

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Севастопольский государственный университет»

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ СТАТИЧЕСКОЙ И
ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ПАКЕТОВ
В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ**

Методические указания
к лабораторной работе
по дисциплине

«Инфокоммуникационные системы и сети»

Для студентов, обучающихся по направлениям 09.03.02
«Информационные системы и технологии»
и 09.03.03 «Прикладная информатика»
по учебному плану подготовки бакалавров
дневной и заочной форм обучения

**Севастополь
2023**

УДК 004.732

Исследование способов статической и динамической маршрутизации пакетов в компьютерных сетях. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Инфокоммуникационные системы и сети» / Сост., В.С. Чернега. – Севастополь: Изд-во СевГУ, 2023 – 15 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Инфокоммуникационные системы и сети». Целью методических указаний является помощь студентам в исследовании статических и динамических способов маршрутизации пакетов в компьютерных сетях. Излагаются теоретические и практические сведения необходимые для выполнения лабораторной работы, требования к содержанию отчета.

Методические указания рассмотрены и утверждены на методическом семинаре и заседании кафедры информационных систем

Рецензент: Моисеев Д.В., д-р техн. наук, профессор кафедры ИТиКС

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Углубление теоретических знаний в области архитектуры компьютерных сетей, исследование способов статической и динамической маршрутизации, приобретение навыков составления сценариев конфигурации телекоммуникационного оборудования, а также моделирования локальных сетей в среде симулятора Cisco Packet Tracer.

2 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1 Виды маршрутизации в компьютерных сетях

Маршрутизация (Routing) — процесс определения наиболее эффективного маршрута (последовательности узлов) прохождения пакетов по сети. В компьютерных сетях маршрутизация осуществляется устройствами третьего уровня — маршрутизаторами называемыми также сетевыми шлюзами. Маршрутизатор имеет несколько (обычно 2-4) интерфейсов (портов), каждый из которых имеет свой MAC- и IP адрес. В принципе, маршрутизация может выполняться и компьютерами общего назначения при наличии двухпортовой сетевой карты и установке соответствующих программ.

Несмотря на то, что маршрутизатор функционирует на 3-м уровне модели OSI, т.е. анализирует заголовки IP-пакетов, он работает также на физическом и канальном уровнях. На физическом уровне интерфейс маршрутизатора усиливает и ограничивает принимаемые сигналы, стробирует и восстанавливает их форму и передает модулю канального уровня. На канальном уровне из потока битов составляется кадр данных, выполняется проверка на отсутствие ошибок и сравнивается MAC-адрес устройства назначения с аппаратным адресом интерфейса. При совпадении этих адресов инкапсулированный в кадр IP-пакет передается модулю сетевого уровня. Кроме этого, в маршрутизаторе также имеется программный модуль разрешения адресов, формирующий ARP-таблицу, в которую он записывает соответствие MAC- и IP-адресов и через какой интерфейс нужно передавать. ARP-таблица у каждого сетевого интерфейса своя.

Маршрутизация осуществляется в соответствии с протоколами маршрутизации, которые регламентируют процесс обмена служебной информацией между маршрутизаторами для формирования и поддержки таблиц маршрутизации, а также обновления записей в таблицах при возникновении изменений в сети. После подачи питания на маршрутизатор он сразу же начинает формировать таблицу маршрутизации. Но запись о возможных путях достижения существующих сетей маршрутизатор вначале может внести только о сетях, с которыми он связан напрямую (состояние C - connected).

При задании пути прохождения пакетов по инфокоммуникационной сети используются два вида маршрутизации: статическая и динамическая. При статической маршрутизации маршруты указываются администратором сети в процессе ручной конфигурации маршрутизаторов. Путь прохождения пакетов в процессе всего периода функционирования сети остается неизменным. Протоколы

маршрутизации при этом не используются. Статическая маршрутизация применяется обычно на небольших сетях, а также в целях дополнительного обеспечения безопасности. К достоинствам статической маршрутизации следует также отнести ее стабильность при наличии внешних угроз и минимизация использования аппаратных ресурсов маршрутизатора для обслуживания таблицы маршрутизации.

При динамической маршрутизации путь прохождения пакетов может изменяться, в зависимости от состояния сети. При этом маршрутизатор выбирает оптимальный путь из нескольких доступных путей. В процессе реализации динамической маршрутизации периодически осуществляется обмен маршрутной информацией между соседними маршрутизаторами, в ходе которого они сообщают друг другу, какие сети в данный момент доступны через них. Полученная информация обрабатывается маршрутизатором и помещается в таблицу маршрутизации. Динамическая маршрутизация осуществляется по стандартным правилам, определяемым протоколами маршрутизации.

Глобальная компьютерная сеть представляет собой объединение отдельных сетей, называемых автономными системами AS (*Autonomous System*), к которым относятся сети, управляемые одним или несколькими операторами, использующими единую политику маршрутизации. При этом отдельно регламентируется маршрутизация как внутри автономных систем, так и маршрутизация между автономными системами.

Протоколы для работы внутри автономных систем называют внутренними (внутридоменными) протоколами шлюзов IGP (*Interior Gateway Protocols*), а протоколы для работы между автономными системами — внешними (междоменными) протоколами шлюзов EGP (*Exterior Gateway Protocols*). К внутренним протоколам относятся RIP, RIP v2, IGRP, EIGRP, OSPF и IS-IS, а к внешним — протоколы EGP3 и BGP4.

