

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ НАУКИ РФ
ФГБОУ ВПО “ВОРОНЕЖСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”**

КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРИКЛАДНОГО АНАЛИЗА

МАРШРУТИЗАЦИЯ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Учебно-методическое пособие для вузов

Составители:

Абрамов Геннадий Владимирович, Колбая Камила Чичиковна, Сумина
Рита Семеновна, Ряполов Михаил Павлович, Телков Александр Юрьевич

**ВОРОНЕЖ
2017**

УДК 681.3.06

Утверждено научно-методическим советом факультета прикладной математики, информатики и механики , протокол №

Рецензент

Учебно-методическое пособие содержит указания к практическим занятиям по курсу «Компьютерные сети». Может быть использовано при изучении других курсов по изучению сетевых технологий. Подготовлено под эгидой Академии сетевых технологий Cisco Воронежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов очной и заочной форм обучения факультета прикладной математики, информатики и механики, и факультета компьютерных наук.

Для направлений: 01.03.02 Прикладная математика и информатика,
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии,
02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование
информационных систем, 10.05.01 Компьютерная безопасность.

Маршрутизация (Routing) – процесс определения маршрута следования информации в сетях связи. Маршрутизация означает передвижение информации от источника к пункту назначения через объединенную сеть. При этом, как правило, на пути встречается по крайней мере один узел.

Протоколы маршрутизации – это правила, по которым осуществляется обмен информации о путях передачи пакетов между маршрутизаторами. Протоколы характеризуются временем сходимости, потерями и масштабируемостью. В настоящее время используется несколько протоколов маршрутизации. Каждый протокол имеет сильные и слабые стороны.

Одна из главных задач маршрутизатора состоит в определении наилучшего пути к заданному адресату. Маршрутизатор определяет пути (маршруты) к адресатам или из статической конфигурации, введенной администратором, или динамически на основании маршрутной информации, полученной от других маршрутизаторов. Маршрутизаторы обмениваются маршрутной информацией с помощью протоколов маршрутизации. Маршрутизатор хранит таблицы маршрутов в оперативной памяти. Таблица маршрутов – это список наилучших известных доступных маршрутов. Маршрутизатор использует эту таблицу для принятия решения куда направлять пакет. Для просмотра таблицы маршрутов следует использовать команду `show ip route`.

Даже, если на каком-то маршрутизаторе X не задавались команды маршрутизации, то он всё равно строит таблицу маршрутов для сетей, непосредственно подсоединённых к нему, например:

```
...
C    192.168.10.0/24 is directly connected, Ethernet0
      10.0.0.0/16 is subnetted, 3 subnets
C    10.3.0.0 is directly connected, Serial0
C    10.4.0.0 is directly connected, Serial1
C    10.5.0.0 is directly connected, Ethernet1
```

Маршрут на непосредственно подсоединённые сети отображается на интерфейс маршрутизатора, к которому они присоединены. Где /24 означает маску 255.255. 255.0, а /16 - 255.255.0.0.

Таблица маршрутов отображает сетевые префиксы (адреса сетей) на выходные интерфейсы. Когда X получает пакет, предназначенный для 192.168.10.55, он ищет префикс 192.168.10.0/24 в таблице маршрутов. Согласно таблице, пакет будет направлен на интерфейс Ethernet0. Если X получит пакет для 10.3.45.5, он направит его на Serial0.

Эта таблица показывает четыре маршрута для непосредственно подсоединённых сетей. Они имеют метку C. Маршрутизатор X

отбрасывает все пакеты, направляемые к сетям, не указанным в таблице маршрутов. Для направления пакета к другим адресатам необходимо в таблицу включить дополнительные маршруты. Новые маршруты могут быть добавлены двумя методами:

Статическая маршрутизация – администратор вручную определяет маршруты к сетям назначения.

Динамическая маршрутизация – маршрутизаторы следуют правилам, определяемым протоколами маршрутизации для обмена информацией о маршрутах и выбора лучшего пути.

Статические маршруты не меняются самим маршрутизатором. Динамические маршруты изменяются самим маршрутизатором автоматически при получении информации о смене маршрутов от соседних маршрутизаторов. Статическая маршрутизация потребляет мало вычислительных ресурсов и полезна в сетях, которые не имеют нескольких путей к адресату назначения. Если от маршрутизатора к маршрутизатору есть только один путь, то часто используют статическую маршрутизацию.

Для конфигурации статической маршрутизации в маршрутизаторах Cisco используют две версии команды `ip route`

Первая версия

`ip route АдресСетиНазначения МаскаСетиНазначения Интерфейс`

Команда указывает маршрутизатору, что все пакеты, предназначенные для АдресСетиНазначения-МаскаСетиНазначения следует направлять на свой интерфейс Интерфейс. Если интерфейс Интерфейс - типа Ethernet, то физические (MAC) адреса исходящих пакетов будут широковещательными.

Вторая версия

`ip route АдресСетиНазначения МаскаСетиНазначения Адрес`

Команда указывает маршрутизатору, что все пакеты, предназначенные для АдресСетиНазначения-МаскаСетиНазначения, следует направлять на тот свой интерфейс, из которого достигим IP адрес Адрес. Как правило, Адрес – это адрес следующего хопа по пути к АдресСетиНазначения. Выходной интерфейс и физические адреса исходящих пакетов определяются маршрутизатором по своим ARP таблицам на основании IP адреса Адрес. Например

`ip route 10.6.0.0 255.255.0.0 Serial1 (1)`

`ip route 10.7.0.0 255.255.0.0 10.4.0.2 (2)`

Первый пример отображает сетевой префикс 10.6.0.0/16 на локальный интерфейс маршрутизатора Serial1. Следующий пример отображает сетевой префикс 10.7.0.0/16 на IP адрес 10.4.0.2 следующего

хопа по пути к 10.7.0.0/16. Обе эти команды добавят статические маршруты в таблицу маршрутизации (метка S):

```
S      10.6.0.0 via Serial1  
S 10.7.0.0 [1/0] via 10.4.0.2
```

Когда интерфейс падает, все статические маршруты, отображаемые на этот интерфейс, удаляются из таблицы маршрутов. Если маршрутизатор не может больше найти адрес следующего хопа по пути к адресу, указанному в статическом маршруте, то маршрут исключается из таблицы.

