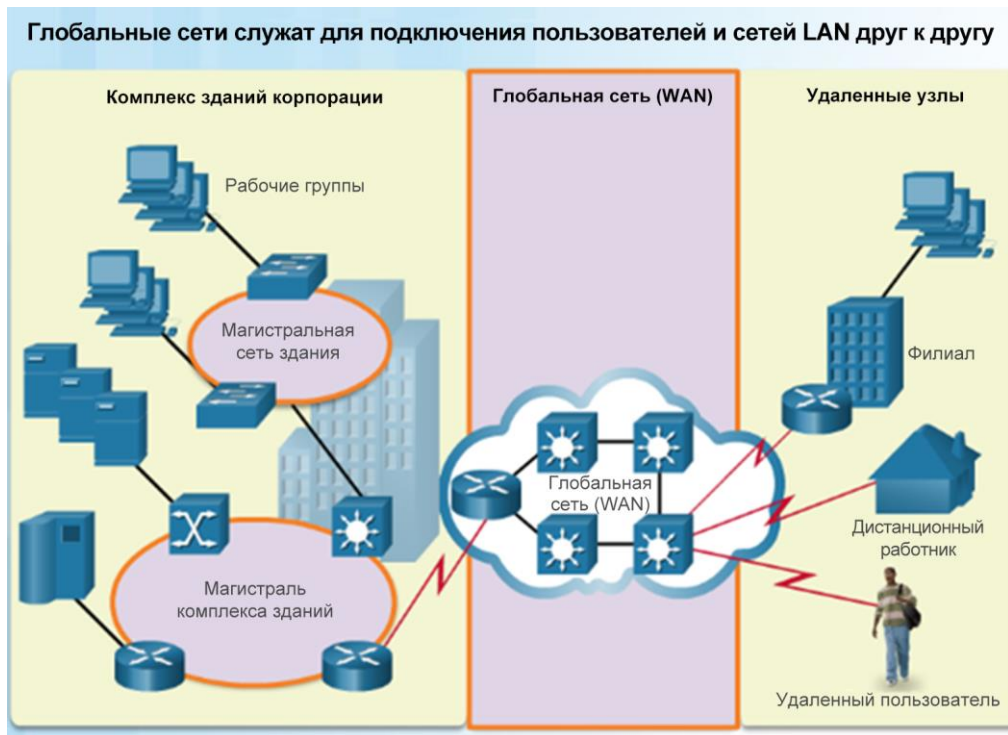
Концепции WLAN.  
Конфигурация WLAN.



**Коммутация, маршрутизация и  
беспроводная связь**

# Предназначение глобальных сетей (WAN)

## Преимущества сети WAN

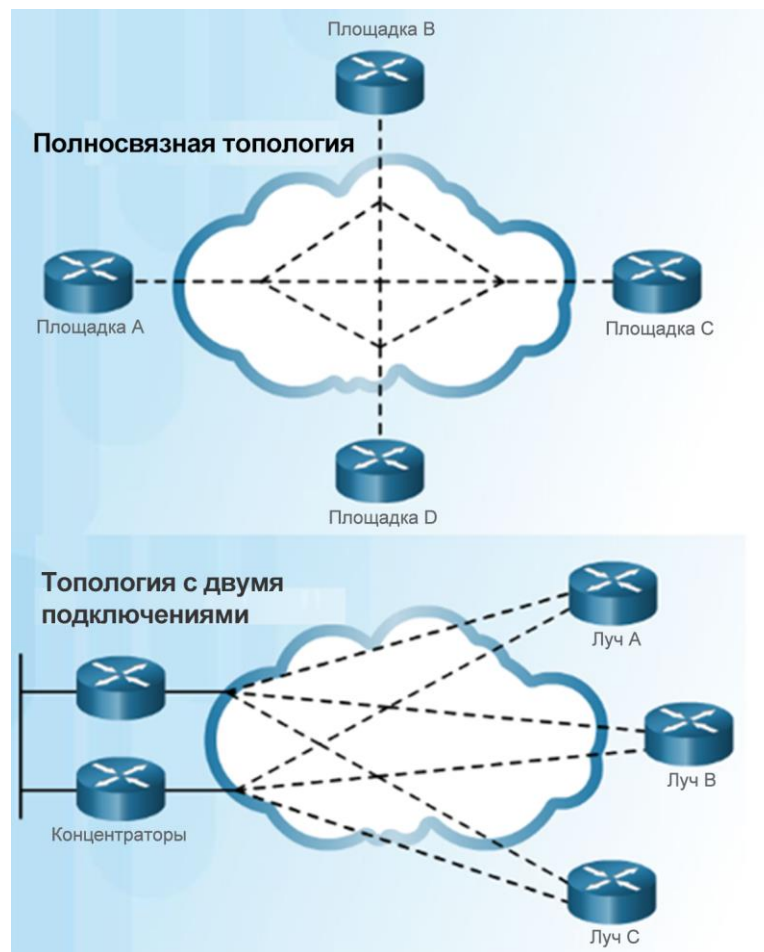


- Глобальная сеть работает за пределами географической области сети LAN.
  - Глобальные сети используются для установления связи между корпоративной сетью LAN и сетями LAN на площадках удаленных филиалов и удаленных сотрудников.
  - Глобальная сеть принадлежит оператору связи, тогда как локальная сеть обычно является собственностью организации.
  - Организация должна вносить плату за предоставляемые оператором связи услуги WAN по подключению к удаленным узлам.
  - Операторы связи предоставляют каналы для подключения удаленных узлов с целью передачи данных, голоса и видео.
- 
- По мере расширения организационной структуры предприятиям требуется возможность обмена информацией между территориально разнесенными площадками.
  - Кроме того, в настоящее время потребители часто взаимодействуют через Интернет с банками, магазинами и другими поставщиками товаров и услуг.

## Предназначение глобальных сетей (WAN)

# Топологии глобальных сетей

При соединении нескольких узлов через сети WAN может использоваться множество разных технологий на стороне операторов связи и топологий WAN. Существуют четыре распространенные топологии глобальных сетей.

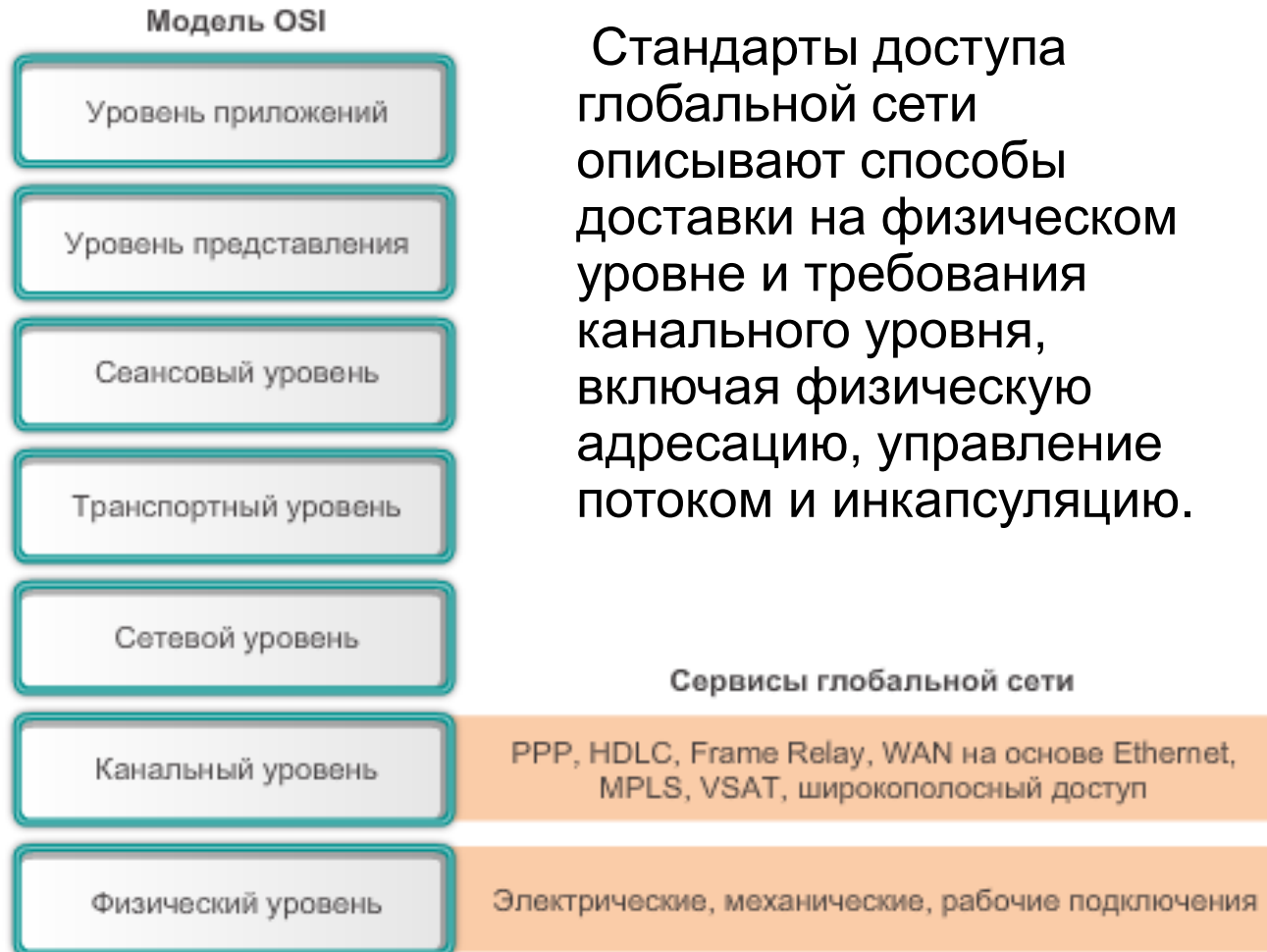




## Принцип работы WAN

# WANs в модели OSI

Глобальные сети работают на уровнях 1 и 2



Стандарты доступа глобальной сети описывают способы доставки на физическом уровне и требования канального уровня, включая физическую адресацию, управление потоком и инкапсуляцию.

# Принцип работы WAN

## Устройства WAN

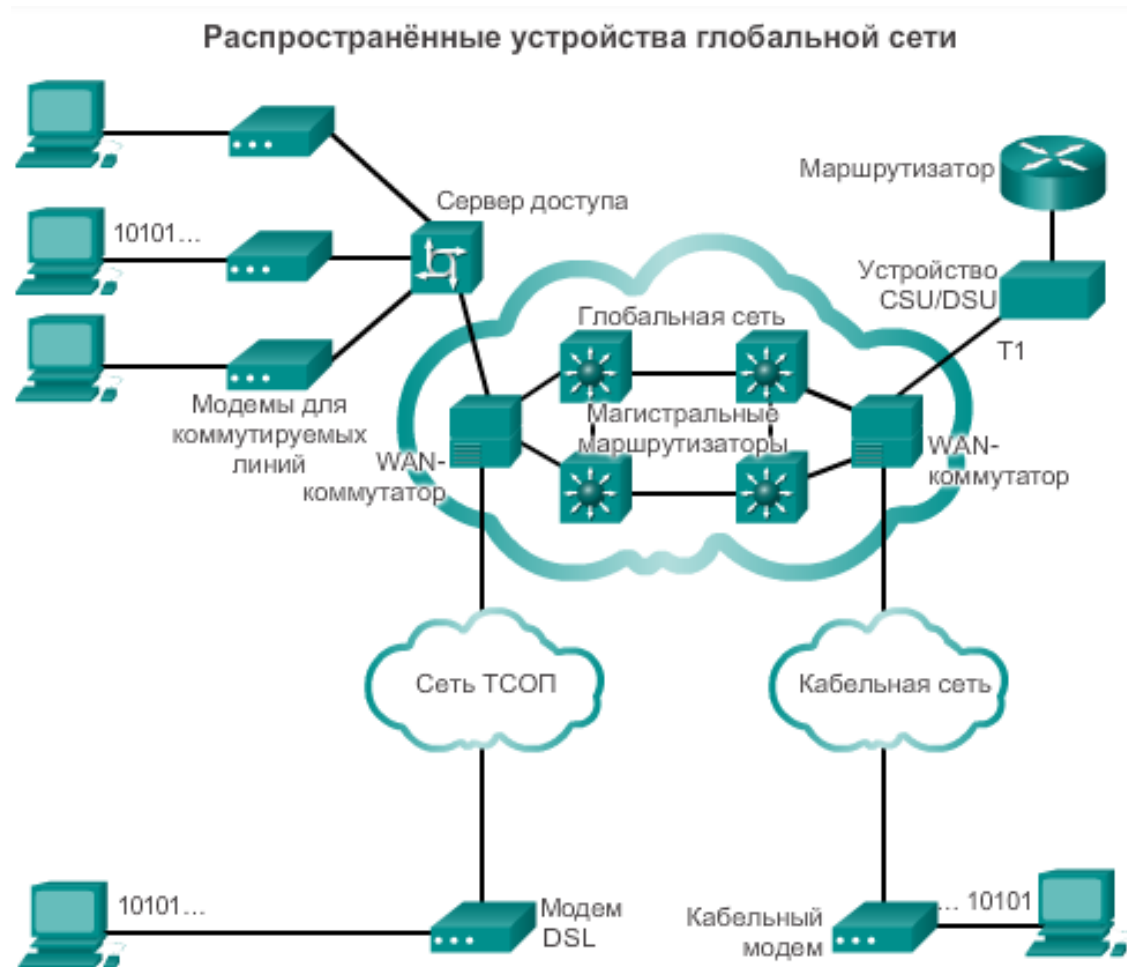
Существует множество типов устройств, характерных для среды глобальной сети. К ним относятся следующие устройства:

**Модем для коммутируемых линий (dial-up)** для передачи по телефонным каналам. Считается устаревшей технологией.

**Сервер доступа.**

Концентрирует входящие и исходящие коммутируемые сеансы пользователей. Считается устаревшей технологией.