Маршрутизатор выбирает оптимальный маршрут на основе некоторой метрики. В качестве метрики в протоколах маршрутизации наиболее часто используются пропускная способность (*Bandwidth*), задержка (*Delay*) — время прохождения пакета от источника до получателя, количество переходов (*Hop*) от маршрутизатора к маршрутизатору, через которые пакет должен пройти на пути к адресату назначения, стоимость (*Cost*) — обобщенный параметр затрат на передачу пакета к адресату назначения (часто, с целью упрощения, стоимость задается в виде величины, обратной пропускной способности).

Если от маршрутизатора к сети назначения существует много маршрутов, и все они используют один протокол маршрутизации, лучшим считается маршрут с минимальной метрикой. В случае использования в сети нескольких различных протоколов маршрутизации для выбора маршрута применяются административные расстояния, которые назначаются маршрутам операционной системой маршрутизатора.

Одним из важнейших качественных показателей компьютерной сети является сходимость (конвергенция). Под сходимостью сети понимают состояние сети, когда все маршрутизаторы будут иметь согласованную информацию о сетевых соединениях. Параметром сходимости является время сходимости (конвергенции), оцениваемое временем, которое требуется маршрутизаторам, чтобы осуще-

ствить обмен маршрутной информацией, вычислить лучшие пути и обновить свои таблицы маршрутизации после обрыва линий или других изменений в сети.

На время сходимости влияют ряд факторов:

- расстояние от маршрутизаторов до точки изменения в сети;
- число маршрутизаторов, использующих динамические протоколы;
- пропускная способность и загрузка каналов связи;
- загрузка маршрутизаторов.

При внутренней динамической маршрутизации используются два вида маршрутизации: дистанционно-векторная и маршрутизация на основе учета состояния линий связи.

2.2 Дистанционно-векторная маршрутизация

Дистанционно-векторная маршрутизация базируется на алгоритме Беллмана-Форда. В качестве метрики сети в самом простом случае используется количество переприемов (маршрутизаторов, хопов) на пути от источника до получателя. В соответствии с этим алгоритмом каждый маршрутизатор через фиксированные промежутки времени передает широковещательно соседним маршрутизаторам всю свою таблицу маршрутизации.

Соседний маршрутизатор, получая широковещательное сообщение, сравнивает маршрутизационную информацию со своей текущей таблицей маршрутов. В нее добавляются маршруты к новым сетям или маршруты к известным сетям с лучшей метрикой. Происходит удаление несуществующих маршрутов. Маршрутизатор добавляет свои собственные значения к метрикам полученных маршрутов. Новая таблица маршрутизации снова распространяется по соседним маршрутизаторам. Этот процесс схематично изображен на рисунке 2.1.

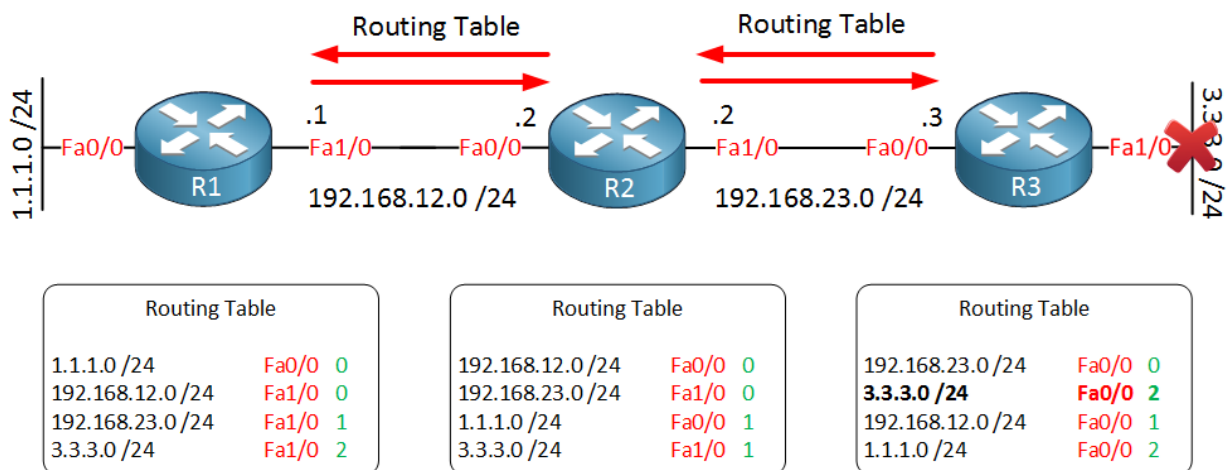


Рисунок 2.1 – Дистанционно-векторная маршрутизация

В каждой строке таблицы содержится IP-адрес сети, интерфейс, через который достижима эта сеть и метрика пути. При непосредственном подключении к сети метрика равно нулю.

К недостатку дистанционно-векторных алгоритмов относятся:

- сравнительно большое время конвергенции;
- алгоритмы хорошо работают только в относительно небольших компьютерных сетях в связи с тем, что максимальное количество переприемов ограничивается 15-ю;
- перегрузка сети широковещательным трафиком по причине регулярного (через каждые 30 с) обмена между маршрутизаторами векторами расстояний.