Для сетей типа Ethernet рекомендуется всегда использовать форму (2) команды `ip route`. Ethernet интерфейс на маршрутизаторе, как правило, соединён с несколькими Ethernet интерфейсами других устройств в сети. Указание в команде `ip route` IP адреса позволит маршрутизатору правильно сформировать физический адрес выходного пакета по своим ARP таблицам.

Таблицы маршрутизации.

Таблица маршрутизации – таблица, состоящая из сетевых маршрутов и предназначенная для определения наилучшего пути передачи сетевого пакета. Каждая запись в таблице маршрутизации состоит, как правило, из следующих полей:

- **Адрес сети назначения** (destination);
- **Маска сети назначения** (netmask, genmask);
- **Адрес шлюза** (gateway), за исключением тех случаев, когда описывается в маршрут непосредственно доступную (directly connected) сеть, в этом случае вместо адреса шлюза обычно указываются 0.0.0.0;
- **Метрика маршрута** – числовой коэффициент, влияющий на выбор маршрута в компьютерных сетях. Как правило, определяется количеством хопов (ретрансляционных переходов) до сети назначения или параметрами канала связи. Чем метрика меньше, тем маршрут приоритетнее. Каждый протокол маршрутизации использует различные метрики.

Просмотреть таблицу маршрутизации на маршрутизаторах cisco можно посмотреть при помощи команд:

```
Router>en
```

```
Router#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2  
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP  
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area  
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
```

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

R 192.168.2.0/24 [120/1] via 10.0.0.2, 00:00:21, FastEthernet0/1

R 192.168.3.0/24 [120/1] via 10.0.0.3, 00:00:01, FastEthernet0/1
[120/16] via 10.0.0.4, 00:00:05, FastEthernet0/1

R 192.168.5.0/24 [120/1] via 10.0.0.5, 00:00:25, FastEthernet0/1

• **Административная дистанция/расстояние** (administrative distance) – коэффициент надежности маршрута, используемый на маршрутизаторах компании Cisco. Приоритет имеет тот маршрут, который обладает меньшим административным расстоянием. В случае двух одинаковых маршрутов с одинаковым административным расстоянием рассматривается метрика маршрута. Таким образом, использование административных расстояний позволяет резервировать маршруты.

Таблица 1. Административные дистанции некоторых видов маршрутизации

Вид	Административное расстояние
Напрямую подключенная сеть (directly connected)	0
Статический маршрут на интерфейс/следующую сеть	1
EIGRP	90
OSPF	110
RIP	120

Примечание. Значения административного расстояния для маршрутов не рассылаются протоколами маршрутизации и используются только локально.

• **Длина префикса** – маски подсети. Предпочтение отдается более длинной длине префикса.

Для последней записи:

R – запись в таблицу внесена протоколом RIP,

192.168.5.0/24 – адрес сети назначения,

[120/1] – метрика маршрута,

10.0.0.5 – используемый шлюз для отправки пакета,

00:00:25 – время внесения записи в таблицу маршрутизации,

FastEthernet0/1 – используемый интерфейс для отправки пакета.

В таблице маршрутизации могут находиться следующие типы записей:

- маршрут до компьютера,
- маршрут до сети,
- маршрут по умолчанию,
- маршрут на собственный обратный адрес,
- маршрут для широковещательных пакетов,
- маршрут для многоадресной рассылки.

Маршрутизация по умолчанию.

Каждый маршрутизатор не обязан обслуживать маршруты ко всем возможным сетям назначения. Вместо этого маршрутизатор хранит маршрут по умолчанию или шлюз последнего пристанища (last resort). Маршруты по умолчанию используются, когда маршрутизатор не может поставить в соответствие сети назначения строку в таблице маршрутов. Тогда маршрутизатор должен использовать маршрут по умолчанию для отсылки пакетов другому маршрутизатору. Следующий маршрутизатор будет иметь маршрут к этой сети назначения или иметь свой маршрут по умолчанию к третьему маршрутизатору и т.д. В конечном счёте, пакет будет маршрутизирован на маршрутизатор, имеющий маршрут к сети назначения.

Маршрут по умолчанию может быть статически введен администратором или динамически получен из протокола маршрутизации.

Так как все IP адреса принадлежат сети 0.0.0.0 с маской 0.0.0.0, то в простейшем случае надо использовать команду

```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 [адрес следующего хопа | выходной интерфейс]
```

Ручное задание маршрута по умолчанию на каждом маршрутизаторе подходит для простых сетей. В сложных сетях необходимо организовать динамический обмен маршрутами по умолчанию.

Интерфейс петля.

На сетевых устройствах можно создавать сетевые интерфейсы не связанные с реальными каналами для передачи данных и назначать на них IP адреса с масками. Такие интерфейсы называют петлями (loopback). Петли полезны при поэтапном проектировании сетей. Если к какому-то реальному сетевому интерфейсу маршрутизатора в дальнейшем будет подсоединена подсеть, то в начале на маршрутизаторе создаётся loopback, настраивается в плане взаимодействия с остальными участками сети и лишь затем заменяется на реальный интерфейс. Интерфейс петля

появляется после команды interface loopback N или сокращённо int lN, где N целое неотрицательное число – номер петли. Например

```
Router(conf)>int l0 1.1.1.1 255.0.0.0
```

Статическая маршрутизация

Статическая маршрутизация – вид маршрутизации, при котором информация о маршрутах заносится в таблицы маршрутизации каждого маршрутизатора вручную администратором сети. Маршрутизатор задействует административное расстояние каждого маршрута, чтобы определить лучший путь к адресату. Меньшее административное расстояние означает более надёжный источник. Данный вид маршрутизации имеет ряд недостатков:

- Плохая масштабируемость, так как при добавлении N сети потребуется сделать $2*(N+1)$ записей о маршрутах.
- При достаточно большой сегментации составной сети (N подсетей > 5) таблица маршрутизации на каждом из маршрутизаторов будет сильно отличаться от таблиц на других устройствах.
- Отсутствует возможность адекватно отреагировать на ошибки и отказы оборудования канального и сетевого уровня (когда передача данных невозможна, а порт маршрутизатора по-прежнему находится в активном состоянии(up)).
- Ввод всей информации вручную является весьма трудоемкой задачей и влечет за собой необходимость документирования этих маршрутов.
- При изменении топологии сети требуется вручную менять правила маршрутизации, т.е. переконфигурировать таблицу маршрутизатора.