**Модем DSL и кабельный модем** используют более высокие частоты и скорости передачи.





# Принцип работы WAN

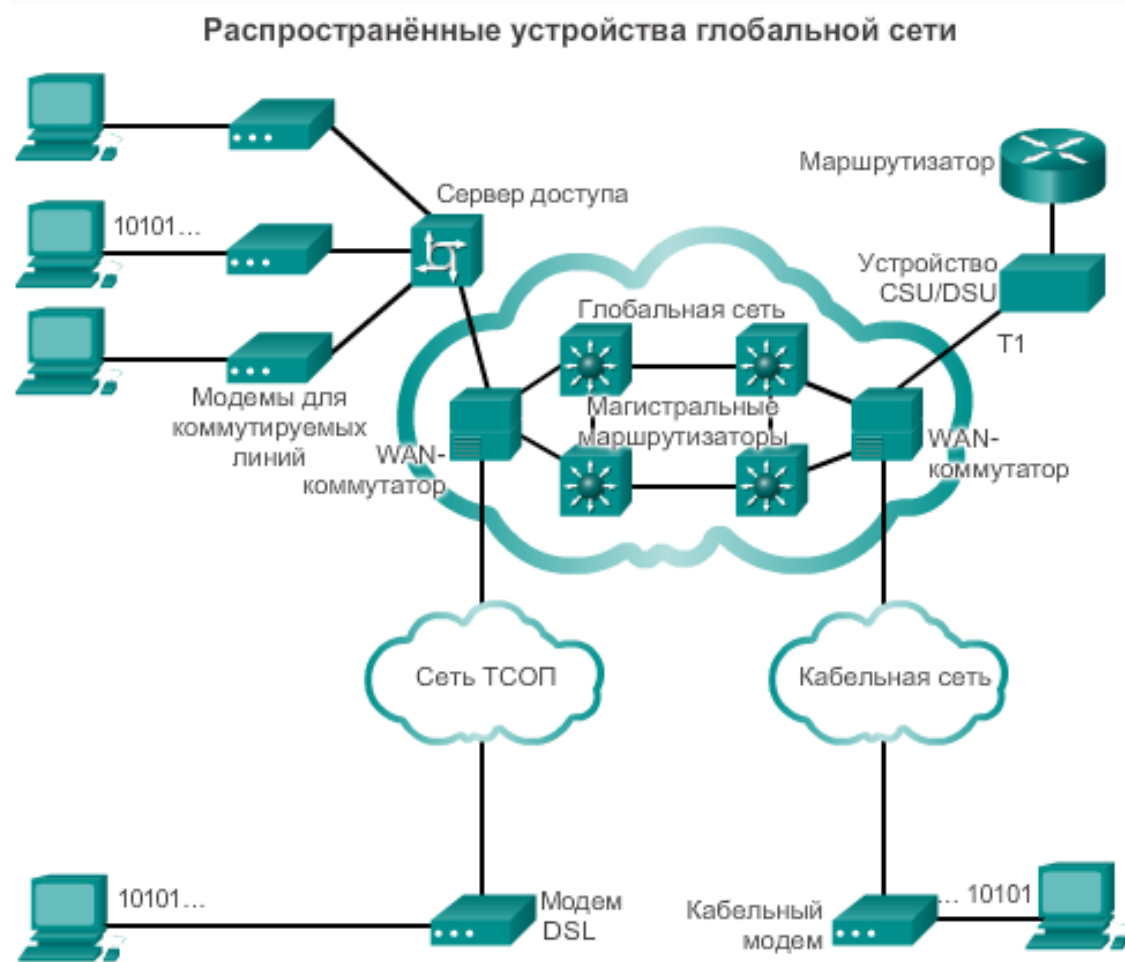
## Устройства WAN

### Устройство CSU/DSU.

**WAN-коммутатор.** Эти устройства, например Frame Relay и ATM, обычно коммутируют трафик и работают на уровне 2.

**Маршрутизатор** обеспечивает межсетевое взаимодействие и предоставляет порты интерфейса доступа к WAN, которые используются для подключения к сети оператора связи.

**Маршрутизатор ядра/Многоуровневый коммутатор** должен поддерживать несколько телекоммуникационных интерфейсов, обеспечивающих самую высокую скорость, используемую в ядре глобальной сети.



## Принцип работы WAN

# Коммутация каналов и пакетов.

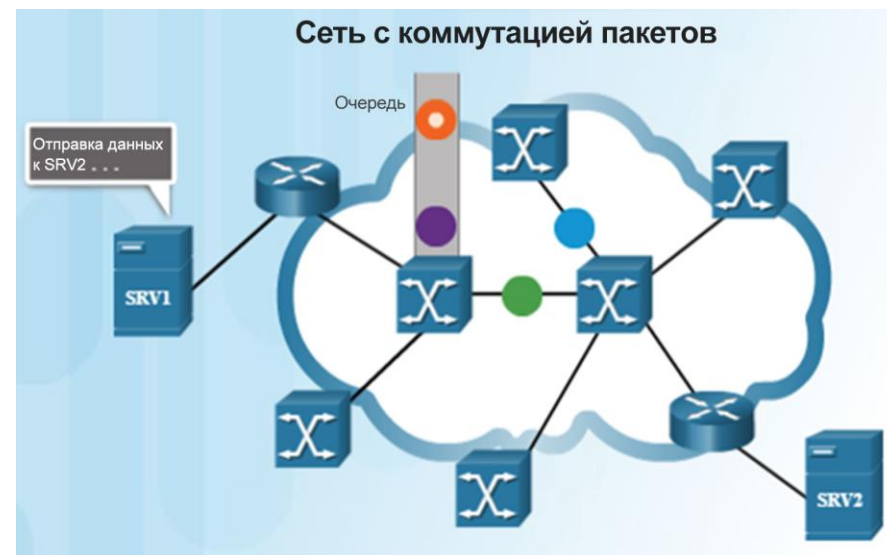
В сети с коммутацией каналов, прежде чем пользователи смогут обмениваться данными, устанавливается выделенное электрическое соединение (канал) между узлами и терминалами.

К двум самым распространённым типам технологий WAN с коммутацией каналов относятся **коммутируемая телефонная сеть общего пользования (ТСОП)** и **цифровая сеть с интеграцией сервисов (ISDN)**.

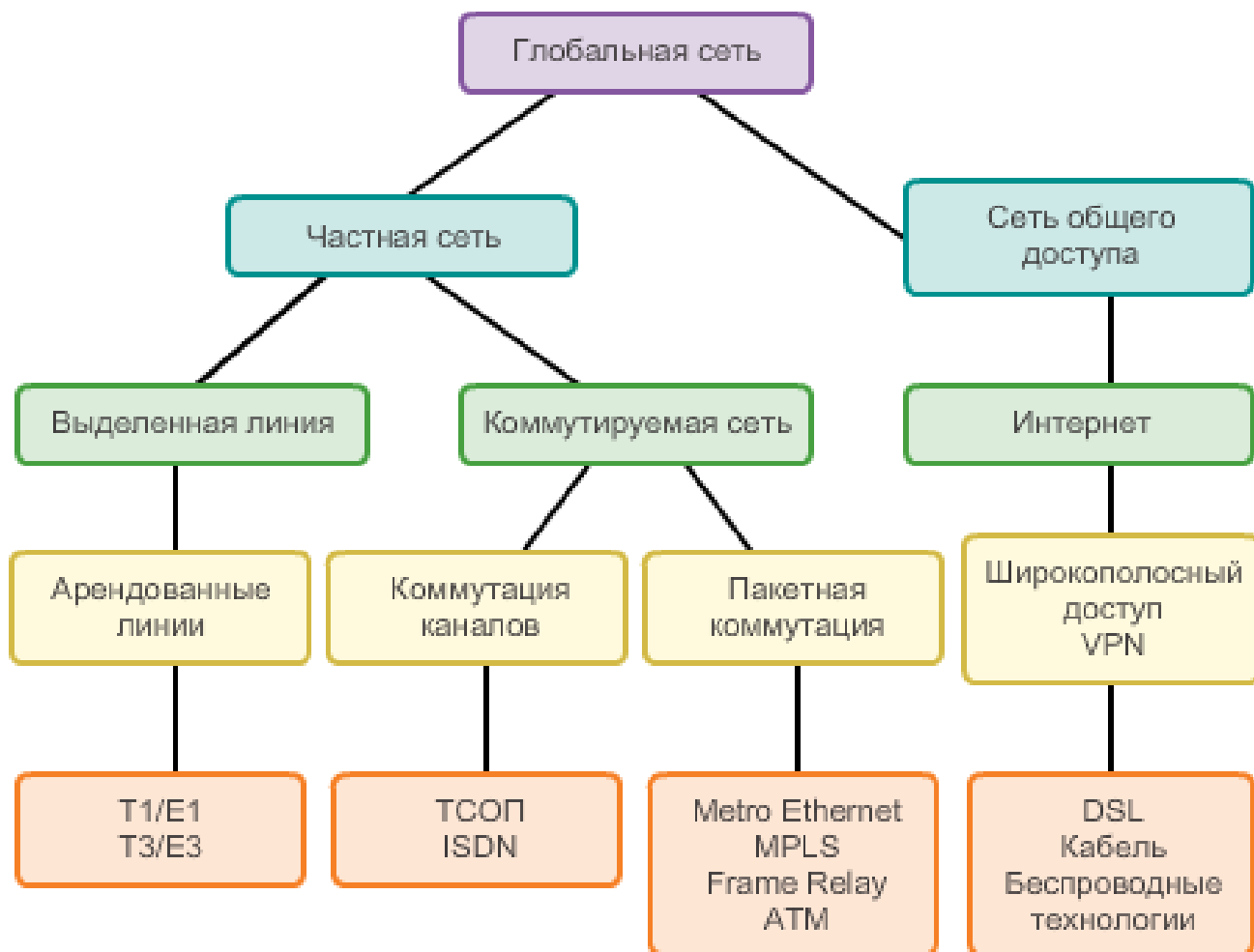


В отличие от коммутации каналов, коммутация пакетов разделяет поток данных на пакеты, которые направляются по сети общего пользования.

В сетях с коммутацией пакетов не требуется устанавливать электрическое соединение, и в них множество пар узлов может обмениваться данными по одному и тому же каналу.



# Варианты подключения канала WAN





# Арендованные линии. Канал «точка-точка»

Если требуются **постоянные выделенные подключения**, канал «точка-точка» используется для предоставления предустановленного канала связи глобальной сети, идущего от помещения заказчика к сети оператора связи.

Преимущества:

- Простота
- Качество
- Доступность

Недостатки:

- Стоимость - высокая
- Ограниченная гибкость



# Коммутируемый доступ

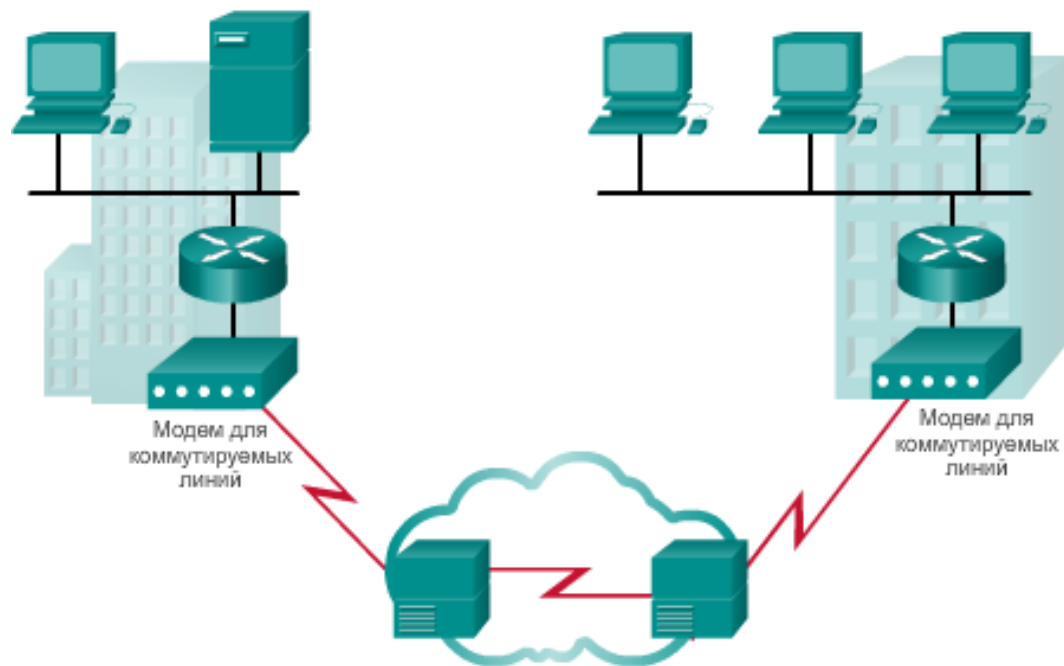
Коммутируемый доступ пригоден в тех случаях, когда **периодически требуется передавать небольшие объёмы данных**

Преимущества:

- Простота
- Доступность
- Низкая стоимость внедрения

Недостатки:

- Низкая скорость передачи данных
- Длительное время соединения

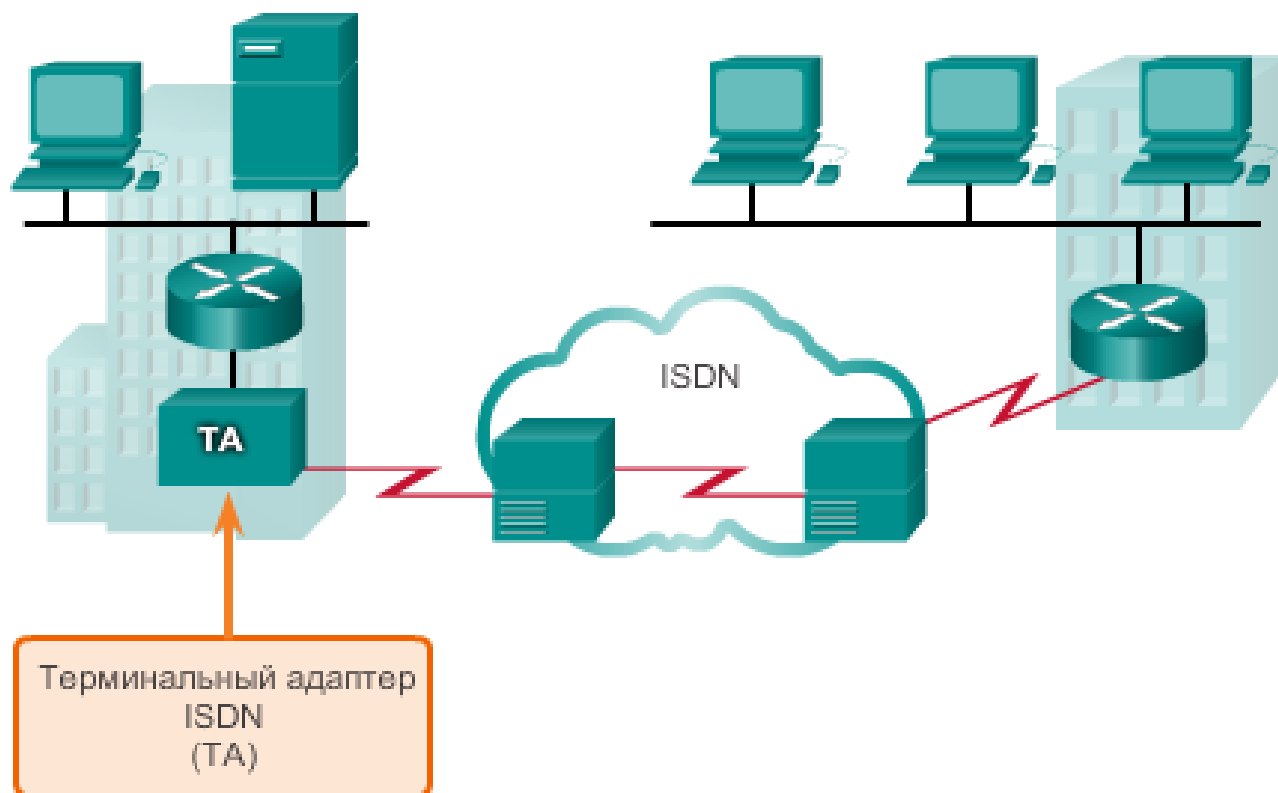


Глобальная сеть с подключением по запросу, созданная с использованием модема и голосовой телефонной сети.