Самым распространенным представителем дистанционно-векторного алгоритма является открытый протокол маршрутной информации (*Routing Information Protocol*) и проприетарный (фирменный) протокол консорциума Cisco EIGRP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*).

Протокол первой версии **RIPv1** работает только с классовой адресацией, которая в настоящее время применяется весьма редко. Основное отличие протоколов в том, что **RIPv2** (в отличие от RIPv1) может работать с бесклассовой маршрутизацией, рассылая по групповому адресу 224.0.0.9 всем маршрутизаторам IP-адрес и маску сети каждого из маршрутов.

2.3 Протоколы маршрутизации на основе учета состояния линий

Коренное отличие протоколов маршрутизации с учетом состояния линий (каналов) от дистанционно-векторных протоколов состоит в следующем:

- 1) в типе информации, которой обмениваются маршрутизаторы: таблицы маршрутизации Distance-Vector и таблицы топологии Link State;
- 2) в процессе выбора лучшего маршрута;
- 3) в количестве информации о сети, которое хранит в памяти каждый маршрутизатор: Distance-Vector содержит данные только своих соседей, Link State имеет информацию обо всей сети;
- 4) рассылка обновления осуществляется только в случае появления изменений, а рассылка полного обновления таблицы состояния выполняется значительно реже (примерно один раз каждые 30 минут).

Протоколы учета состояния линий связи обеспечивают лучшую масштабируемость и сходимость по сравнению с дистанционно-векторными протоколами. Протокол базируется на алгоритме Дейкстры, который часто называют алгоритмом «кратчайший путь – первым» (*Shortest Path First – SPF*). Наиболее типичным представителем является протокол OSPF (*Open Shortest Path First*). Алгоритм работы протокола динамической маршрутизации OSPF основан на использовании всеми маршрутизаторами единой базы данных, описывающей, с какими сетями связан каждый маршрутизатор и какова метрика каждой связи.

Маршрутизатор с целью уменьшения размеров таблицы маршрутизации и соответственно времени сходимости (конвергенции), а также снижения нагрузки на центральный процессор строит полную базу данных состояний линий связи обычно не для всей сети, а для некоторой ограниченной области (зоны, англ. *area*). Каждый маршрутизатор затем самостоятельно реализует SPF-алгоритм с учетом базы данных состояний связи для определения лучшего пути, который за-

носятся в таблицу маршрутов. Эти пути к другим маршрутизаторам (сетям) образуют дерево с вершиной в точке данного локального маршрутизатора. Каждый маршрутизатор имеет собственное представление топологии общей зоны сети, но при этом все маршрутизаторы используют одну базу данных состояний канала для вычисления кратчайшего пути. Маршрутизаторы извещают о состоянии своих связей всем остальным маршрутизаторам только в своей зоне. Такое сообщение называется извещением о состоянии связи (*Link-State Advertisements, LSA*).

На начальном этапе поступающие LSA пакеты служат для построения базы данных состояний связи. После этого обновление маршрутов производится только при смене состояний связи или, если состояние не изменилось в течение определенного интервала времени. Если состояние связи изменилось, то в этот же момент отправляются пакеты обновления и выполняется частичное обновление таблиц маршрутизации. Сообщения LSA рассылаются всем соседним маршрутизаторам, а каждый маршрутизатор, получивший LSA, производит обновление своей базы данных топологии сети и производит дальнейшую рассылку LSA всем своим соседям. Пакеты обновления содержат не полную таблицу маршрутов, а только сведения о состоянии изменившихся связей. Сообщения LSA имеют порядковые номера, чтобы каждый маршрутизатор мог сравнить порядковый номер, поступившего LSA, с уже имеющимся в его базе данных, и при необходимости обновить ее. В протоколах маршрутизации с учетом состояния канала должно проводиться периодическое обновление записей таблицы топологии для актуализации имеющейся в ней информации. В протоколе OSPF по умолчанию интервал обновления информации таблицы топологии составляет 30 минут.

Протоколы учета состояния связей характеризуются более быстрой сходимостью и лучшим использованием пропускной способности (полосы пропускания) по сравнению с дистанционно-векторными протоколами, возможность балансировки загрузки. К основным недостаткам протоколов следует отнести повышенные требования к вычислительной производительности маршрутизаторов и сравнительно сложное администрирование.

Алгоритм динамической маршрутизации SPF реализован в протоколе OSPF. Это динамический, иерархический протокол состояния связи, используемый для маршрутизации внутри автономных систем. Он базируется на открытых стандартах и был разработан для замены протокола RIP. Кратчайший путь в сети вычисляется по алгоритму Дейкстры. Протокол OSPF может быть настроен на всех типах маршрутизаторов, а также на всех коммутаторах 3-го уровня.

Для уменьшения служебного трафика при рассылке LSA-пакетов выделяется так называемый назначенный маршрутизатор (*Designated Router, DR*). Каждый маршрутизатор сети устанавливает отношения соседства с DR. При обнаружении одним из маршрутизаторов изменения в сети, он отправляет сообщение об этом событии только выделенному маршрутизатору DR по адресу 224.0.0.6, а DR затем рассылает эту информацию по групповому адресу 224.0.0.5 всем остальным маршрутизаторам сети. Маршрутизатор, на котором активизирован протокол OSPF, автоматически становится членом группы многоадресной рассылки с адресом 224.0.0.5 и начинает рассылать и получать групповые сообщения OSPF. С це-

лью повышения надежности сети выделяется также резервный назначенный маршрутизатор (*Backup Designated Router, BDR*), адрес которого совпадает с адресом DR, т.е. 224.0.0.6. DR и BDR должны иметь полноценное физическое подключение ко всем маршрутизаторам зоны.