Эти проблемы решаются (передачей служебной широковещательной информации в сеть) в протоколах динамической маршрутизации, о которых речь пойдет ниже.

Положительные качества:

- Легкость конфигурации. Метод статической маршрутизации является довольно простым для понимания и настройки и по праву считается наименее сложным методом маршрутизации.
- Отсутствует обмен служебной информацией между маршрутизаторами о топологии сетей, таким образом и дополнительная нагрузка на сеть в виде широковещательного служебного трафика, характерного для динамических протоколов маршрутизации.

- При использовании статических записей процессору маршрутизатора не требуется производить никаких расчетов, связанных с определением маршрутов.

Статическая маршрутизация успешно используется при:

- организации работы компьютерных сетей небольшого размера (1-2 маршрутизатора);
- на компьютерах (рабочих станциях) внутри сети. В таком случае обычно задается маршрут шлюза по умолчанию;
- в целях безопасности (при необходимо скрыть некоторые части составной корпоративной сети);
- если доступ к подсети обеспечивается одним маршрутом, то вполне достаточно использовать один статический маршрут. Такой тип сети (подсети) носит названия тупиковой сети (stub network).

Статическая маршрутизация по умолчанию означает, что если пакет предназначен для сети, которая не перечислена в таблице маршрутизации, то маршрутизатор отправит пакет по заданному по умолчанию маршруту. При этом маршрутизатор направляет пакеты к следующему маршрутизатору, когда тот в таблице не задан явно. Заданные по умолчанию маршруты устанавливаются как часть статической конфигурации.

Рассмотрим на примере формирование статической маршрутизации сети (рис.1):

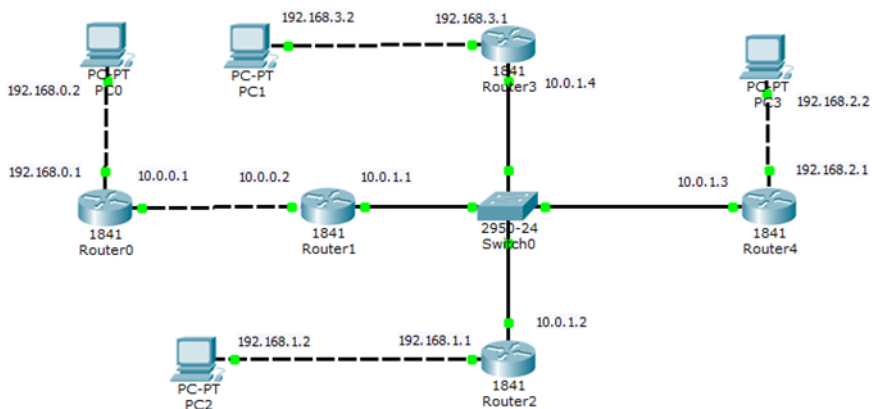


Рис.1 Схема сети.

Таблицу маршрутизации можно сформировать при помощи графического интерфейса или в режиме конфигурации. Для Router0 запись маршрута по умолчанию выполняется следующим образом:

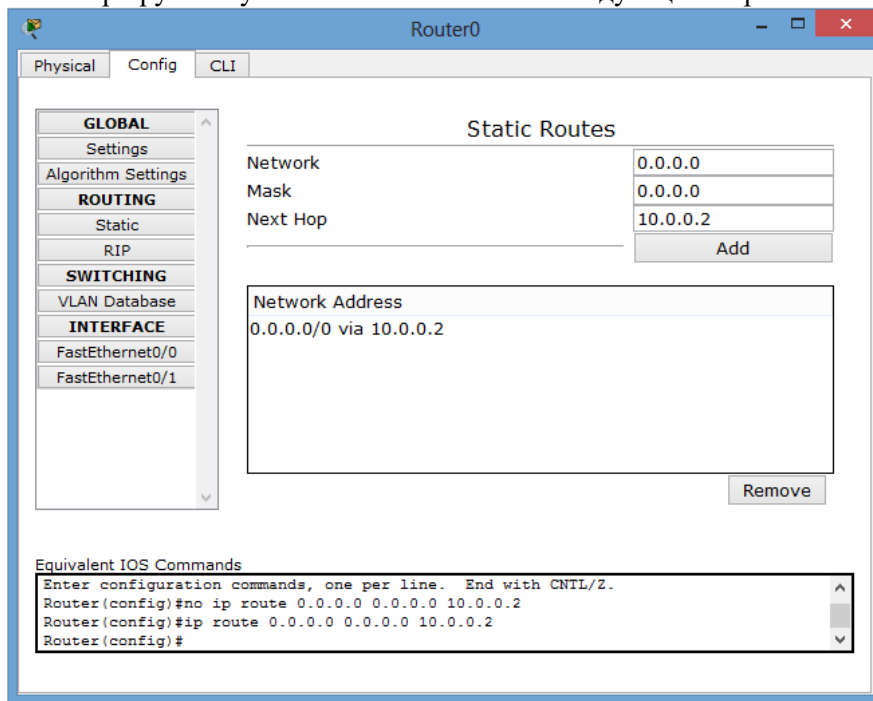


Рис. 2. Настройка таблицы маршрутизации.

После нажатия клавиши Add запись добавляется в таблицу маршрутизации. В нижнем окне появляется командная строка добавления:

Router(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.0.2 .

Данная запись предполагает отправку пакета, адресованного любой сети (кроме сетей локальных интерфейсов) на роутер с адресом 10.0.0.2.

В режиме конфигурации для этого необходимо выполнить следующие команды:

Router>enable

Router#configure terminal

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

Router(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.0.2

Аналогично добавляются и остальные записи.

Задания:

- Настроить все маршрутизаторы таким образом, чтобы каждый компьютер имел доступ ко всем устройствам сети.