# Цифровая сеть с интеграцией служб ISDN

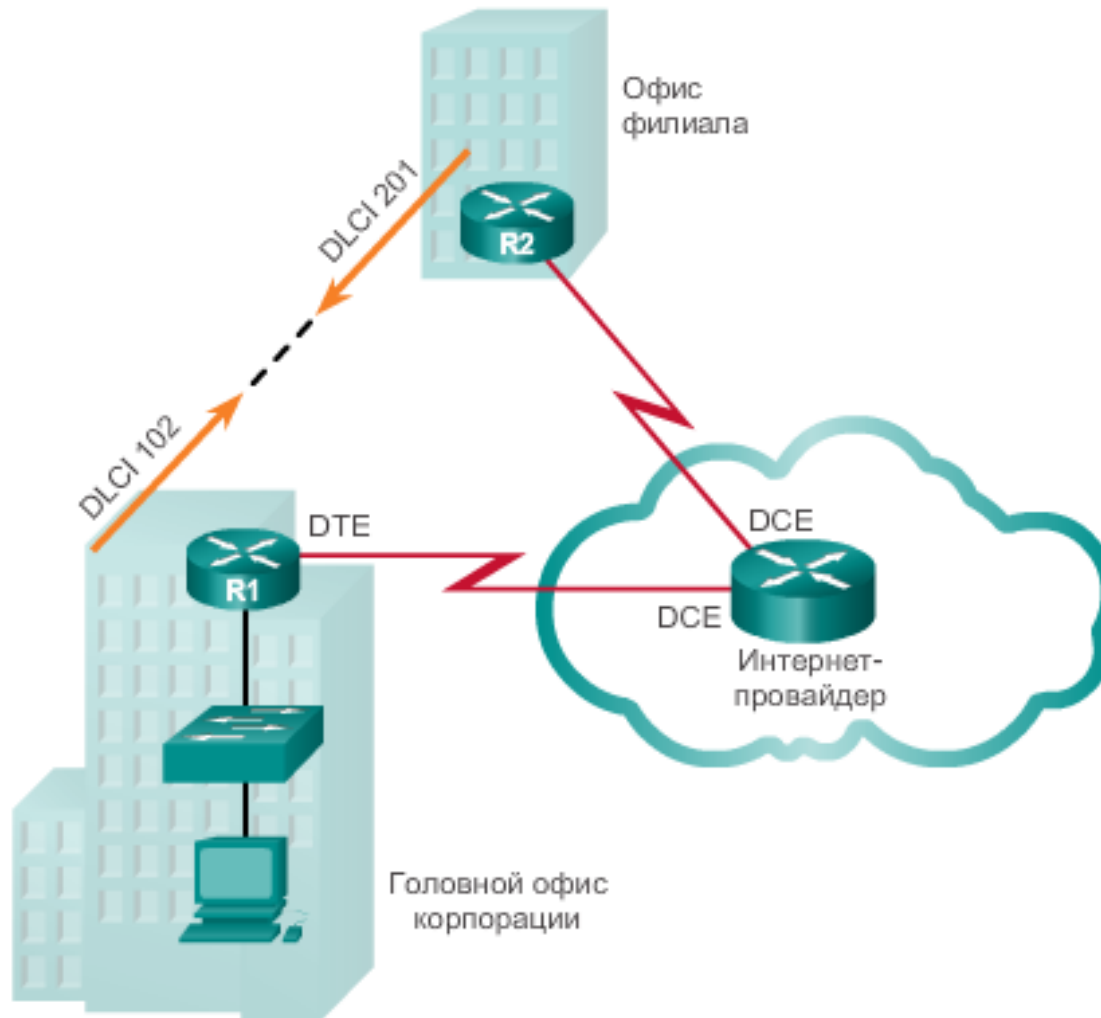
**Цифровая сеть с интеграцией служб (ISDN)** является технологией коммутации каналов, которая позволяет передавать цифровые сигналы по местной телефонной линии сети ТСОП.

Для подключения ISDN может потребоваться **терминальный адаптер (ТА)**, представляющий собой устройство, используемое для подключения интерфейса ISDN с базовой скоростью (BRI) к маршрутизатору.



# Инфраструктуры частных WAN

## Frame Relay

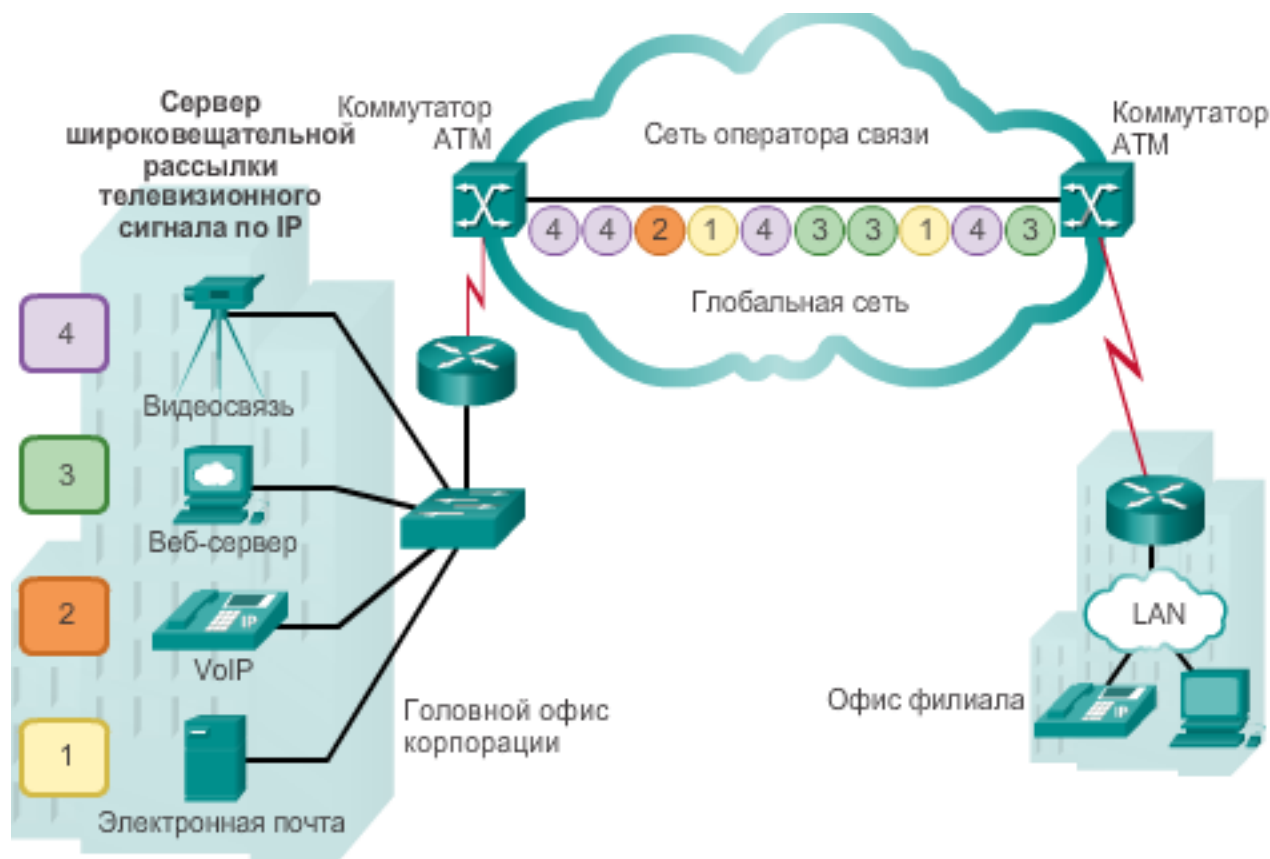


- Frame Relay, простая технология 2 уровня **для неширокополосного множественного доступа (NBMA)**, используется для соединения между собой локальных сетей предприятия.
- Frame Relay создает **виртуальные каналы (PVC)**, которые однозначно определяются идентификатором канала передачи данных (DLCI).
- Каналы PVC и DLCI обеспечивают двустороннюю связь между устройствами DTE.

## Инфраструктуры частных WAN

# ATM

Технология асинхронного режима передачи (ATM) способна обеспечить **передачу голоса, видео и данных по частным сетям и сетям общего доступа**. Она создана на основе ячеистой, а не кадровой архитектуры. Ячейки ATM всегда имеют фиксированную длину 53 байта.



# Инфраструктуры частных WAN

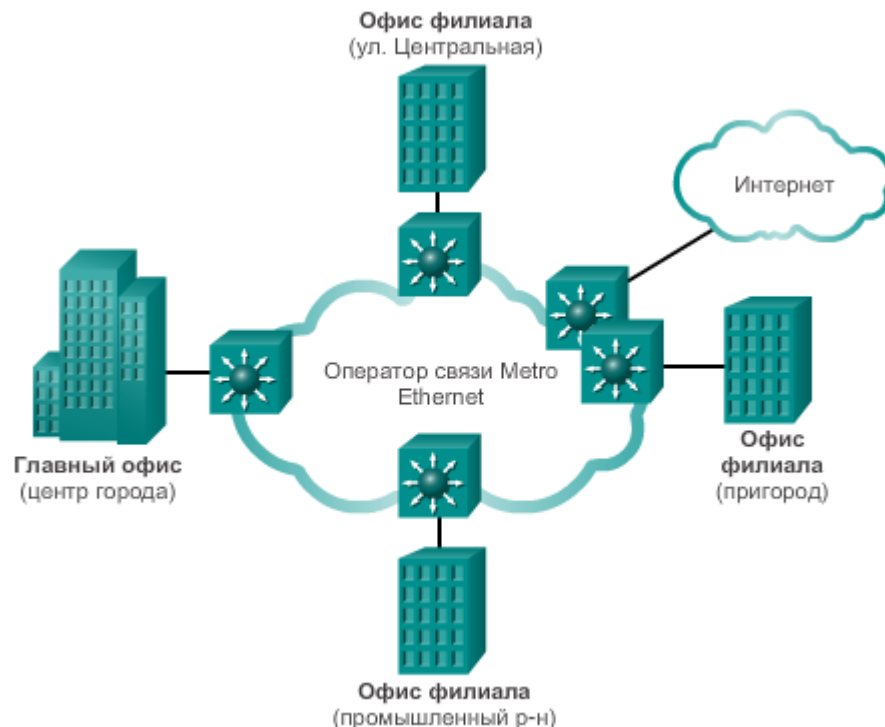
## WAN на основе Ethernet

В настоящее время интернет-провайдеры предлагают сервис **WAN на основе Ethernet** с подключением по оптоволоконным кабелям.

Преимущества:

- **Снижение затрат и объёма администрирования.**
- **Простота интеграции с существующими сетями.**
- **Повышение производительности.**

Сервис WAN на основе Ethernet может выступать под разными названиями, включая такие, как Metropolitan Ethernet (METROE), Ethernet over MPLS (EoMPLS) и Virtual Private LAN Service (VPLS).



**Примечание:** Популярность подключений с использованием технологии WAN на основе Ethernet выросла, и в настоящее время они широко используются для замены традиционных каналов WAN на основе Frame Relay и ATM.

