

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.

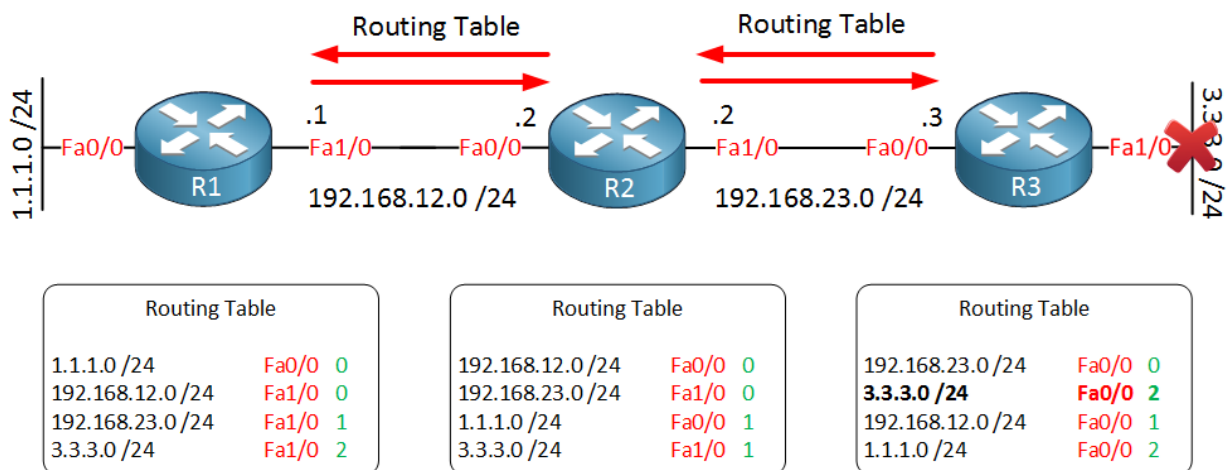


Рисунок 2.1 – Дистанционно-векторная маршрутизация

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).

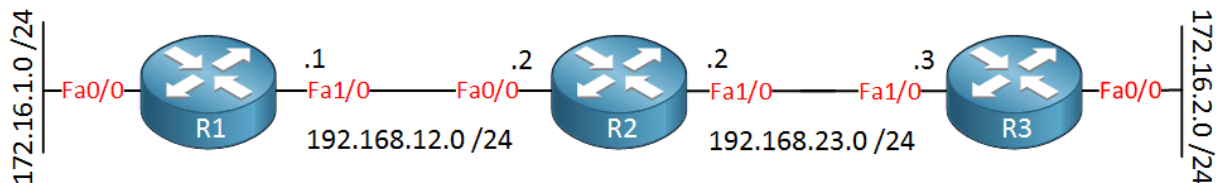


Рисунок 2.2 – Сеть на основе трех маршрутизаторов

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).

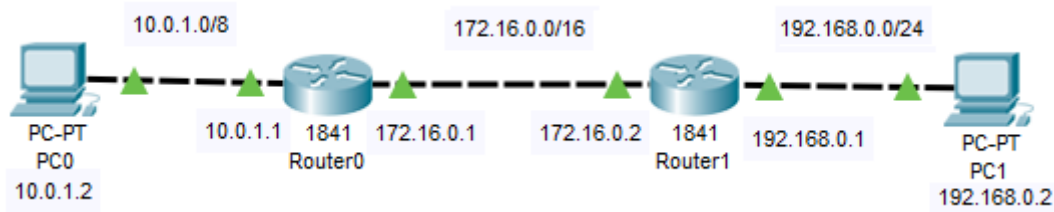


Рисунок 4.1 – Схема фрагмента сети с двумя маршрутизаторами

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 10.0.0.0 255.0.0.0 172.16.0.1
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.

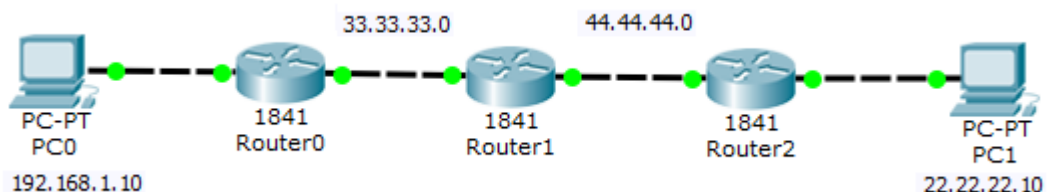


Рисунок 5.1 – Топология исследуемой сети

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.