- Настроить сеть, изображенную на рис. 3. Для этого использовать следующие IP адреса:

- PC1 192.168.1.10/24
- PC2 192.168.2.10/24
- PC3 192.168.3.10/24
- PC4 192.168.4.10/24
- Router1 192.168.1.1/24 и 10.0.0.1/24
- Router2 192.168.2.1/24 и 10.0.0.2/24
- Router3 192.168.4.2/24 и 10.0.0.3/24
- Router4 192.168.4.1/24 и 10.0.0.4/24
- Router5 192.168.3.1/24 и 10.0.0.5/24

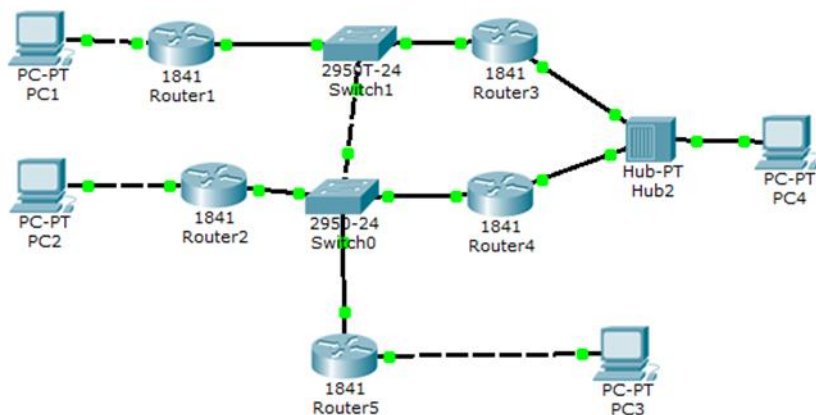


Рис.3. Схема сети.

Динамическая маршрутизация

Для больших, сложных сетей статическая маршрутизация работает не эффективно из-за наличия избыточных связей, смешанных топологий и добавления маршрутизаторов или их отключения. Маршрутизаторы в сложных сетях должны быстро адаптироваться к изменениям топологии и выбирать лучший маршрут из многих кандидатов.

IP сети имеют иерархическую структуру. С точки зрения маршрутизации сеть рассматривается как совокупность автономных систем. В автономных подсистемах больших сетей для маршрутизации на

остальные автономные системы широко используются маршруты по умолчанию.

Динамическая маршрутизация может быть осуществлена с использованием одного и более протоколов. Эти протоколы классифицируются по области применения. Протоколы для работы внутри автономных систем называют внутренними протоколами шлюзов (interior gateway protocols (IGP)), а протоколы для работы между автономными системами называют внешними протоколами шлюзов (exterior gateway protocols (EGP)). К протоколам IGP относятся RIP, RIP v2, IGRP, EIGRP, OSPF и IS-IS. Единственный EGP протокол — BGP4. Отсутствие других реализаций EGP объясняется необходимостью единых правил обмена информации о маршрутах к автономным сетям, что требует единого протокола для всех в интернете. Для маршрутизации внутри различных автономных систем можно пользоваться разными протоколами, так как для связи с её узлами не требуется знания о внутренней топологии и маршрутах, необходимо знать лишь точки подключения к автономной системе. Все эти протоколы могут быть разделены на два класса: дистанционно-векторные протоколы и протоколы состояния связи.

Маршрутизаторы используют метрики для оценки или измерения маршрутов. Когда от маршрутизатора к сети назначения существует много маршрутов, и все они используют один протокол маршрутизации, то маршрут с наименьшей метрикой рассматривается как лучший. Если используются разные протоколы маршрутизации, то для выбора маршрута используется административные расстояния, которые назначаются маршрутам операционной системой маршрутизатора.

Протокол RIP

Дистанционно-векторная маршрутизация базируется на алгоритме Белмана-Форда. Через определённые моменты времени маршрутизатор передаёт соседним маршрутизаторам всю свою таблицу маршрутизации.

RIP (Routing Information Protocol) – протокол дистанционно-векторной маршрутизации, использующий для нахождения оптимального пути алгоритм Беллмана-Форда. Протокол наиболее распространен в небольших компьютерных сетях. Алгоритм маршрутизации был впервые предложен 1969 году для ARPANET. Вторая версия протокола – протокол RIP2 была разработана в 1994 году и является улучшенной версией первого. В этом протоколе повышена безопасность за счет введения дополнительной маршрутной информации, вместо broadcast используется multicast. В

качестве метрики маршрутизации протокол оперирует хопами (ретрансляционными скачками) — количеством маршрутизаторов, через

которые пройдет пакет по пути от сети источника до сети назначения. Максимальное число скачков в RIP первой версии ограничено 15.

Каждый маршрутизатор использующий RIP, каждые 30 секунд маршрутизаторам-соседям свою таблицу маршрутизации по 520 порту протокола UDP. Маршрутизатор, получивший таблицу просматривает ее. Если обновилась информация о маршрутах, получатель фиксирует их в своей таблице.

Принцип дистанционно-векторного протокола:

1. Каждый маршрутизатор, использующий протокол RIP периодически широковещательно рассылает своим соседям специальный пакет-вектор, содержащий расстояния (измеряются в метрике) от данного маршрутизатора до всех известных ему сетей.

2. Маршрутизатор, получивший такой вектор, наращивает компоненты вектора на величину расстояния от себя до данного соседа и дополняет вектор информацией об известных непосредственно ему сетям или сетях, о которых ему сообщили другие маршрутизаторы. Дополненный вектор маршрутизатор рассылает всем своим соседям.

3. Маршрутизатор выбирает из нескольких альтернативных маршрутов маршрут с наименьшим значением метрики, а маршрутизатор, передавший информацию о таком маршруте помечается как следующий (next hop).

Алгоритм RIP допускает возникновение петель маршрутизации, которые могут быть вызваны рассинхронизацией таблиц на роутерах, ошибках в канале или отрицательными вершинами графа при расчете оптимального пути (следствие алгоритма Беллмана-Форда). В случае возникновения петли маршрутизации метрика будет равна 16 (бесконечно большая) и данный маршрут перестанет рассматриваться (метод poison reverse). В RIP существует специальный механизм борьбы с петлями маршрутизации, называемый «метод расщепления горизонта» (split horizon), который можно описать как «не говори мне то, что я тебе сказал». Таким образом маршрутизатор не будет передавать своему соседу полученную от этого соседа же информацию. Помимо борьбы с петлями, данный метод уменьшает объем передаваемой по сети служебной маршрутной информации.