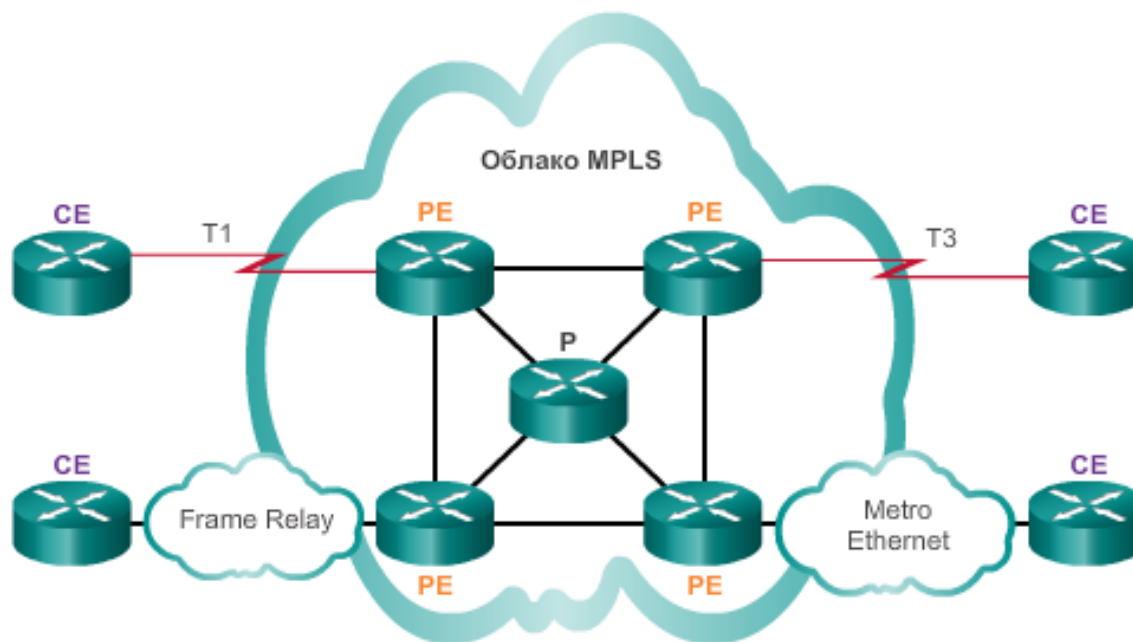


## Инфраструктуры частных WAN

# MPLS

**Многопротокольная коммутация по меткам (MPLS)** является многопротокольной высокопроизводительной технологией WAN, обеспечивающей передачу данных от одного маршрутизатора к другому **на основе коротких меток**, а не на основе сетевых IP-адресов. **Метки определяют маршруты между удалёнными маршрутизаторами**, а не между конечными точками.

Различные узлы можно подключить к **облаку MPLS** с применением различных технологий доступа. На рисунке **CE** относится к границе клиента, **PE** — маршрутизатор границы сети оператора связи, который добавляет и удаляет метки, а **P** — внутренний маршрутизатор оператора связи, коммутирующий пакеты с метками MPLS.

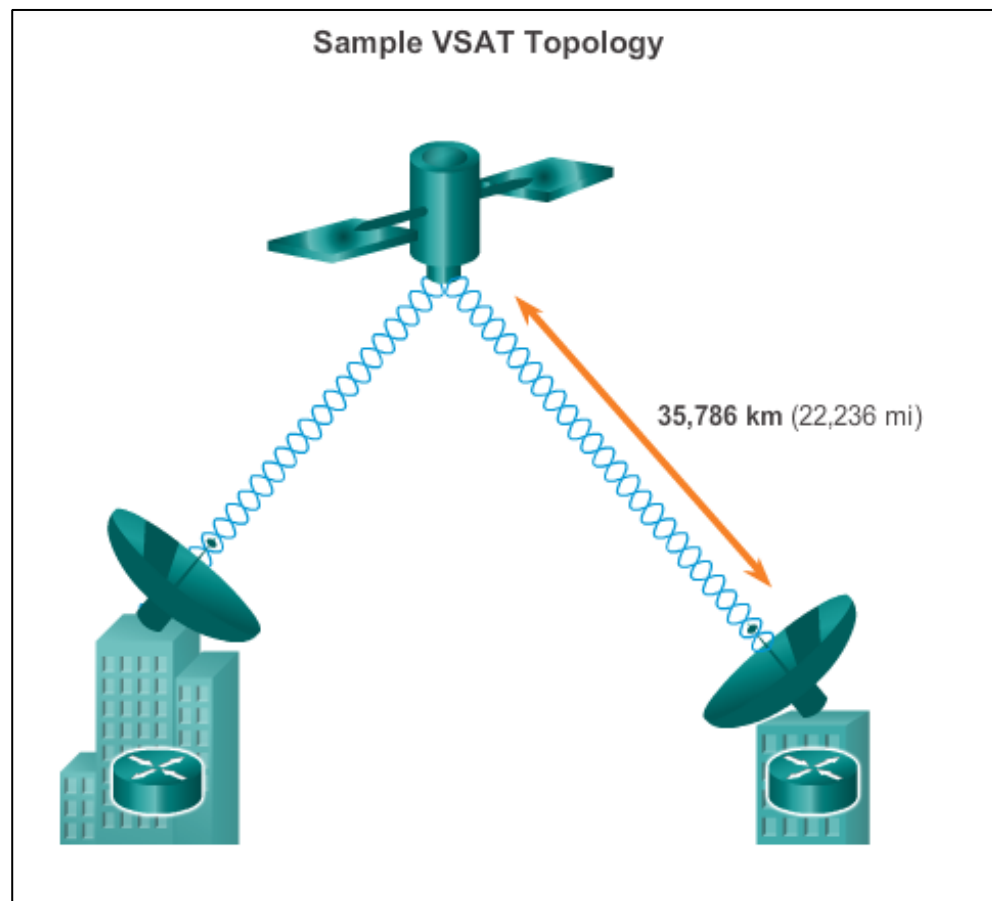


# Инфраструктуры частных WAN VSAT

Терминал с очень маленькой апертурой (VSAT) позволяет создать **частную сеть WAN с использованием спутниковой связи**.

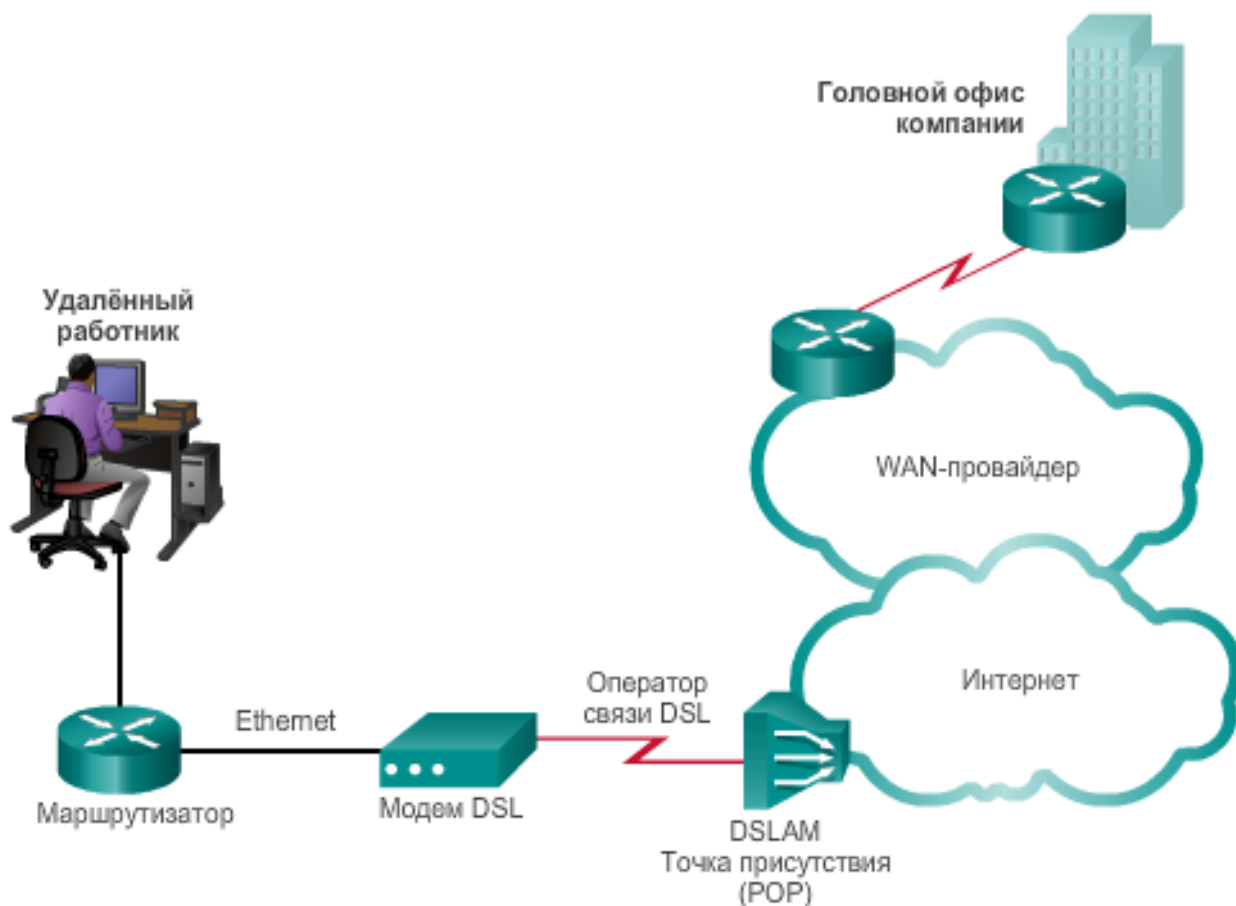
VSAT представляет собой небольшую спутниковую антенну, подобную тем, которые используются для домашнего Интернета и телевидения. Терминалы VSAT создают частную глобальную сеть и одновременно обеспечивают связь для удалённых офисов.

**Маршрутизатор** подключён к спутниковой антенне, которая направлена на спутник оператора связи, находящийся в космосе на геостационарной орбите. Сигналы должны преодолеть расстояние приблизительно в 35 786 километров по направлению к спутнику и обратно.



# Инфраструктура общедоступной WAN DSL

Технология DSL обеспечивает **постоянное соединение, которое использует существующие телефонные линии на основе витой пары** для передачи данных с высокой пропускной способностью, и предоставляет абонентам сервисы IP. **Модем DSL** преобразует сигнал Ethernet, поступающий от устройства пользователя, в сигнал DSL, который передается центральному офису. С помощью **мультиплексора доступа цифровых абонентских линий (DSLAM)**, установленного у провайдера, несколько абонентских линий DSL мультиплексируются в единый высокоскоростной канал.



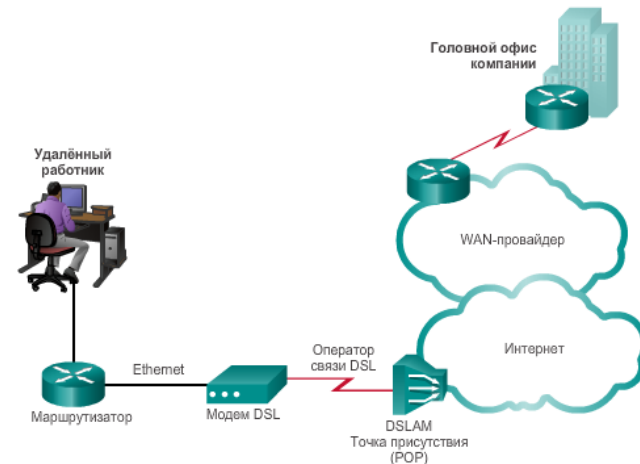
# Инфраструктура общедоступной WAN DSL

Технология DSL обеспечивает постоянное соединение, которое использует существующие телефонные линии на основе витой пары для широкополосной передачи данных и предоставляет абонентам IP-сервисов.

DSL классифицируются как асимметричный DSL (ADSL) или симметричный DSL (SDSL).

- ADSL и ADSL2+ обеспечивает более высокую пропускную способность нисходящих каналов, идущих по направлению к пользователю, по сравнению с восходящими каналами.
- SDSL обеспечивает одинаковую пропускную способность в обоих направлениях.

Скорость передачи данных зависит от фактической длины местной линии, а также от типа и состояния кабелей.

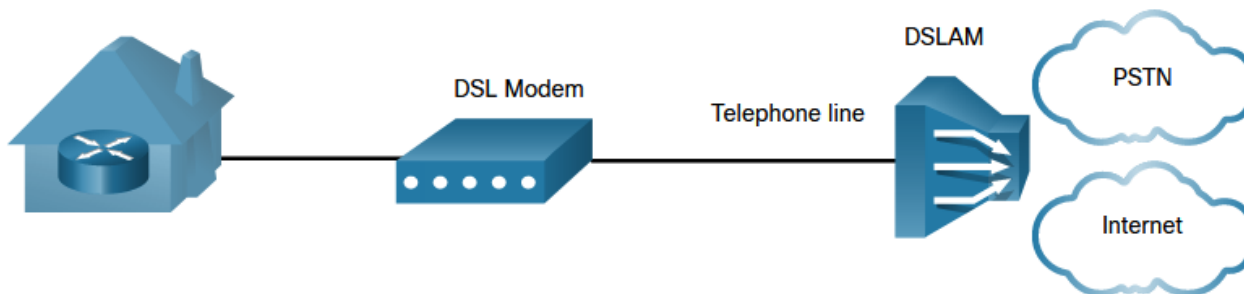


# Инфраструктура общедоступной WAN

## DSL

Операторы связи развертывают DSL-соединения в пределах местной линии. Подключение устанавливается между DSL-модемом и мультиплексором доступа DSL (DSLAM).

- DSL-модем преобразует сигналы Ethernet от рабочего устройства в сигнал DSL, который передается мультиплексору доступа DSL (DSLAM) в местоположении поставщика.
- DSLAM — это устройство, расположенное в центральном офисе поставщика, собирающее подключения нескольких абонентов DSL.
- DSL не является общим носителем. Каждый пользователь имеет отдельное прямое подключение к DSLAM. Добавление пользователей не препятствует производительности.