Протоколом OSPF предписано в каждом маршрутизаторе создавать 3 таблицы:

Таблица смежности или **таблица соседей** (*Adjacency table*) — содержит список соседей и информацию о состоянии всех непосредственно подключенных соседних OSPF маршрутизаторов.

Топологическая таблица (*Link State Data Base, LSDB*) — хранит сведения о состоянии всех сетей, маршрутизаторов и их активных интерфейсах в пределах зоны OSPF. Причем все маршрутизаторы одной зоны должны иметь одинаковую таблицу.

Таблица маршрутизации (*Route table*) — создается по алгоритму SPF на основе информации из топологической таблицы.

После включения маршрутизатора, настроенного на работу с OSPF, он начинает процесс изучения окружения, проходя несколько фаз инициализации. В начале маршрутизатор отправляет через каждые 10 с Hello-сообщения для определения своих соседей и создания отношений для обмена обновлением маршрутной информацией с ними. Каждый маршрутизатор в результате обмена приветственными сообщениями создает локальную **таблицу соседей**. После завершения установки соседских отношений между смежными OSPF маршрутизаторами начинается обмен топологической информацией. Результатом обмена информацией об элементах топологии является **таблица топологии**. Затем маршрутизаторы запускают процедуру расчета кратчайших путей по алгоритму SPF и формируют **таблицы маршрутизации**.

Для транспортировки пакетов OSPF по сети они инкапсулируются непосредственно в IP-пакеты с указанием номера (89) на протокол последующей обработки.

2.4 Особенности конфигурации телекоммуникационного оборудования при использовании динамической маршрутизации

Для задания динамической маршрутизации используются **две основные команды: router и network**. Команда **router** **активирует процесс маршрутизации** и имеет следующий формат:

```
Router(config)# router protocol PROCESS_NUMBER
```

где **protocol** — любой из протоколов маршрутизации: RIP, RIP2, IGRP, OSPF и т.п., **PROCESS_NUMBER** — номер процесса (может быть любой, можно оставлять без номера).

При задании **дистанционно-векторной маршрутизации** необходимо **активировать протокол RIP или RIP2**. Для настройки протокола RIP на Cisco требуется выполнить следующие действия:

1) **Включить RIP2** на маршрутизаторе Cisco путем задания команды:

```
Router(config)#router rip
```

```
Router(config-router)#version 2
```

2) **Объявить сети, которые будет извещать (анонсировать) маршрутизатор** (т.е. указать адреса сетей, которые подключены ко всем его интерфейсам).

Рассмотрим задания динамической векторной маршрутизации на примере следующей сети (рисунок 2.2).

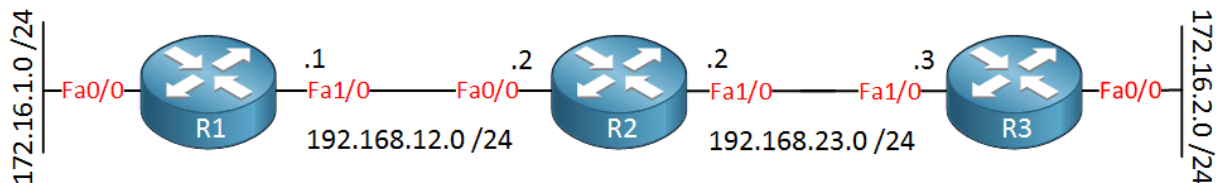


Рисунок 2.2 – Сеть на основе трех маршрутизаторов

Вначале нужно произвести **конфигурацию оборудования**, т.е. задать IP-адреса интерфейсам маршрутизаторов. При выполнении этой процедуры через интерфейс командной строки сценарий конфигурации R1 выглядит следующим образом:

```
R1>enable
R1#configure terminal
R1(config)#interface fastEthernet 0/0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface fastEthernet 1/0
R1(config-if)#ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
```

Сценарий настройки RIP на маршрутизаторе R1 имеет вид:

```
R1(config)#router rip
Router(config-router)#version 2
R1(config-router)#network 192.168.12.0
R1(config-router)#network 172.16.1.0
```

Аналогичным образом выполняется конфигурация всех маршрутизаторов.

Проверку таблицы маршрутизации можно выполнить с помощью команд **show ip route** или **show ip route rip** (обратите внимание, чем отличаются результаты при выполнении одной и другой команды).

```
R2# show ip route rip
```

В результате получим:

```
R 172.16.0.0/16 [120/1] via 192.168.12.1, 00:00:21, FastEthernet 0/0
```

При реализации **динамической маршрутизации с учетом состояния линий** нужно на каждом маршрутизаторе запустить протокол OSPF. Этот процесс осуществляется по команде **router ospf номер-процесса**. Параметр *номер-процесса* должен быть одинаков на всех маршрутизаторах зоны (области) маршрутизации. Чаще всего этот номер устанавливают равным 1.