Протокол непригоден для работы в больших сетях, так как засоряет сеть интенсивным трафиком, а узлы сети оперируют только векторами-расстояний, не имея точной информации о состоянии каналов и топологии сети. Сегодня даже в небольших сетях протокол вытесняется превосходящими его по возможностям протоколами EIGRP (протокол Cisco) и OSPF.

Настройка динамической маршрутизации проводится на вкладке Config -> RIP или при помощи командной строки (рис. 4). При этом указываются все сети, с которыми происходит обмен маршрутной информацией.

Пример структуры пакета приведен на рис. 5.

Задания:

- Настройте сеть с использованием протокола RIP.
- Проверьте связь между компьютерами PC2 и PC4 с помощью команд ping и tracer при включенном и выключенном Router4.
- Проверьте связь между компьютерами PC2 и PC3 с помощью команд ping и tracer при включенном и выключенном Router3.
- Настройте все маршрутизаторы так, чтобы каждый компьютер имел доступ ко всем устройствам сети, используя IP адреса предыдущего примера.

```
Router1>en
Router1>#conf t
Router1(config)#router rip
Router1(config-router)#network 10.0.0.0
```

.....

```
Router1(config-router)#version 2
Router1(config-router)#exit
Router1(config)#exit
Router1>#write memory
```

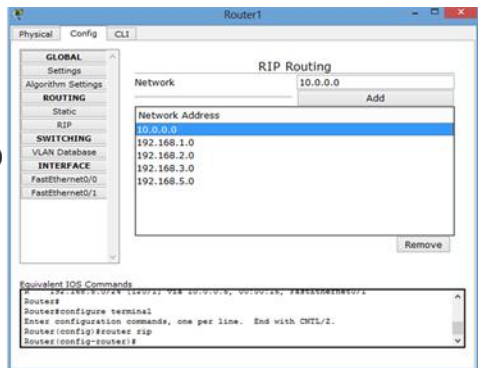


Рис. 4. Настройка RIP протокола.

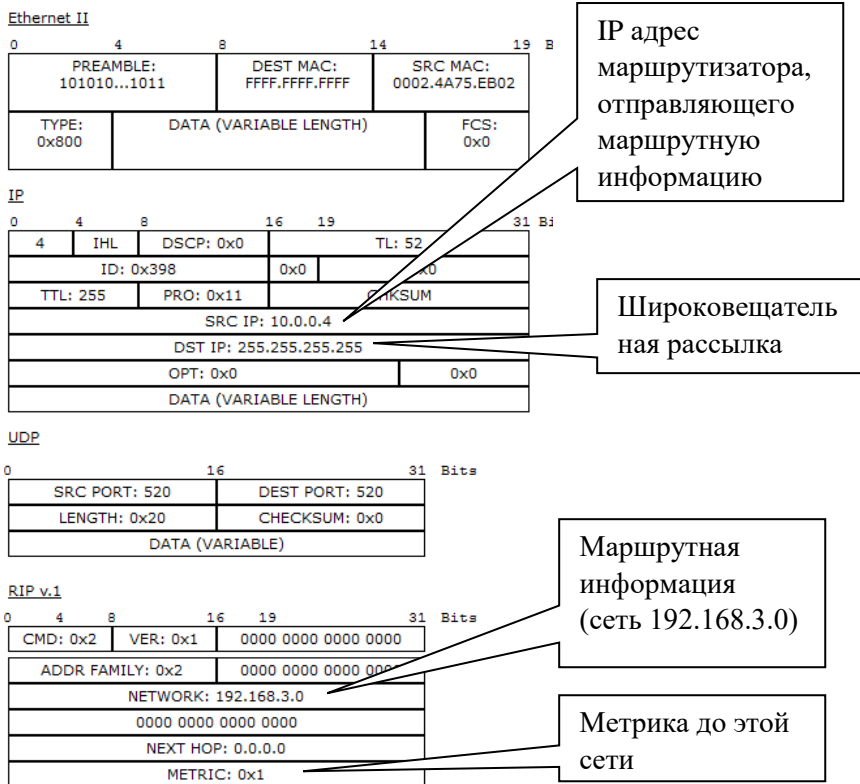


Рис. 5. Структура пакета RIP.

Протокол OSPF

OSPF (Open Shortest Path First) – протокол динамической маршрутизации, основанный на технологии отслеживания состояния канала (link-state). Был разработан IETF в 1988 году и основан на алгоритме Дейкстры для поиска кратчайшего пути. В качестве метрики OSPF использует коэффициент качества обслуживания (стоимость канала или cost).

Отслеживание состояния канала требует отправки объявлений о состоянии канала (link-state advertisement, LSA) на активные интерфейсы всех доступных маршрутизаторов зоны. В этих объявлениях содержится описание всех каналов маршрутизатора, отношения соседства и стоимость каждого канала. Для вычисления стоимости канала используется отношение $10^8/\text{ширина_канала}$.

Для отправки объявлений OSPF использует multicast сообщения (в отличие от RIP). LSA сообщения отправляются только если произошли

какие-либо изменения в сети, но раз в 30 минут LSA сообщения отправляются в принудительном порядке.

Протокол реализует деление автономной системы на зоны (areas).

Маршрутизатором, принадлежащим одной зоне не известна детальная топология других зон. Использование зон позволяет снизить нагрузку на сеть и процессоры маршрутизаторов (уменьшение объема расчетов по SPF), уменьшить размер таблиц маршрутизации.

Различают следующие типы зон:

- Магистральная (backbone) – формирует ядро сети OSPF
- Стандартная (standart) – зона, которая создается по умолчанию.

Принимает обновления каналов, суммарные и внешние маршруты.

- Тупиковая (stub) – не принимает информацию о внешних маршрутах для автономной системы, но принимает маршруты других зон. Для передачи информации за пределы автономной зоны использует маршрут по умолчанию.

- Полностью тупиковая (totlly stubby) – не принимает информацию как о внешних маршрутах автономной системы, так и маршруты других зон. Использует шлюз по умолчанию.

Маршрутизаторы внутри зон также делятся на типы:

- Внутренний (internal) – маршрутизатор, все интерфейсы которого принадлежат одной зоне.

- Пограничный (area border, ABR) – соединяет одну или больше зон с магистральной.