# Инфраструктура общедоступной WAN

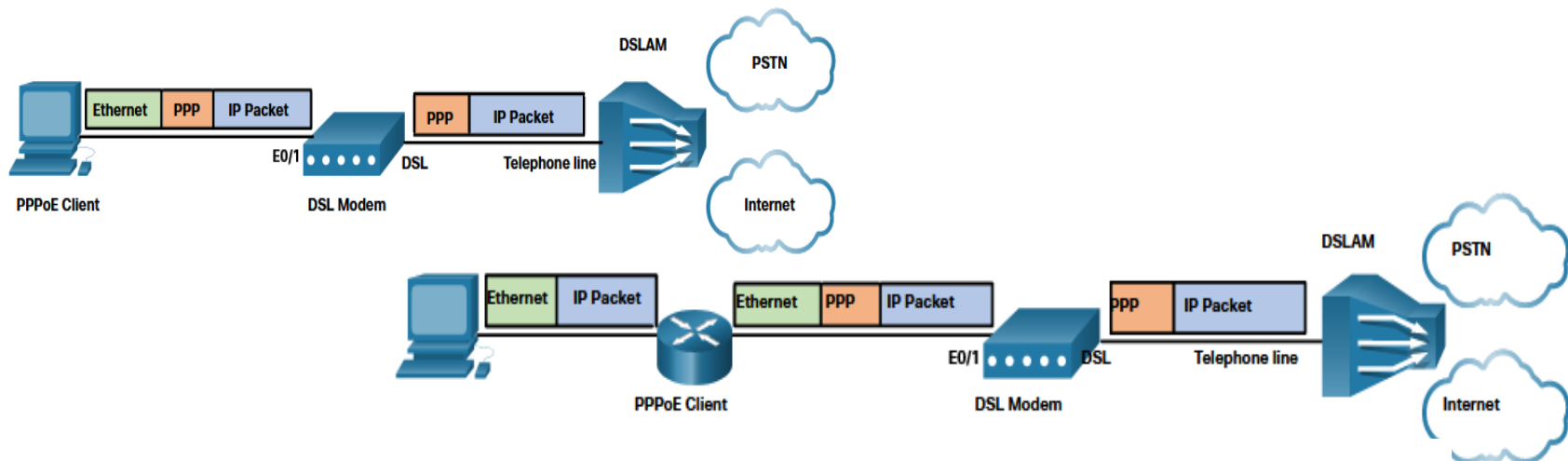
## DSL и PPP

Интернет-провайдеры по-прежнему используют PPP в качестве протокола уровня 2 для широкополосных DSL-подключений.

- PPP может использоваться для аутентификации подписчика.
- PPP может назначить публичный IPv4 адрес абоненту.
- PPP предоставляет функции управления качеством канала.

Существует два способа развертывания PPP через Ethernet (PPPoE):

- **Узел с клиентом PPPoE** - клиентское программное обеспечение PPPoE взаимодействует с DSL-модемом с помощью PPPoE, а модем взаимодействует с провайдером через PPP.
- **Клиент PPPoE маршрутизатора** — маршрутизатор является клиентом PPPoE и получает конфигурацию от поставщика.

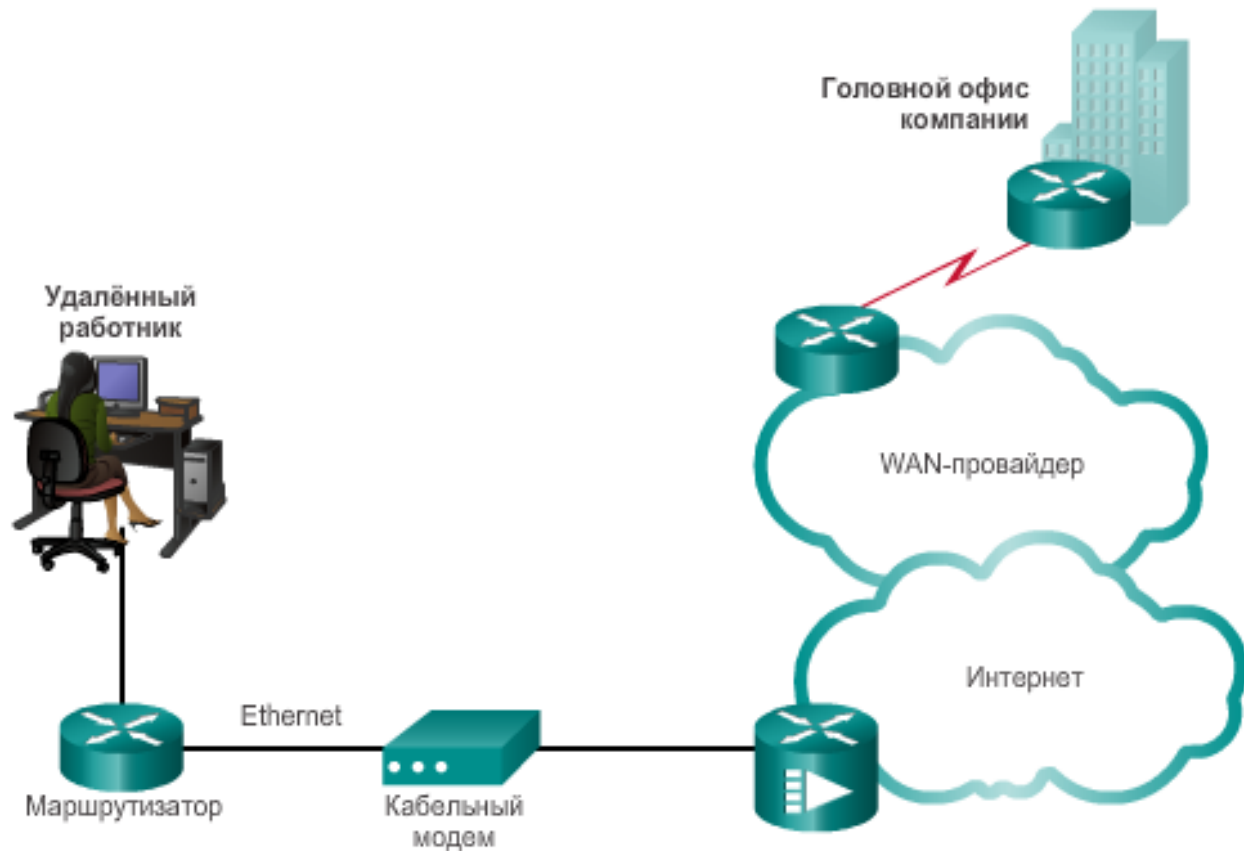




# Инфраструктура общедоступной WAN

## Кабельное подключение

- **Кабельные модемы** обеспечивают **постоянное подключение** и простоту установки.
- Абонент подключает компьютер или маршрутизатор LAN к кабельному модему, который преобразует цифровые сигналы в аналоговые, используемые для передачи данных по сети кабельного телевидения.



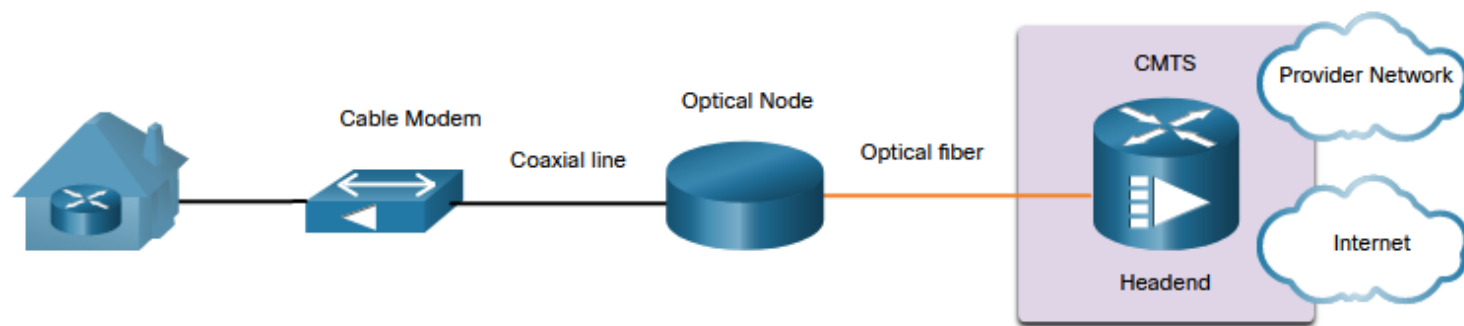
# Инфраструктура общедоступной WAN

## Кабельные технологии

Кабельная технология является высокоскоростной технологией подключения, которая использует коаксиальный кабель кабельной компании для предоставления IP-услуг пользователям.

Спецификация DOCSIS представляет собой международный стандарт для реализации услуг высокоскоростной передачи данных на основе имеющейся кабельной системы.

- Оптический узел преобразует РЧ сигналы в световые импульсы по оптоволоконному кабелю.
- Волоконные носители позволяют передавать сигналы на большие расстояния к головному узлу поставщика, где расположена система терминирования кабельного модема (CMTS).
- Заголовок содержит базы данных, необходимые для обеспечения доступа в Интернет, в то время как CMTS отвечает за связь с кабельными модемами.



Все местные абоненты совместно используют пропускную способность кабельного соединения. При увеличении количества пользователей пропускная способность может падать ниже ожидаемого уровня.



## Инфраструктура общедоступной WAN

# Оптоволоконный кабель

Многие муниципалитеты, города и провайдеры устанавливают волоконно-оптический кабель к месту расположения пользователя. Это обычно называют волокном x (FTTx) и включает в себя следующее:

- **Волокно в дом (FTTH)** - Волокно достигает границы резиденции.
- **Волоконно к зданию (FTTB)** - Волоконно достигает границы здания с окончательным соединением с индивидуальной жилой площадью осуществляется альтернативными способами.
- **Fiber to the Node/Neighborhood (FTTN)** — оптический кабель достигает оптического узла, который преобразует оптические сигналы в формат, приемлемый для витой пары или коаксиального кабеля в помещение.

Примечание. FTTx может обеспечить максимальную пропускную способность всех вариантов широкополосного доступа.

# Инфраструктура общедоступной WAN

## Беспроводные технологии

В беспроводных технологиях для отправки и приема данных используются нелицензированные полосы радиочастот. Нелицензированные полосы доступны всем, кто использует устройство, имеющее беспроводной маршрутизатор и поддерживающее беспроводную технологию.

Беспроводные технологии:

- **Муниципальные сети Wi-Fi**
- **Сотовая связь**
- **WiMAX**
- **Спутниковый Интернет**



## Инфраструктура общедоступной WAN

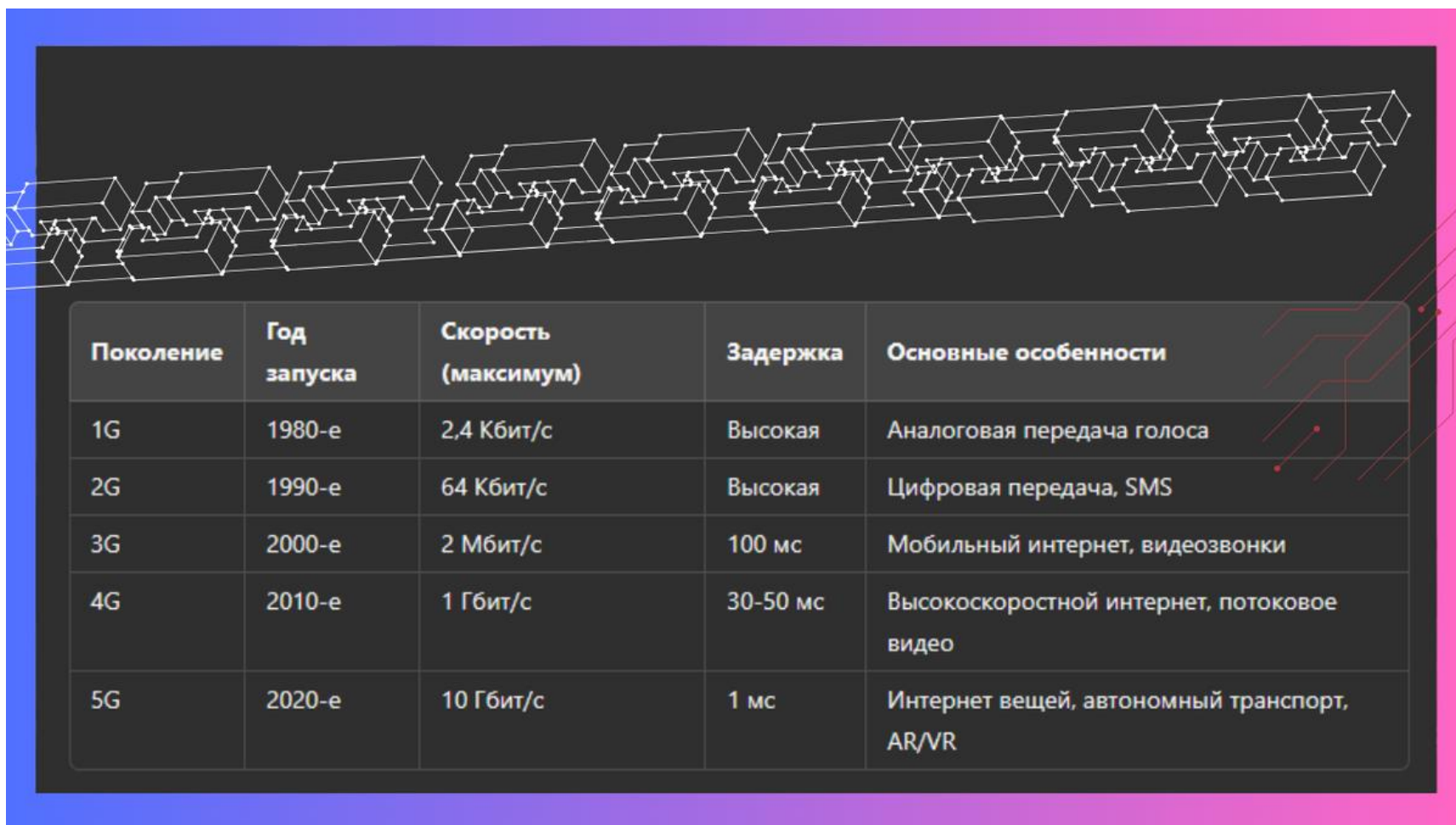
# Сотовая связь 3G/4G/5G

Телефоны, планшетные компьютеры, ноутбуки и даже некоторые маршрутизаторы могут обмениваться данными через Интернет, используя **технологии сотовой связи**. **Эти устройства используют радиоволны для обмена данными** посредством ближайшей вышки мобильной телефонной связи. **Устройство имеет небольшую радиоантенну, а антенна оператора связи, имеющая гораздо большие размеры, находится наверху вышки, расположенной на расстоянии нескольких километров от телефона.**

- **Беспроводная связь 3G/4G/4GLTE/5G.** Эти технологии поддерживают беспроводный доступ к Интернету с помощью радиоволн для связи через близлежащую башню мобильного телефона.