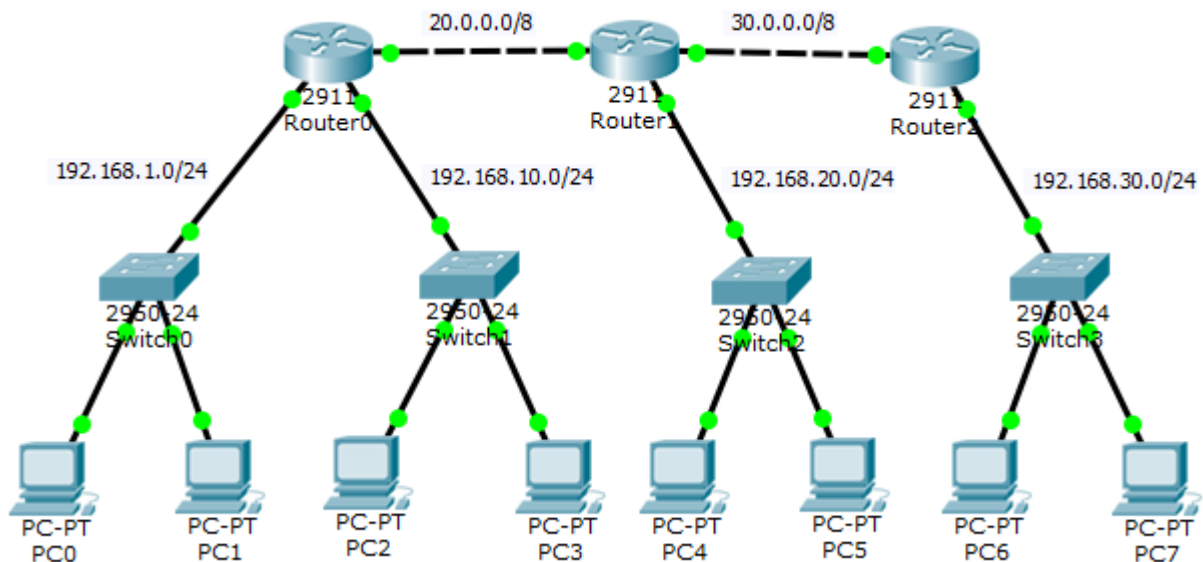


Рисунок 5.2 – Схема сети для исследования динамической маршрутизации на основе протокола OSPF

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?

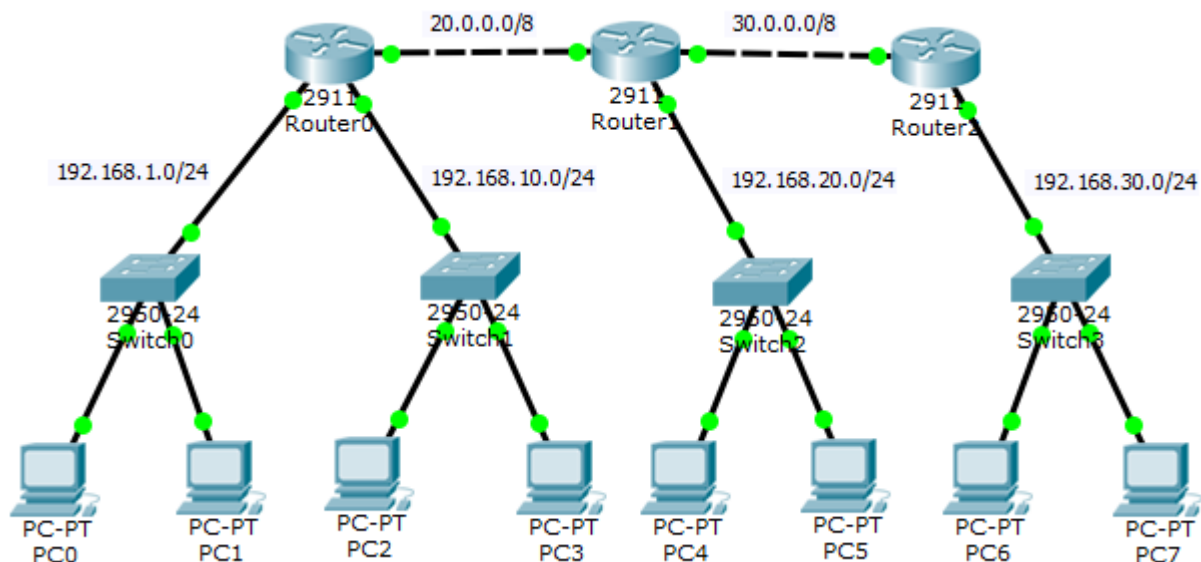
Библиографический список

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#