- Магистральный (backbone) – хотя бы один интерфейс маршрутизатора данного типа принадлежит к магистральной зоне.

- Пограничный маршрутизатор автономной системы (AS boundary, ASBR) – обменивается информацией с маршрутизаторами в других автономных системах. Может быть, как внутренним, пограничным, так и магистральным.

Поэтапное описание работы протокола:

1. Все маршрутизаторы обмениваются специальными Hello-пакетами через все интерфейсы, на которых активирован протокол OSPF. Таким образом определяются маршрутизаторы-соседи, разделяющие общий канал передачи данных. В дальнейшем Hello-пакеты посылаются с интервалом раз в 30 секунд.

2. Маршрутизаторы пытаются перейти в состояние соседства со своими соседями. Переход в данное состояние определяется типом маршрутизаторов и типом сети по которой происходит обмен Hello-пакетами, по зонному признаку. Пара маршрутизаторов в состоянии соседства синхронизирует между собой базу данных состояния каналов.

3. Каждый маршрутизатор посылает объявление о состоянии канала своим соседям, а каждый получивший такое объявление записывает информацию в базу данных состояния каналов и рассылает копию объявления другим своим соседям.

4. При рассылке объявлений по зоне, все маршрутизаторы строят идентичную базу данных состояния каналов.

5. Каждый маршрутизатор использует алгоритм SPF для вычисления графа (дерева кратчайшего пути) без петель, который будет описывать кратчайший путь к каждому известному назначению с собой в качестве корня.

6. Каждый маршрутизатор строит собственную маршрутизацию, основываясь на построенном дереве кратчайшего пути.

Настройка протоколов OSPF проводится только в командной строке. Пример настройки :

```
Router>en
```

```
Router#conf t
```

```
Router(config)#router ospf 1
```

```
Router(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