Для указания сетей, непосредственно подключенных к интерфейсам маршрутизатора, используется команда **network area**. Синтаксис команды network area для протокола OSPF имеет вид:

```
(config-router)# network network-address [wildcard-mask] area area-id
```

```
(config-router)# no network network-addressr [wildcard-mask] area area-id
```

Здесь *network-address* – IP-адрес сети, подключенной к интерфейсу маршрутизатора и участвующей в процессе маршрутизации OSPF; *wildcard-mask* – обратная маска, которая указывает с помощью 0, какая часть из указанной сети должна совпадать, а с помощью 1 какая часть сети может быть произвольной; *area-id* – номер зоны OSPF, в которой будет работать интерфейс маршрутизатора. Обычно номер зоны для малых сетей принимается равным 0.

Информация об указанной в команде сети будет передаваться другим маршрутизаторам (при условии, что на маршрутизаторе есть рабочий интерфейс в данной сети). Через интерфейс, находящийся в этой сети маршрутизатор начинает общаться с соседями. Таким образом, необходимо описать на каждом маршрутизаторе все сети, **непосредственно** подключенные к его интерфейсам.

Для просмотра информации о OSPF маршрутизации применяется команда **show ip ospf interface**, в результате которой для каждого интерфейса выводится вся OSPF информация: IP адрес, область, номер процесса, идентификатор маршрутизатора, стоимость, приоритет, тип сети, интервалы таймера.

По команде **show ip ospf neighbor** выводится важная информация, касающаяся состояния соседей. Вид таблицы изображен на рисунке 2.2.

```
R2#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.0.1	1	FULL/BDR	00:00:37	192.168.0.1	FastEthernet0/0
192.168.3.1	1	FULL/BDR	00:00:37	192.168.1.3	FastEthernet0/1

Рисунок 2.2 – Вид таблицы состояния соседей

Neighbor ID – идентификатор соседей (обычно это наибольший из адресов интерфейсов или loopback интерфейсов, при их наличии). Поле **Pri** указывает приоритет соседнего маршрутизатора. Маршрутизатор с наивысшим приоритетом

становится назначенным маршрутизатором **DR** (Designated Router). Если приоритеты одинаковы, то маршрутизатор с самым высоким идентификатором становится назначенным. По умолчанию приоритеты устанавливаются в 1. Состояние **FULL/BDR** показывает, что установлена полная смежность с резервным назначенным маршрутизатором, т.е., когда маршрутизатор имеет в своей базе данных состояний соединений синхронизированные данные; если отображается состояние **2WAY/DROTHER**, то это указывает состояние между обычными соседями. **Dead Time** (мертвое время) — интервал времени, по прохождению которого, сосед считается недоступным, если не было Hello. Если маршрутизатор не получает ни одного пакета в течении Dead-интервала, то считается, что сосед пропал и отношения разрываются, что влечёт за собой потерю связи, отправку LSU, пересчёт топологии и т.д. **Address** — адрес интерфейса удалённой стороны, через который установлено соседство.

Интерфейс **loopback** — это логический интерфейс внутри маршрутизатора. Он не назначается физическому порту, поэтому его нельзя подключить к другому устройству. Он является программным интерфейсом, который автоматически переводится в состояние **up** (активен) во время работы маршрутизатора. Этот интерфейс нужен для формирования идентификатора маршрутизатора (Router ID). Его адрес присваивается идентификатору Router ID.

Важно: на маршрутизаторе можно активировать несколько интерфейсов loopback. IPv4-адрес для каждого интерфейса loopback должен быть уникальным и не должен быть задействован другим интерфейсом.

Если настроен один loopback-интерфейс, то адрес, присвоенный loopback-интерфейсу, будет идентификатором Router ID. Если же задано несколько loopback-интерфейсов с различными IP-адресами в каждом, то наибольший IP-адрес, назначенный любому из loopback-интерфейсов, будет присвоен Router ID.

Сценарий настройки loopback интерфейса имеет вид:

```
R1>en // Переходим в привилегированный режим EXEC
```

```
R1#conf t // Переходим в режим глобальной конфигурации
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
R1(config)#interface Serial1/0 // Выбираем интерфейс для дальнейшей настройки
```

```
R1(config-if)#interface loopback 0 // Включаем интерфейс
```

```
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0 // Назначаем loopback адрес
```