# Эволюция сотовой связи 1G/2G/3G/4G/5G



Поколение	Год запуска	Скорость (максимум)	Задержка	Основные особенности
1G	1980-е	2,4 Кбит/с	Высокая	Аналоговая передача голоса
2G	1990-е	64 Кбит/с	Высокая	Цифровая передача, SMS
3G	2000-е	2 Мбит/с	100 мс	Мобильный интернет, видеозвонки
4G	2010-е	1 Гбит/с	30-50 мс	Высокоскоростной интернет, потоковое видео
5G	2020-е	10 Гбит/с	1 мс	Интернет вещей, автономный транспорт, AR/VR





## Инфраструктура общедоступной WAN

# Сотовая связь 5G

### Что же такое 5G?

5G (G – означает generation, то есть пятое поколение мобильной связи) — это технология беспроводной связи, которая пришла на смену 4G LTE. Главной важной особенностью 5G является его высокая скорость передачи данных — до 10 Гбит/с, что в десятки раз быстрее 4G (у него была 1 Гбит/с). И это было просто необходимо с развитием стриминговых сервисов, интернет-телевидения, и вообще, возросшего потребления трафика с мобильных устройств.

При этом, такие сети обладают минимальной задержкой — около 1 миллисекунды, что особенно важно для онлайн-игр, дистанционного управления и автономного транспорта. И это еще одна важная особенность, зачем понадобилась такая технология – развитие «умных» устройств, популярность «умных» домов, и прочих подобных технологий для облегчения жизни. У 5G большая пропускная способность, то есть поддержка огромного количества устройств на небольшой площади. И при этом энергоэффективность (простыми словами, сниженное энергопотребление) устройств, работающих в этой сети.

Все это стало доступно благодаря тому, что 5G использует три диапазона частот (и комбинация этих частот позволяет предоставлять высокую скорость и минимальную задержку в разных сценариях):

- *Низкочастотный спектр (Sub-1 ГГц) — обеспечивает широкий охват, но ограниченную скорость (до 100 Мбит/с).*
- *Среднечастотный спектр (1–6 ГГц) — баланс скорости и дальности (до 1 Гбит/с).*
- *Миллиметровый диапазон (24–100 ГГц) — обеспечивает сверхвысокую скорость (до 10 Гбит/с), но на короткие расстояния.*



# Инфраструктура общедоступной WAN

## Сотовая связь 5G

### Применение и проблемы 5G

Если посмотреть широко, то сама по себе технология 5G открывает множество новых возможностей. Это и подключение миллиарда устройств для умных городов, медицины, логистики и производства. Кажущиеся еще чем-то несбыточным и фантастическим, беспилотные автомобили, которым тоже нужен постоянный интернет, благодаря которому они смогут быстрее обмениваться данными, повышая безопасность. Да и в целом, умные даже не дома, а города, системы управления светофорами, мониторинг окружающей среды и интеллектуальное управление энергопотреблением. Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR), более качественный и плавный опыт в играх и профессиональных приложениях.

Но не смотря на все это у 5G есть **ряд проблем и определённых сложностей**:

- *во-первых, это стоимость инфраструктуры. Развертывание 5G требует установки множества вышек и оборудования. А все из-а того, что высокочастотные диапазоны (на которых строится «скорость 5G») имеют ограниченную дальность, что усложняет и удорожает их применение повсеместно, в той же сельской местности, например.*
- *во-вторых, это безопасность и конфиденциальность — новые технологии требуют более надежных механизмов защиты данных.*



Инфраструктура общедоступной WAN

# WiMAX и спутниковый интернет

В беспроводных технологиях для отправки и приема данных используются нелицензированные полосы радиочастот.

- **Спутниковый Интернет.** Обычно применяется в сельской местности, где недоступен доступ по каналу DSL или кабельной линии. Маршрутизатор подключается к спутниковой тарелке, которая направлена на спутник оператора связи. Деревья и сильные дожди могут повлиять на спутниковый сигнал.
- **Технология WiMAX** предлагает высокоскоростной широкополосный сервис с беспроводным доступом и обеспечивает широчайший охват, сравнимый с охватом сети мобильной телефонной связи, и не идущий ни в какое сравнение с охватом, предоставляемым посредством точек доступа небольших сетей Wi-Fi.

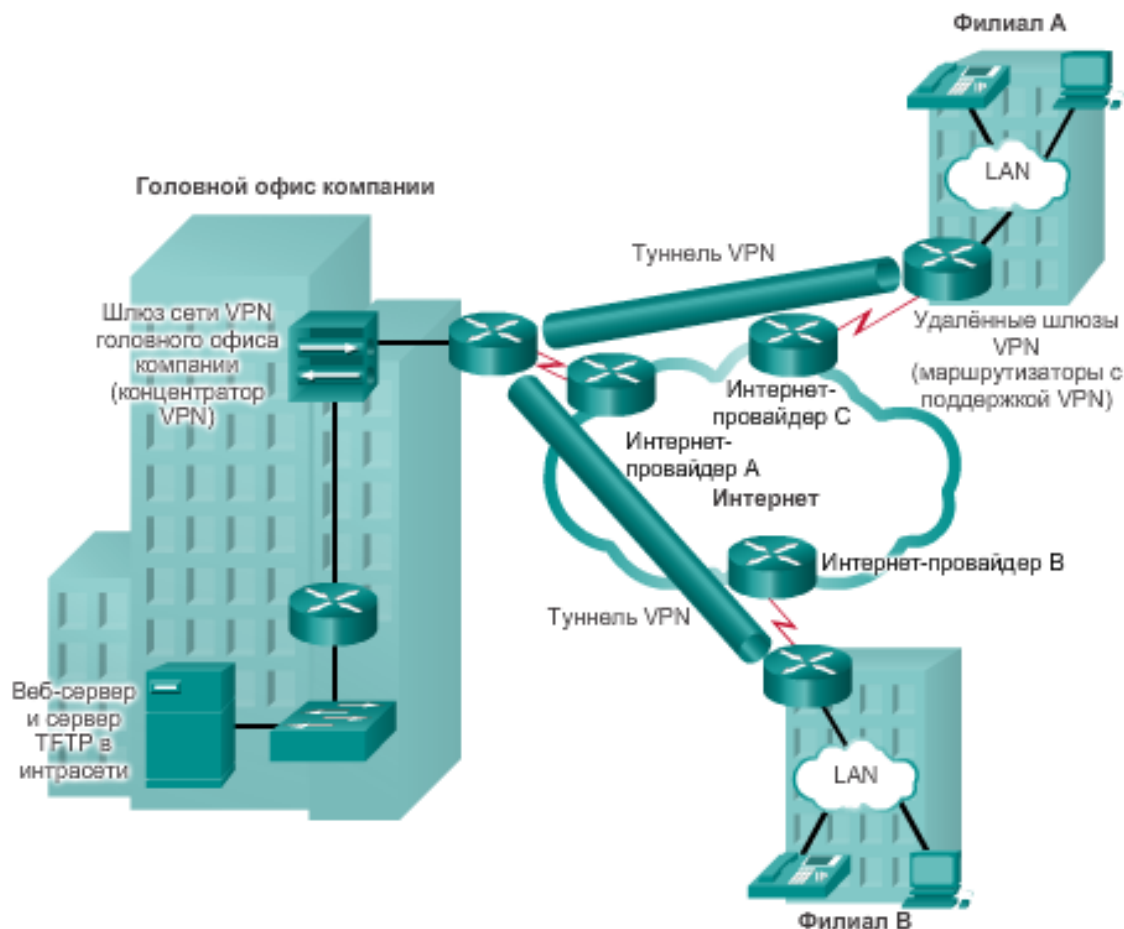
# Инфраструктура общедоступной WAN

## Технология VPN

VPN представляет собой **шифрованное подключение между частными сетями посредством общедоступной сети, например Интернета.**

В VPN используются **виртуальные подключения**, называемые туннелями VPN, которые прокладываются через Интернет из частной сети компании до удалённого узла или компьютера сотрудника.

Пример топологии межфилиальной сети VPN





## Инфраструктура общедоступной WAN Технология VPN

Конфигурация, при которой удаленные работники или офисы получают доступ к корпоративной сети WAN через широкополосное интернет-соединение, подразумевает определенные риски безопасности. VPN представляет собой зашифрованное подключение между частными сетями посредством общедоступной сети, например Интернета. VPN-туннели маршрутизируются через Интернет из частной сети компании на удаленный сайт или хост сотрудника.

### Преимущества VPN

- Таким образом, можно отказаться от дорогостоящих выделенных WAN-соединений и модемных банков.
- Протоколы шифрования и аутентификации защищают данные от несанкционированного доступа.
- **Масштабируемость.** Организации могут серьезно наращивать пропускную способность без значительного изменения инфраструктуры.
- **Совместимость с широкополосными технологиями.** Операторы связи предлагают широкополосный доступ с поддержкой VPN, включая DSL и кабельный доступ.

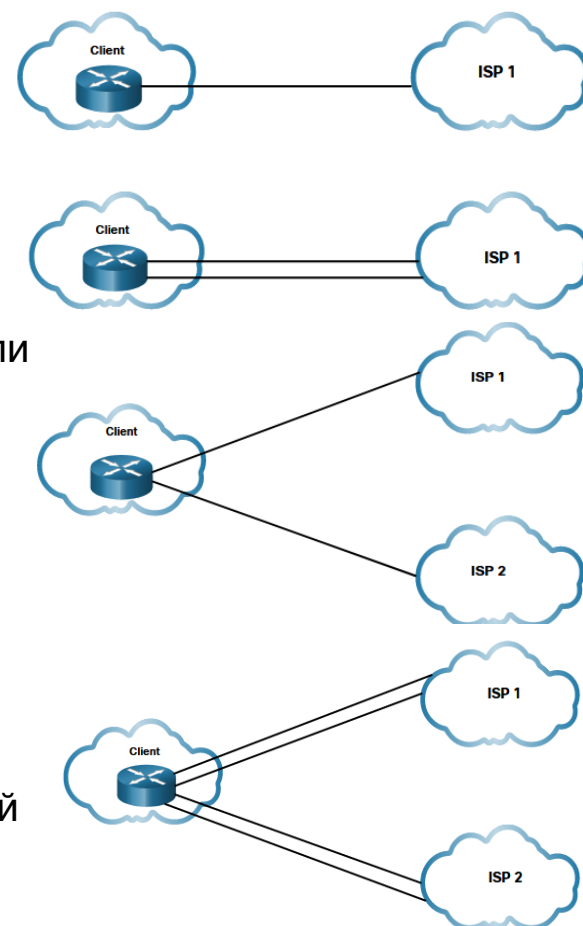
VPN обычно реализуются следующим образом:

- **Site-to-site VPN (от узла до узла)** — настройки VPN настраиваются на маршрутизаторах. Клиенты не знают, что их данные шифруются.
- **Удаленный доступ**- пользователь знает и инициирует подключение к удаленному доступу. Например, используя HTTPS в браузере для подключения к вашему банку. Кроме того, пользователь может запустить программное обеспечение VPN-клиента на своем хосте для подключения к конечному устройству и проверки подлинности с ним.

# Варианты подключения Интернет-провайдера

Существуют различные способы подключения организации к поставщику услуг Интернета. Выбор зависит от потребностей и бюджета организации.

- **Single homed** — одно подключение к поставщику услуг Интернета с использованием одного канала. Обеспечивает отсутствие избыточности и является наименее дорогостоящим решением.
- **Двойное подключение** - подключается к одному и тому же поставщику услуг Интернета, используя две ссылки. Обеспечивает как избыточность, так и балансировку нагрузки. Тем не менее организация теряет подключение к Интернету, если интернет-провайдер сталкивается с отключением.
- **Multihomed** - клиент подключается к двум различным интернет-провайдерам. Такая конструкция обеспечивает повышенную избыточность и обеспечивает балансировку нагрузки, но она может быть дорогостоящей.
- **Двойной multihomed** - это наиболее устойчивая топология из четырех показанных. Клиент подключается с избыточными ссылками к нескольким провайдерам Интернета. Эта топология обеспечивает максимально возможную избыточность. Это самый дорогой вариант из четырех.







## Интернет-подключение

# Сравнение широкополосных решений для подключения через Интернет

Каждое решение широкополосного доступа имеет свои преимущества и недостатки. При наличии нескольких широкополосных решений необходимо провести анализ соотношения затрат и преимуществ для определения оптимального решения.

К числу факторов, которые следует учитывать, относятся следующие:

- **Кабель-** пропускная способность разделяется многими пользователями. В часы пиковой нагрузки при чрезмерном количестве пользователей заметно снижается скорость передачи данных в восходящем направлении.
- **DSL.** Ограниченная пропускная способность, зависящая от расстояния (по отношению к центральному офису интернет-провайдера).
- **«Оптоволокно до дома».** Требуется прокладка оптоволоконного кабеля непосредственно до дома.
- **Сотовая/мобильная связь.** Во многих случаях покрытие может быть неравномерным даже в пределах одного малого или домашнего офиса, что приводит к снижению пропускной способности.
- **Городская сеть Wi-Fi.** В большинстве муниципалитетов не развернуты ячеистые сети. Если Wi-Fi доступен, то это жизнеспособный вариант.
- **Спутниковая связь.** Высокая стоимость, ограниченная пропускная способность на одного абонента. Обычно используется, когда нет другого варианта.



# Принципы маршрутизации



**Коммутация, маршрутизация и  
беспроводная связь**



# Принцип работы протоколов динамической маршрутизации

## Назначение протоколов динамической маршрутизации

- **Протоколы динамической маршрутизации используются для решения следующих задач:**
  - Обнаружение удаленных сетей;
  - Обновление данных маршрутизации;
  - Выбор оптимального пути к сетям назначения;
  - Поиск нового оптимального пути в случае, если текущий путь недоступен.
- **Преимущества динамической маршрутизации:**
  - По сравнению со статической маршрутизацией протоколы динамической маршрутизации требуют меньшего вмешательства со стороны администратора.
- **Недостатки динамической маршрутизации:**
  - Выделение части ресурсов маршрутизатора для работы протокола, включая ресурсы ЦП и пропускную способность сетевого канала.