```
.....  
Router(config-router)#exit
```

```
Router(config)#exit
```

```
Router #write memory
```

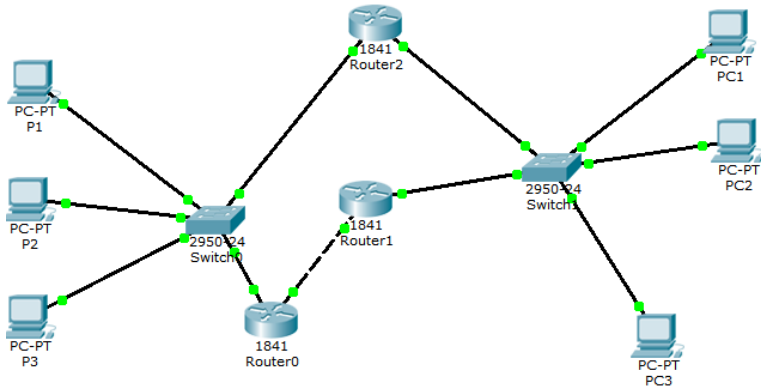
В данном примере **1** – идентификатор процесса (уникальное числовое значение для каждого процесса роутинга на маршрутизаторе. Данное значение должно быть больше в интервале от 1 до 65535. В OSPF процессам на роутерах одной зоны принято присваивать один и тот же идентификатор.

После настройки маршрутизаторов они начинают рассылать ospf-пакеты для установления и поддержания обмена с соседними маршрутизаторами (Hello-пакет). Для передачи данных базы данных состояния канала используются пакеты Database Description.

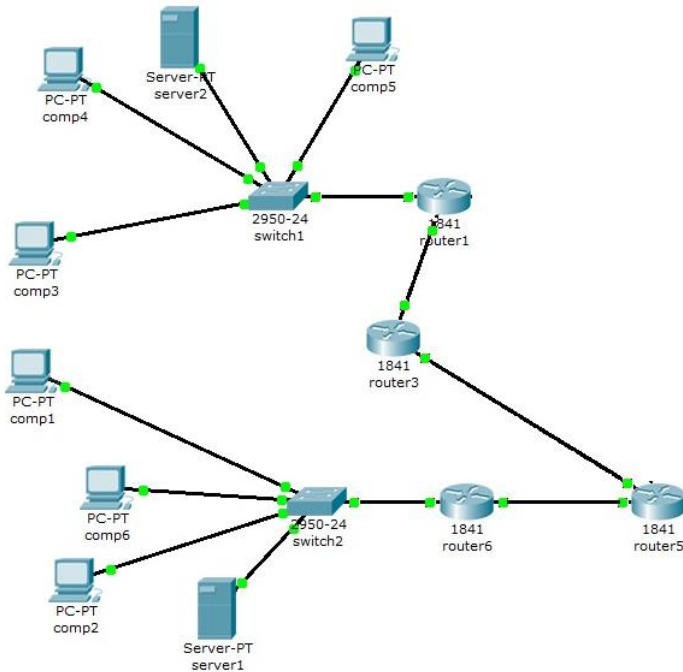
Задания