```
R1(config-if)#exit // Выходим из режима конфигурации интерфейса
```

Командой **show ip protocols** можно посмотреть с какими параметрами работает протокол OSPF.

При необходимости внесения некоторых изменений в конфигурацию процесса маршрутизации OSPF, требуется производить перезапуск всего процесса маршрутизации. Для этого применяется команда **clear ip ospf**.

3 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В качестве лабораторной установки используется персональный компьютер с установленной программой Packet Tracer, позволяющей осуществлять моделирование компьютерных сетей, построенных на оборудовании корпорации Cisco. Подробно описание пакета моделирования и работы с ним изучалось ранее и приведено в лабораторной работе №1.

Объектом исследования являются сети, схемы которых изображены на рисунках 5.1 и 5.2.

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Пусть требуется построить сеть, изображенную на рисунке 5.1. Выполнить статическую маршрутизацию и проверить взаимным пингованием достижимость PC0 и PC1. Сетевые адреса телекоммуникационного оборудования приведены на рисунке 4.1. Статическую адресацию можно задать путем использования графического интерфейса или с использованием интерфейса командной строки (рекомендуется).

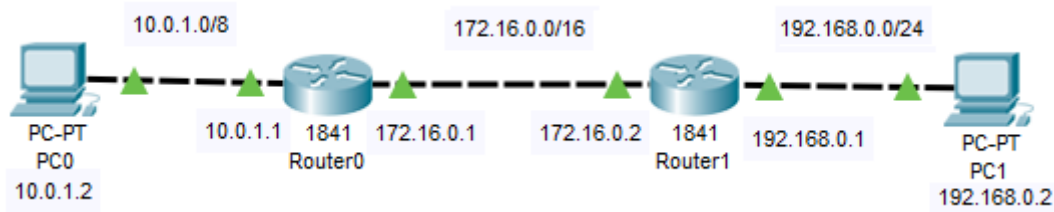


Рисунок 4.1 – Схема фрагмента сети с двумя маршрутизаторами

Задания статической адресации маршрутизатору Router1 с использованием интерфейса командной строки может быть выполнено следующим образом:

```
Router>en
Router#configure terminal
Router(config)#hostname Router1
Router1(config)#ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 176.16.0.1
Router1(config)#exit
Router1#
```

Аналогично осуществляется конфигурация Router0 с указанием сети назначения 192.168.0.0 через интерфейс 172.16.0.2.

Используя инструмент системы Packet Tracer, исследовать сформированные таблицы маршрутизации в обоих маршрутизаторах. После этого нужно путем очередного пингования убедиться в доступности удаленных компьютеров.

Рассмотрим пример динамической маршрутизации сети, изображенной на рисунке 5.1, с использованием протокола учета состояния линий OSPF. При построении сети с использованием динамической маршрутизации на основе прото-

кола OSPF после задания сетевых адресов и сетевых масок всем интерфейсам телекоммуникационных устройств, а также адреса шлюза (Gateway) следует осуществить настройку маршрутизаторов для выполнения ими динамической маршрутизации по протоколу OSPF.

Конфигурация маршрутизатора Router0 выполняется следующим образом:

```
Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname Router0
Router0(config)#router ospf 1
Router0(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
Router0(config-router)#network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 0
Router0(config-router)#exit
Router0(config)#
```

Аналогично выполняется конфигурация маршрутизатора Router1. Затем нужно произвести проверку путем взаимного пингования функционирование сети и исследовать таблицы маршрутизации, созданные в результате реализации протокола OSPF. Определить параметры протокола OSPF можно с помощью команд show ip ospf interface, show ip ospf database и debug ip ospf events.

5 ПРОГРАММА РАБОТЫ

5.1. Повторить теоретический материал по темам: «Маршрутизация пакетов в компьютерных сетях».

5.2. В программе Cisco Packet Tracer **построить сеть**, изображенную на рисунке 5.1. Выполнить **статическую маршрутизацию**, просмотреть созданные таблицы маршрутизации и **проверить взаимным пингованием достижимость PC0 и PC1**. Сетевые адреса приведены на рисунке 5.1.

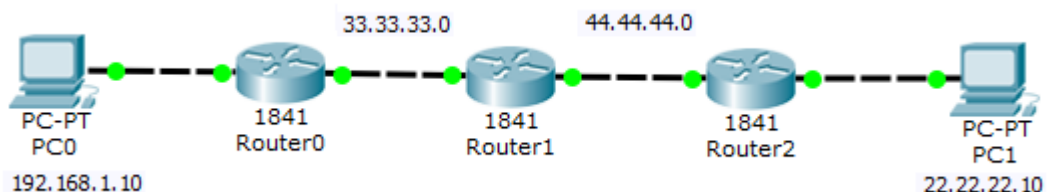


Рисунок 5.1 – Топология исследуемой сети

5.3. **Исследовать последовательности обмена пакетами** в сети в **реальном режиме** и **режиме симуляции** путем **анализа заголовков пакетов**, передаваемых в процессе пингования.

5.4. Выполнить **настройку телекоммуникационного оборудования** сети, изображенной на рисунке 5.1, для **реализации динамической маршрутизации** на

основании протокола RIP2. При этом конфигурацию следует производить с интерфейса командной строки CLI, т.к. в графическом интерфейсе не предусмотрена возможность задавать маску сети переменной длины. Проверить функционирование сети, исследовать таблицы маршрутизации каждого из роутеров и сравнить их с таблицами, созданными в процессе статической маршрутизации.

5.5. В эмуляторе Cisco Packet Tracer построить сеть, состоящую из четырех подсетей, схема которой изображена на рисунке 5.2. Настроить динамическую маршрутизацию, реализуемую с помощью протокола OSPF, и обеспечить возможность взаимодействия сетевых компьютеров, входящих в подсети PC0-PC1, PC2-PC3, PC4-PC5 и PC6-PC7, между собой. Адреса сетевым компьютерам присвоить следующим образом: $192.168.Mi.(1+N)$, где i – номер подсети; M – предпоследняя цифра номера зачетной книжки, а N – последняя цифра номера зачетной книжки.

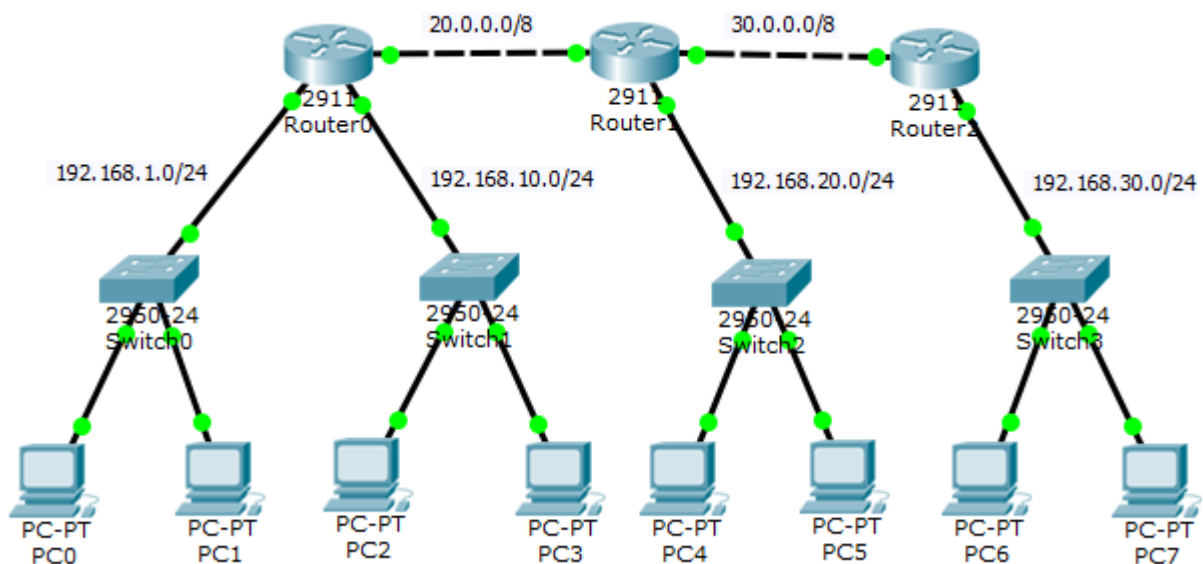


Рисунок 5.2 – Схема сети для исследования динамической маршрутизации на основе протокола OSPF

5.6. Просмотреть содержимое таблицы IP маршрутизации с помощью команды `show ip route`.

5.7. На каждом компьютере выполнить команду `ping` и трассировки `tracert` других компьютеров;

5.8. Исследовать параметры протокола OSPF с помощью команд `show ip ospf interface`, `show ip ospf database` и `debug ip ospf events`.

5.9. Сделать выводы по работе.

6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

6.1 Титульный лист.

6.2 Исходные данные в соответствии с индивидуальным вариантом.

- 6.3 Описание всех использованных команд.
- 6.4 Скриншоты топологии, реализованных настроек строк и результатов исследования функционирования сети.
- 6.5 Выводы.

7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1 Что такое автономная система?
- 7.2 Что такое метрика связи и как она определяется?
- 7.3 Что такое зона сети, для чего и в каких протоколах она используется?
- 7.4 Какие протоколы относятся к внутренним, а какие к внешним?
- 7.5 Какие существуют классы протоколов динамической маршрутизации?
- 7.6 Объясните работу дистанционно-векторных протоколов.
- 7.7 Каковы недостатки протокола RIPv.1 и в чем состоит отличие протокола RIPv.2 от RIPv.1?
- 7.8 Объясните работу протоколов состояния связи.
- 7.9 В чём преимущества и недостатки дистанционно-векторных протоколов и протоколов состояния связи?
- 7.10 Как узнать, какие протоколы маршрутизации запущены на маршрутизаторе?
- 7.11 Что такое loopback интерфейс и какова его роль в OSPF маршрутизации?
- 7.12 Перечислите основные этапы конфигурации маршрутизатора при задании статической и динамической маршрутизации.
- 7.13 Опишите процесс функционирования протокола OSPF.
- 7.14 Как на маршрутизаторе запустить и настроить протокол маршрутизации OSPF?
- 7.15 Что такое «назначенный маршрутизатор» и каковы его функции? С какой целью вводится резервный назначенный маршрутизатор?
- 7.16 Как выявлять ошибки настройке динамической маршрутизации?
- 7.17 Как в Packet Tracer просмотреть таблицу маршрутизации? Какую информацию из нее можно получить?

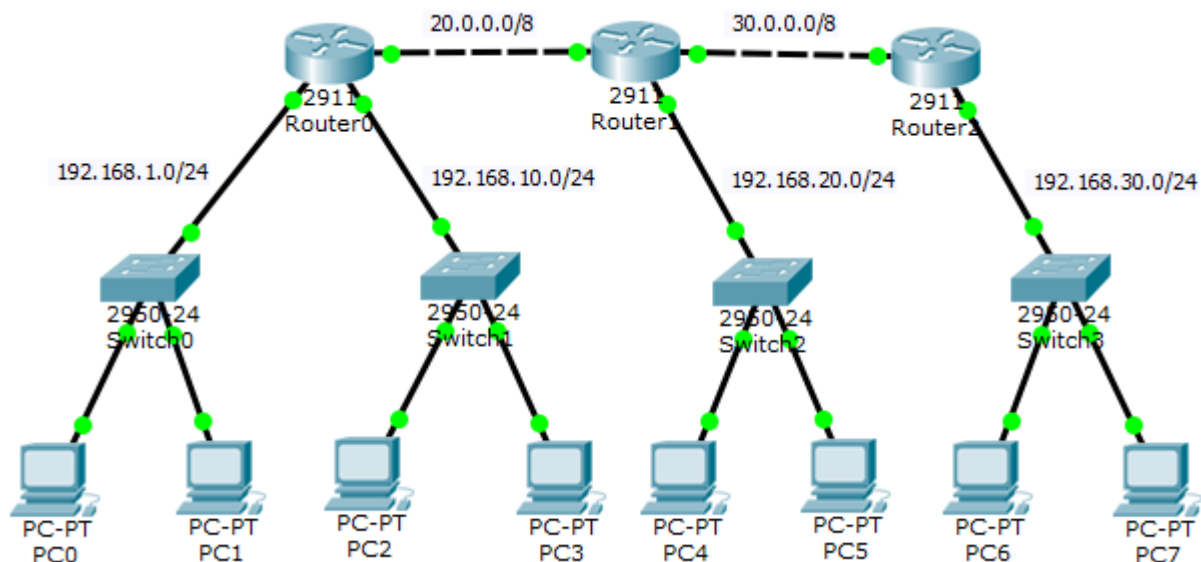
Библиографический список

1. Дибров М.В. Сети и телекоммуникации. Маршрутизация в IP–сетях. В 2 ч. Часть 2: учебник и практикум для академического бакалавриата / М.В. Дибров. – М.: Изд-во Юрайт, 2019. – 351 с. <https://bibli-online.ru/book/seti-i-telekommunikacii-marshrutizaciya-v-ip-setyah-v-2-ch-chast-2-437865>
2. Сети и телекоммуникации: учебник и практикум для академического бакалавриата / Под ред. К.Е. Самуйлова, И.А. Шалимова, Д.С. Кулябова. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 363 с.

<https://biblio-online.ru/book/seti-i-telekommunikacii-432824>

3. Чернега В.С. Компьютерные сети / В.С. Чернега, Б. Платтнер. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. — 500 с.
4. Динамическая маршрутизация на протоколах RIP и EIGRP. <https://intuit.ru/studies/courses/3549/791/lecture/29224>

Приложение



Просмотр содержимого LSDB маршрутизатора R1 (рис.5.2).