# Назначение протоколов динамической маршрутизации

Протоколы динамической маршрутизации включают в себя следующие компоненты:

- **Структуры данных.** Как правило, для работы протоколов маршрутизации используются таблицы или базы данных. Данная информация хранится в ОЗУ.
- **Сообщения протокола маршрутизации.** Протоколы маршрутизации используют различные типы сообщений для обнаружения соседних маршрутизаторов, обмена информацией о маршрутах и выполнения других задач, связанных с получением актуальной информации о сети.
- **Алгоритм.** Протоколы маршрутизации используют алгоритмы, упрощающие обмен данных маршрутизации и определение оптимального пути.



## Принципы работы протоколов маршрутизации

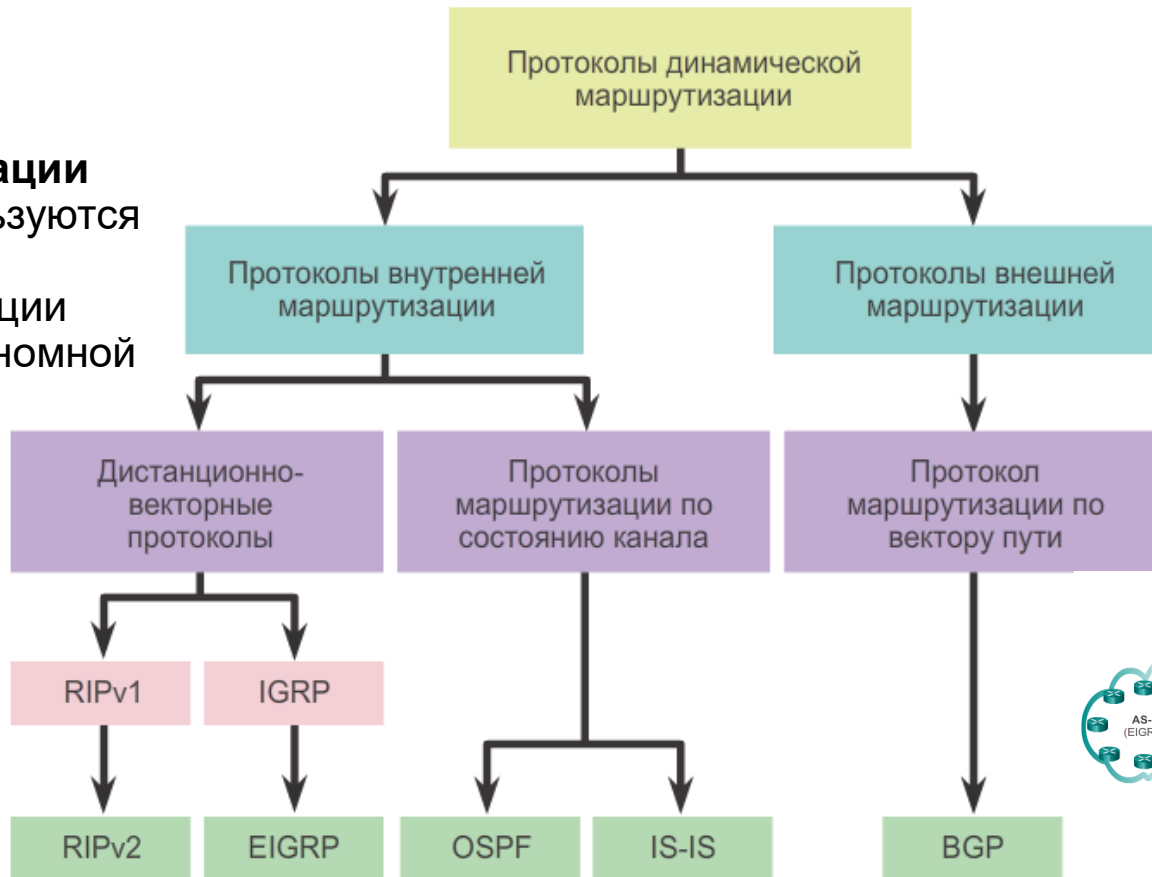
# Обеспечение сходимости

- **Сходимость сети** считается выполненной, когда все маршрутизаторы получили полные и точные данные обо всей сети.
- **Время сходимости** — это время, требующееся маршрутизатору для обмена данными, расчёта оптимальных путей и обновления таблиц маршрутизации.
- **Сеть не является полностью рабочей до момента полной сходимости.**

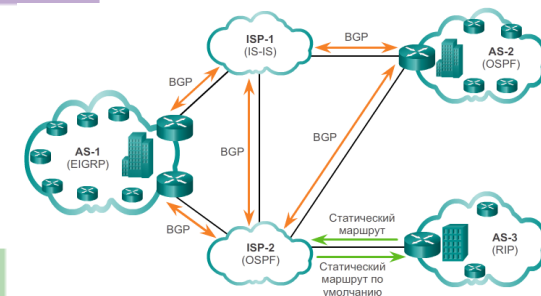
## Типы протоколов маршрутизации

# Классификация протоколов маршрутизации

**Протоколы внутренней маршрутизации (IGP)** используются для маршрутизации внутри автономной системы



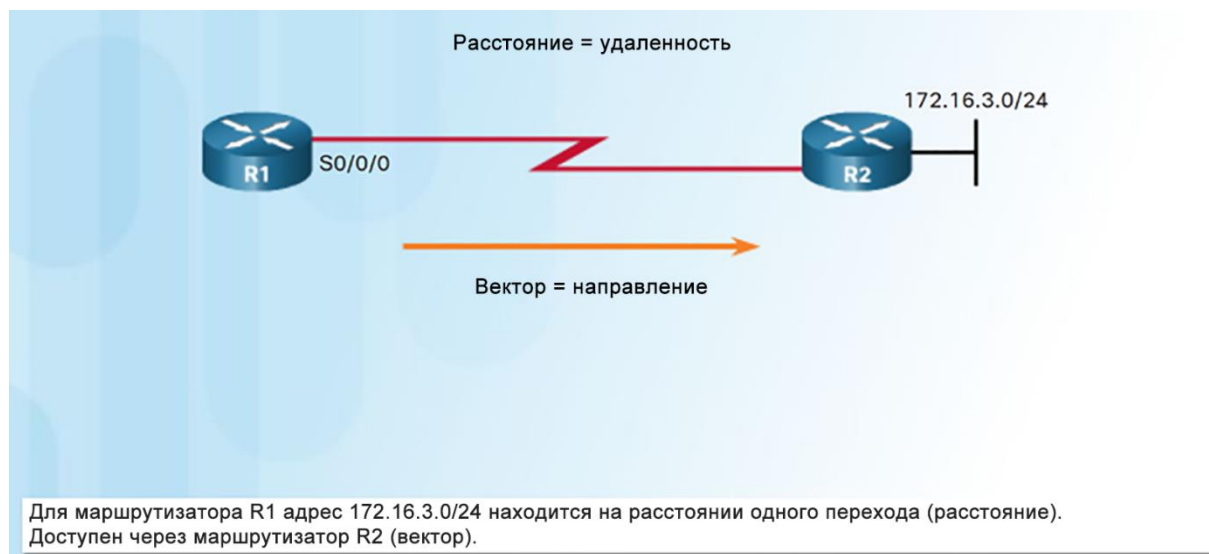
**Протоколы внешней маршрутизации (EGP)** используются для маршрутизации между автономными системами



**Автономная система (AS)** представляет собой систему маршрутизаторов, управляемых одним оператором, например, компанией или организацией.

# Протоколы маршрутизации на базе векторов

- «На базе векторов расстояния» означает, что маршруты объявляются путем указания двух характеристик:
  - Расстояние определяет удаленность сети назначения по таким метрикам, как число переходов, стоимость, пропускная способность, значение задержки.
  - Вектор определяет направление маршрутизатора следующего перехода или выходного интерфейса маршрута для доступа к адресу назначения.
- RIPv1 (устаревший), протокол RIPv2, принадлежащий компании Cisco протокол IGRP (устаревший), протокол EIGRP.

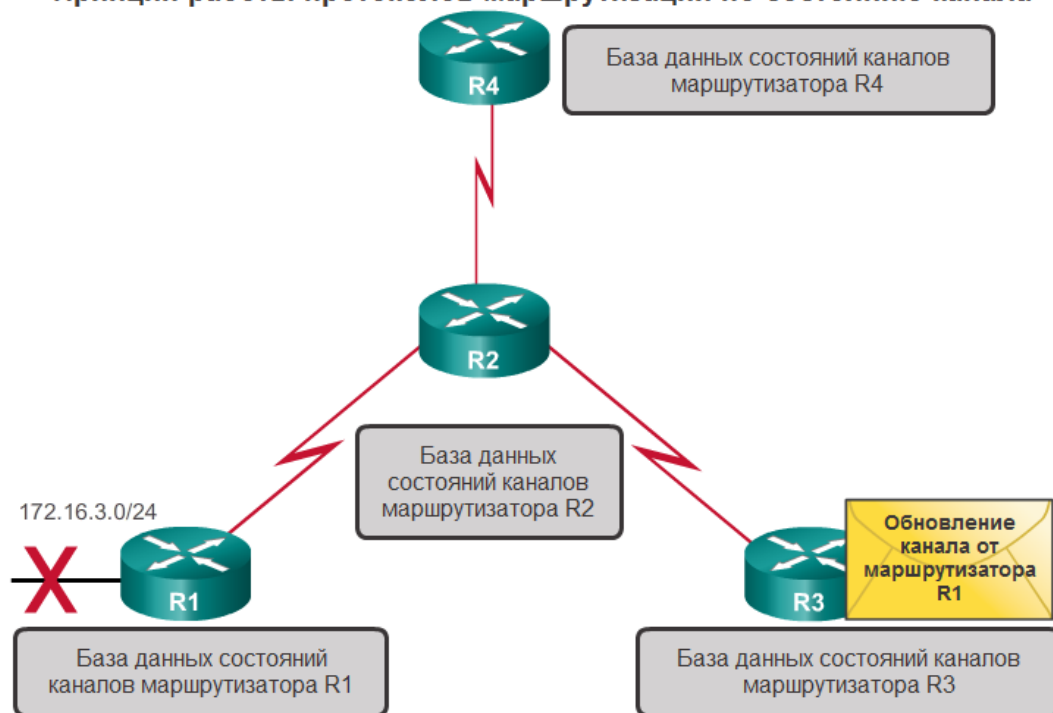




## Типы протоколов маршрутизации

# Протоколы маршрутизации по состоянию канала

Принцип работы протоколов маршрутизации по состоянию канала



Протоколы маршрутизации по состоянию канала пересылают обновления при изменении состояния канала.

- Маршрутизатор состояния канала использует данные о состоянии канала, полученные от других маршрутизаторов:

для создания карты топологии;  
для выбора оптимального пути ко всем сетям назначения в топологии.

- Протоколы маршрутизации по состоянию канала не используют регулярные обновления.

Обновления рассылаются только при изменении в топологии

- OSPF и IS-IS



## Типы протоколов маршрутизации

# Классовые и бесклассовые протоколы маршрутизации

- Классовые протоколы маршрутизации не содержат в своих обновлениях данные о маске подсети.
  - К классовым протоколам маршрутизации относятся только протоколы RIPv1 и IGRP,
  - созданные в то время, когда сетевые адреса выделялись с учётом класса (например класса А, В или С).
  - Эти протоколы не могут предоставлять маски подсети переменной длины (VLSM) и соответственно не могут использоваться в бесклассовой междоменной маршрутизации (CIDR).
- Бесклассовые протоколы маршрутизации включают в обновления маршрутизации данные о маске подсети.
  - К протоколам внутренней маршрутизации относятся протоколы RIPv2, EIGRP, OSPF и IS-IS.
  - Поддержка использования VLSM и CIDR.
  - Протоколы маршрутизации IPv6.



Типы протоколов маршрутизации

## Метрики протоколов маршрутизации

**Метрика** представляет собой измеряемое значение, которое назначается протоколом маршрутизации различным маршрутам с учётом полезности того или иного маршрута.

- Используется **для определения общей «стоимости»** пути от источника до места назначения.
- Протоколы маршрутизации **определяют оптимальный путь, исходя из маршрута с наименьшей стоимостью.**

Основные принципы работы протоколов на базе вектора расстояния

# Работа протокола динамической маршрутизации

Работу протокола динамической маршрутизации можно описать следующим образом:

Маршрутизатор отправляет и принимает сообщения маршрутизации на свои интерфейсы.

Маршрутизатор предоставляет общий доступ к сообщениям маршрутизации и данным о маршрутах для других маршрутизаторов, использующих тот же протокол маршрутизации.

Маршрутизаторы осуществляют обмен данными маршрутизации для получения информации об удалённых сетях.

Когда маршрутизатор обнаруживает изменение топологии, протокол маршрутизации может объявить это изменение другим маршрутизаторам.





## Основные принципы работы протоколов на базе вектора расстояния

# Пуск из обесточенного состояния

После успешной загрузки маршрутизатора он применяет сохраненную конфигурацию, а затем маршрутизатор выполняет первоначальное обнаружение сетей, которые подключены к нему напрямую.

Он добавляет IP-адреса этих подключенных напрямую интерфейсов в свою таблицу маршрутизации



Сеть	Интерфейс	Переход
10.1.0.0	Fa0/0	0
10.2.0.0	S0/0/0	0

Сеть	Интерфейс	Переход
10.2.0.0	S0/0/0	0
10.3.0.0	S0/0/1	0

Сеть	Интерфейс	Переход
10.3.0.0	S0/0/1	0
10.4.0.0	Fa0/0	0

# Основные принципы работы протоколов на базе вектора расстояния

## Обнаружение сетей (на примере протокола RIP)

Если настроен протокол маршрутизации, маршрутизатор осуществляет обмен обновлениями маршрутизации для получения информации обо всех удаленных маршрутах.

Маршрутизатор отправляет пакет обновления с информацией, приведенной в его таблице маршрутизации из всех интерфейсов.

Кроме того, маршрутизатор получает обновления от напрямую подключенных маршрутизаторов и добавляет новую информацию в свою таблицу маршрутизации.