```
Router1#sh ip ospf database
      OSPF Router with ID (192.168.20.1) (Process ID 1)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
192.168.30.1   192.168.30.1   214         0x80000004   0x006602  2
192.168.20.1   192.168.20.1   214         0x80000006   0x00ae9a  3
192.168.10.1   192.168.10.1   214         0x80000004   0x000ab8  2

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
30.0.0.2       192.168.30.1   214         0x80000001   0x0024a8
20.0.0.2       192.168.20.1   214         0x80000001   0x00826f
Router1#
```

1. Первая строка, вывод которой в виде заголовка. Говорят следующее: "Ты смотришь LSDB процесса OSPF с номером 1"
2. Вторая строка говорит о том, что вывод ниже предназначен для LSA которая называется Router LSA и находится в области 0.
3. Третья строчка. В ней есть несколько столбцов.

3.1. Link ID - Этот столбец говорит о том, какую вершину (Маршрутизатор) описывает эта LSA. А идентификатором маршрутизатора в OSPF домене является RID.

3.2. ADV Router - Тут мы видим RID маршрутизатора который эту LSA породил.

3.3. Age - Возраст. Время жизни LSA. У каждой LSA хранящийся в LSDB есть MaxAge. MaxAge - это 3600 секунд, по достижению которых LSA становится не валидной. Если топологическая информация содержащаяся в этой LSA не валидная, то значит, что и граф уже не соответствует действительности. Поэтому при достижении возраста LSA равным MaxAge происходит перерасчет SPF уже без учета данных из этой LSA.

Просмотр содержимого LSA

```
Router1#show ip ospf database router
OSPF Router with ID (192.168.20.1) (Process ID 1)
Router Link States (Area 0)
```

```
LS age: 1545
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 192.168.30.1
Advertising Router: 192.168.30.1
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x6602
Length: 48
Number of Links: 2
```

```
Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.30.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1
```

```
Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 30.0.0.2
(Link Data) Router Interface address: 30.0.0.2
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1
```

```
LS age: 1545
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 192.168.20.1
Advertising Router: 192.168.20.1
LS Seq Number: 80000006
Checksum: 0xae9a
Length: 60
```

Number of Links: 3

Link connected to: a Transit Network

(Link ID) Designated Router address: 20.0.0.2

(Link Data) Router Interface address: 20.0.0.2

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network

(Link ID) Designated Router address: 30.0.0.2

(Link Data) Router Interface address: 30.0.0.1

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 192.168.20.0

(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

LS age: 1545

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: Router Links

Link State ID: 192.168.10.1

Advertising Router: 192.168.10.1

LS Seq Number: 80000004

Checksum: 0x0ab8

Length: 48

Number of Links: 2

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 192.168.1.0

(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network

(Link ID) Designated Router address: 20.0.0.2

(Link Data) Router Interface address: 20.0.0.1

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

Router1#