Основные принципы работы протоколов на базе вектора расстояния

# Обмен данными маршрутизации (на примере протокола RIP)

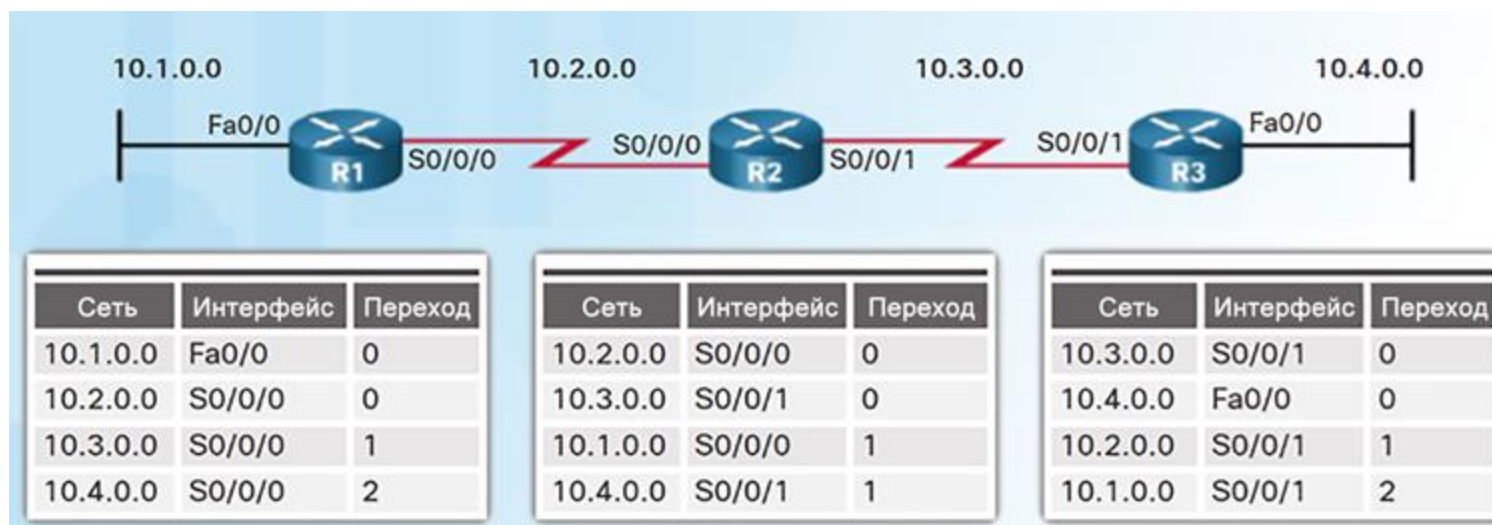
- Стремясь обеспечить конвергенцию, маршрутизаторы выполняют следующий раунд передачи периодических обновлений.
- Протоколы маршрутизации на базе векторов расстояния используют разделения горизонта для предотвращения петель.
- **Метод разделения горизонта** запрещает отправку данных из того же интерфейса, от которого они были получены.





Основные принципы работы протоколов на базе вектора расстояния

# Обеспечение конвергенции (на примере протокола RIP)



- Сеть сходится, когда все маршрутизаторы имеют полную и точную информацию обо всей сети.
- Время конвергенции — это время, необходимое маршрутизатору для обмена данными, расчета оптимальных путей и обновления таблиц маршрутизации.
- Протоколы маршрутизации могут оцениваться на основе скорости конвергенции: чем быстрее конвергенция, тем лучше протокол маршрутизации.



## Работа протокола маршрутизации на базе векторов расстояния

# Алгоритм на базе векторов расстояния



- Алгоритм на базе векторов расстояния определяет следующие процессы:
  - механизм отправки и получения данных маршрутизации;
  - механизм расчета оптимальных путей и добавления маршрутов в таблицу маршрутизации;
  - механизм обнаружения и реагирования на изменения в топологии.
- Протокол RIP использует алгоритм Беллмана-Форда в качестве алгоритма маршрутизации.
- Протоколы IGRP и EIGRP используют алгоритм маршрутизации DUAL (Diffusing Update Algorithm — алгоритм диффузного обновления).

# Протокол маршрутной информации (RIP)

- Протокол маршрутной информации (RIP)

Простота конфигурации

Широковещательная рассылка обновлений маршрутизации (255.255.255.255) выполняется каждые 30 секунд

Метрика — это количество переходов

Предельное число переходов — 15

- RIPv2

**Протокол бесклассовой маршрутизации.** Протокол поддерживает VLSM и CIDR

**Повышенная производительность.** Протокол отправляет обновления на групповой адрес 224.0.0.9

**Меньшее число записей маршрутизации.** Протокол поддерживает ручное объединение маршрутов

**Надежность.** Протокол поддерживает аутентификацию

Характеристики и свойства	RIPv1	RIPv2
Метрика	Оба протокола используют в качестве простой метрики число переходов. Максимальное число переходов составляет 15.	
Обновления, направленные на адрес	255.255.255.255	224.0.0.9
Поддержка VLSM	✗	✓
Поддержка CIDR	✗	✓
Поддержка суммирования	✗	✓
Поддержка аутентификации	✗	✓

- RIPng

- Версия протокола RIP с поддержкой IPv6
- Предельное число переходов составляет 15, а административное расстояние равно 120



## Типы протоколов маршрутизации на базе векторов расстояния

### Усовершенствованный протокол внутренней маршрутизации между шлюзами (EIGRP)

Характеристики и свойства	IGRP	EIGRP
Метрика	Оба протокола используют составную метрику, состоящую из значений пропускной способности и задержки. В расчете метрики также можно учитывать значения надежности и нагрузки.	
Обновления, направленные на адрес	255.255.255.255	224.0.0.10
Поддержка VLSM	✗	✓
Поддержка CIDR	✗	✓
Поддержка суммирования	✗	✓
Поддержка аутентификации	✗	✓

- Протокол EIGRP пришел на смену протокола IGRP в 1992 г. и имеет следующие функции:

**Ограниченные обновления по триггерам.** Протокол отправляет обновления только маршрутизаторам, которым они нужны.

**Механизм keepalive (Hello).** Протокол регулярно обменивается сообщениями приветствия для поддержания отношений смежности.

**Обработка таблицы топологии.** Обработка и сохранение всех маршрутов, принятых от соседних устройств (не только оптимальных путей), в таблице топологии.

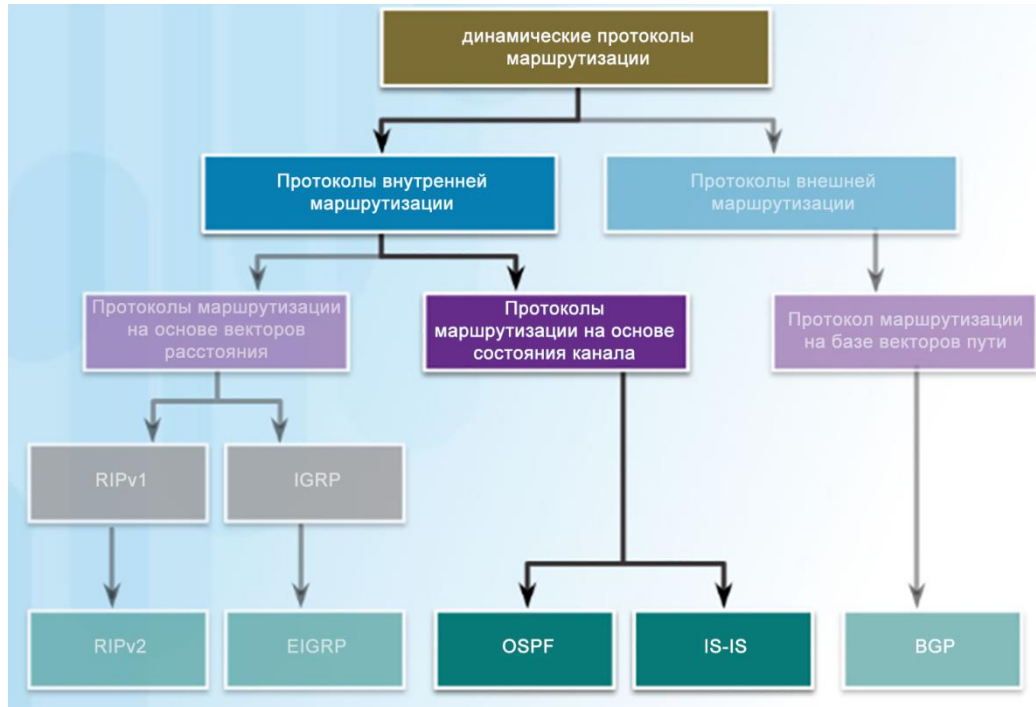
**Быстрая конвергенция.** Благодаря поддержке альтернативных маршрутов.

**Поддержка нескольких протоколов сетевого уровня.** Протокол использует зависимые модули протоколов (PDM) для поддержки протоколов уровня 3.



Принцип работы протоколов маршрутизации с учетом состояния канала

# Протоколы маршрутизации по кратчайшему пути



- Протоколы маршрутизации по состоянию канала также известны как протоколы маршрутизации по кратчайшему пути. Эти протоколы используют алгоритм маршрутизации кратчайшего пути (SPF) Эдсгера Дейкстры.

- Протоколы маршрутизации по состоянию канала IPv4:

Алгоритм выбора кратчайшего пути (OSPF)

OSPFv2 — OSPF для сетей IPv4,

OSPFv3 — OSPF для сетей IPv6.

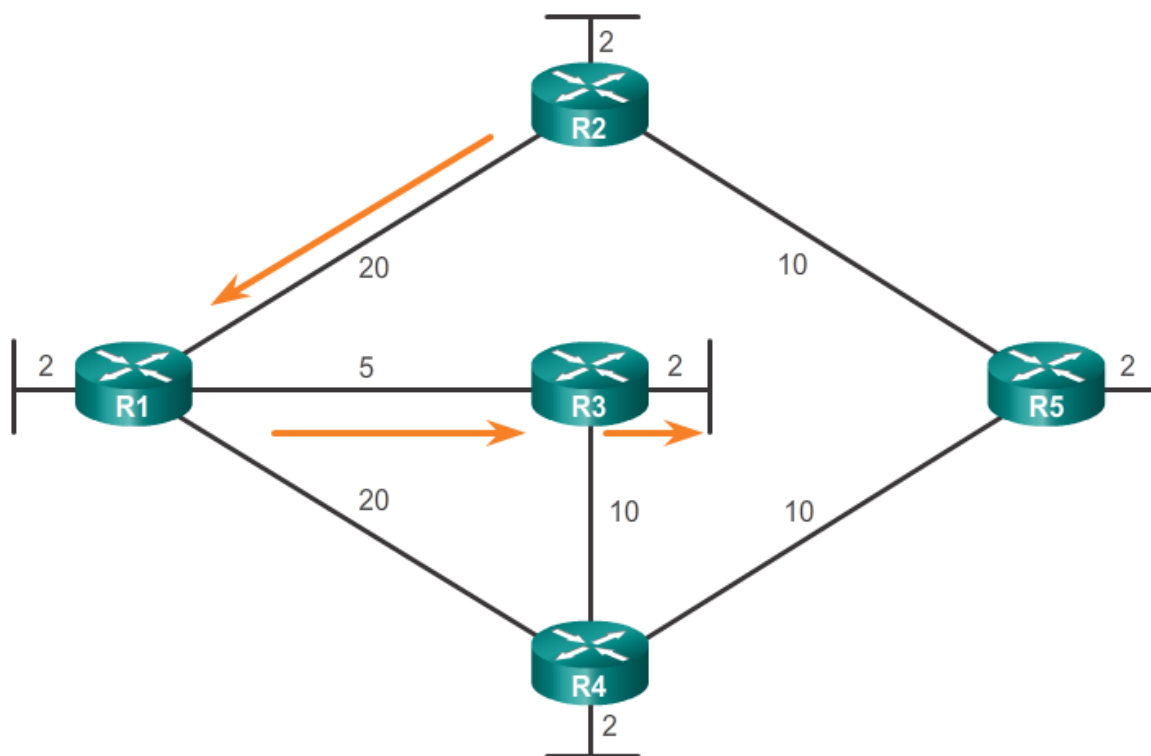
Протокол маршрутизации промежуточных систем (IS-IS)

# Принцип работы протокола маршрутизации с учетом состояния канала

## Алгоритм Дейкстры

### Алгоритм поиска кратчайшего пути Дейкстры

Кратчайший путь для узла в сети LAN маршрутизатора R2 для доступа к узлу в сети LAN маршрутизатора R3:  
от R2 до R1 (20) + от R1 до R3 (5) + от R3 до сети LAN (2) = 27



Все протоколы маршрутизации на основе состояния канала применяют для расчета оптимального маршрута алгоритм Дейкстры (который еще называют алгоритмом кратчайшего пути (SPF)):

Используется совокупная стоимость по каждому пути от начальной до конечной точки.

Каждый маршрутизатор определяет стоимость до каждой точки назначения в топологии.





Назначение протоколов маршрутизации по состоянию канала

## Для чего нужны протоколы маршрутизации по состоянию канала

### Преимущества протоколов маршрутизации по состоянию канала

- Каждый маршрутизатор выполняет построение собственной топологической карты сети, чтобы определить кратчайший путь.
- Немедленная лавинная рассылка пакетов состояния канала позволяет добиться более быстрой сходимости.
- Пакеты состояния канала отправляются только в случае изменений в топологии и содержат только данные об этом изменении.
- Иерархическая структура, используемая при внедрении структуры из нескольких зон.

### Недостатки по сравнению с дистанционно-векторными протоколами:

- Требования к объему памяти
- Требования к обработке
- Требования к пропускной способности





Обновления состояния канала

# Процесс маршрутизации по состоянию канала

- Каждый маршрутизатор получает сведения о каждой из своих непосредственно подключенных сетей
- Каждый маршрутизатор отвечает за отправку приветственных сообщений соседним устройствам в рамках напрямую подключенных сетей
- Каждый маршрутизатор создает пакет состояния канала (LSP), в котором содержатся данные о состоянии каждого из напрямую подключенных каналов
- Каждый маршрутизатор выполняет лавинную рассылку пакетов состояния канала всем соседним устройствам LSP, которые затем сохраняют полученные пакеты в базу данных LSP
- Каждый маршрутизатор использует базу данных для создания общей топологической схемы и рассчитывает оптимальный путь к каждой сети назначения

Примечание. Этот процесс одинаков для протоколов OSPF для IPv4 и протоколов OSPF для IPv6.