Построить модель сети, конфигурация которой изображена на рисунке. Провести настройку сети, проверить работоспособность и объяснить прохождения пакетов при работе. Исходные данные получить у преподавателя (IP адреса и тип маршрутизации).

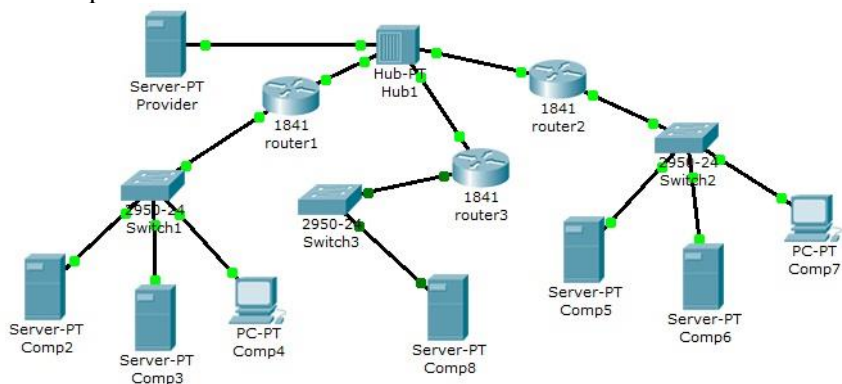
Вариант 1.



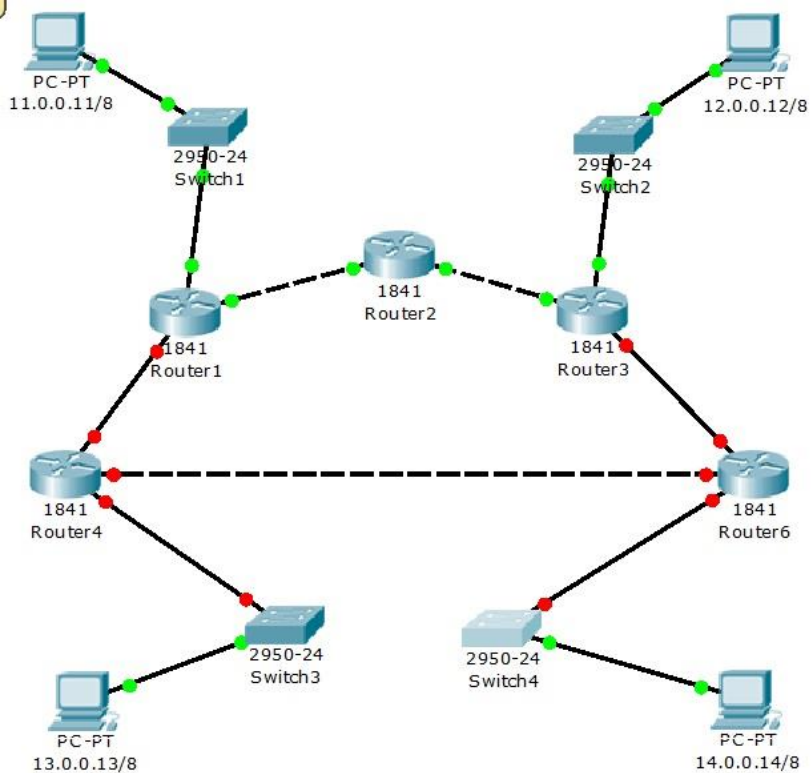
Вариант 2.



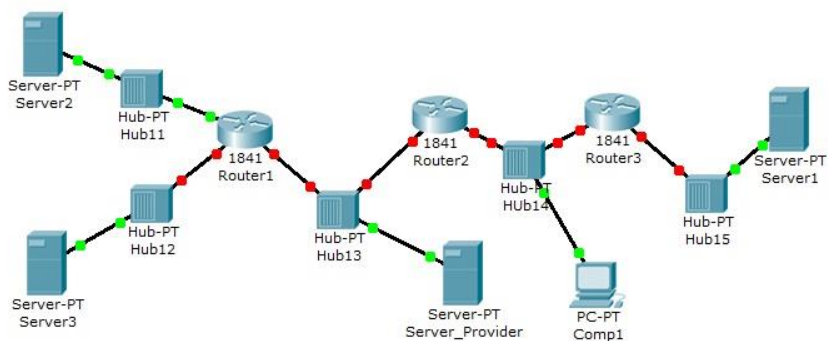
Вариант 3.



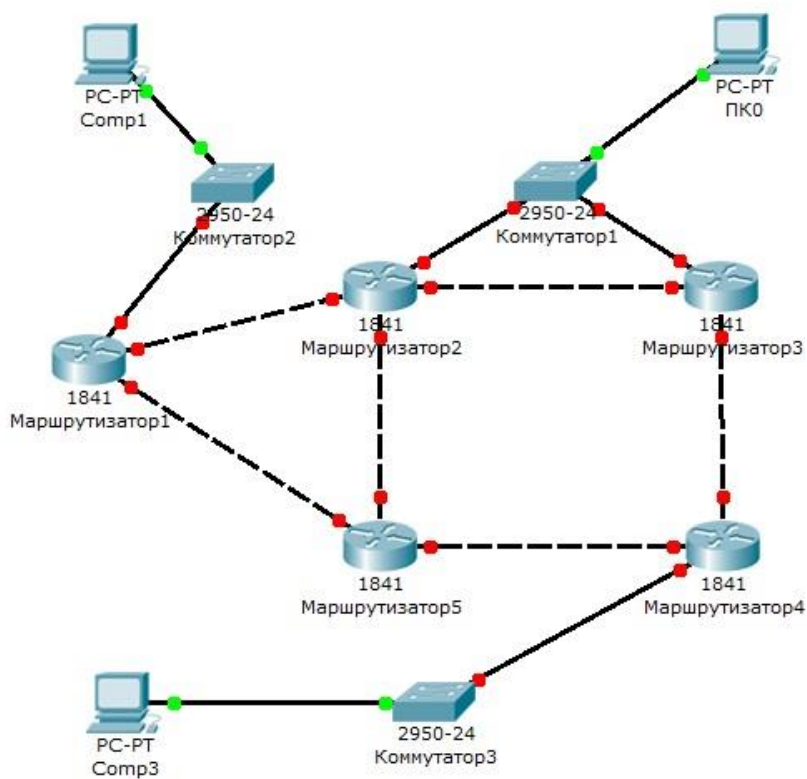
Вариант 4.



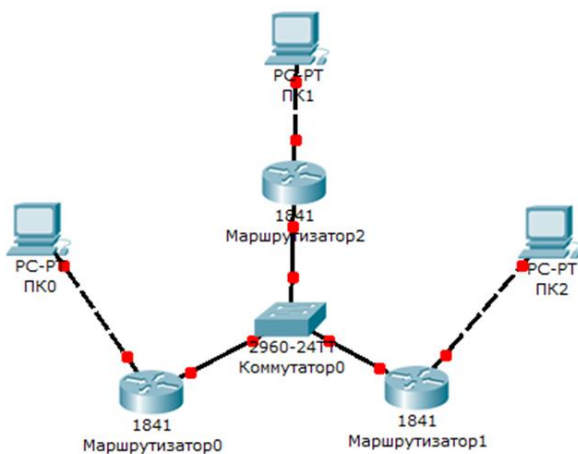
Вариант 5.



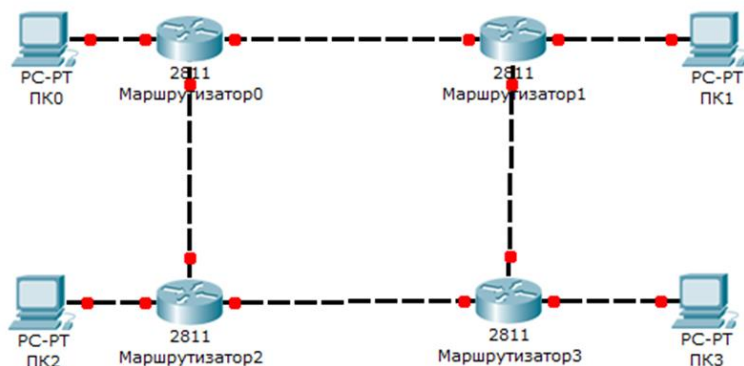
Вариант 6.



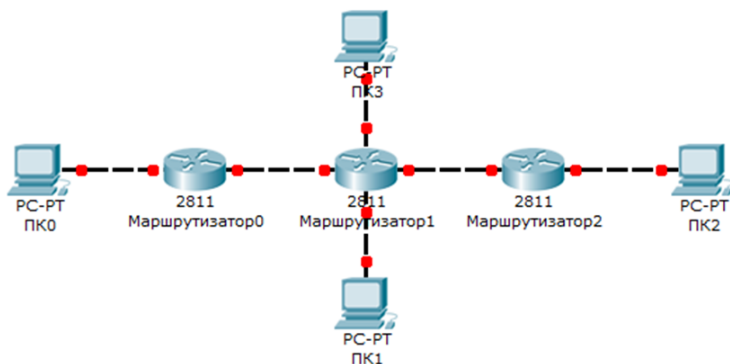
Вариант 7.



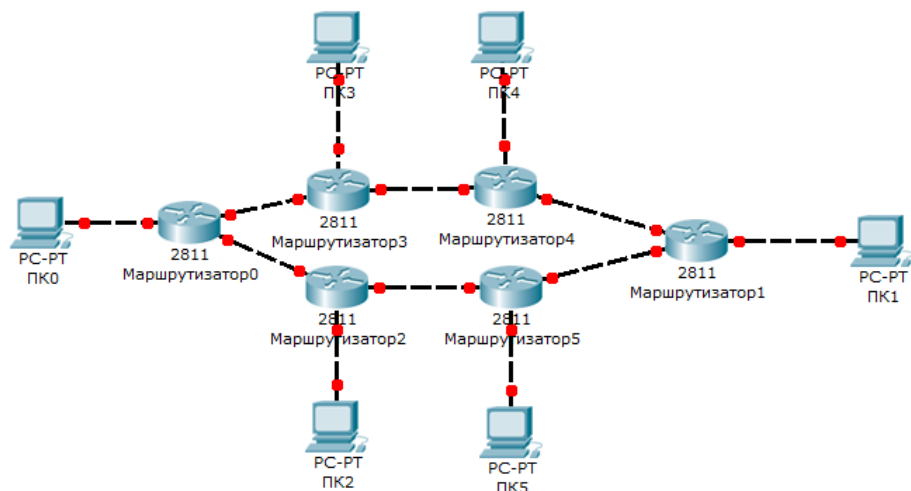
Вариант 8.



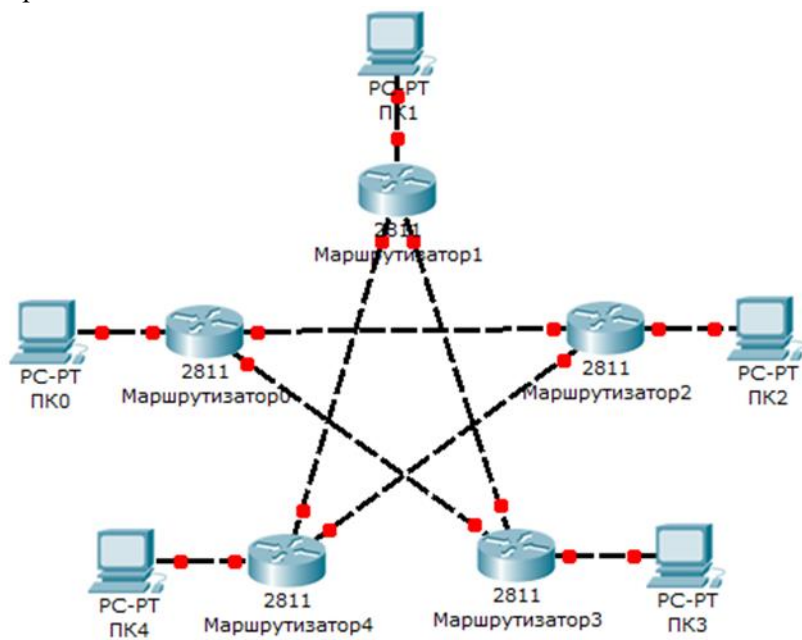
Вариант 9.



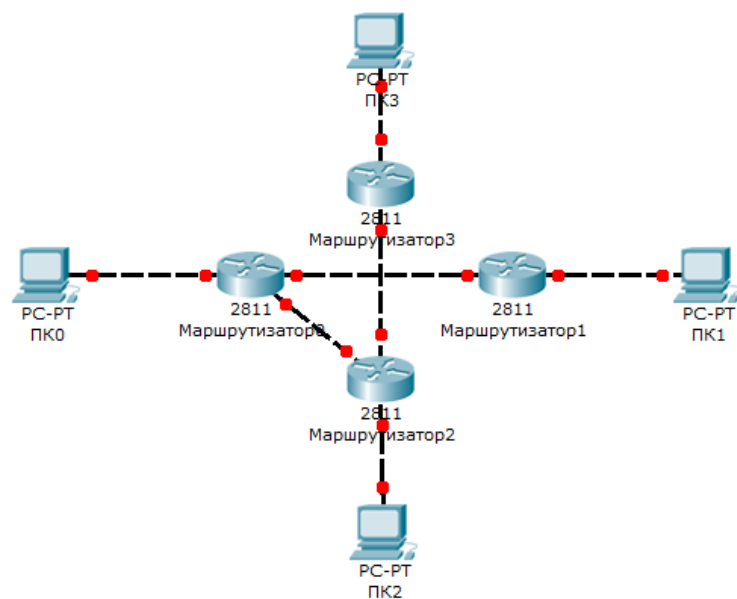
Вариант 10.



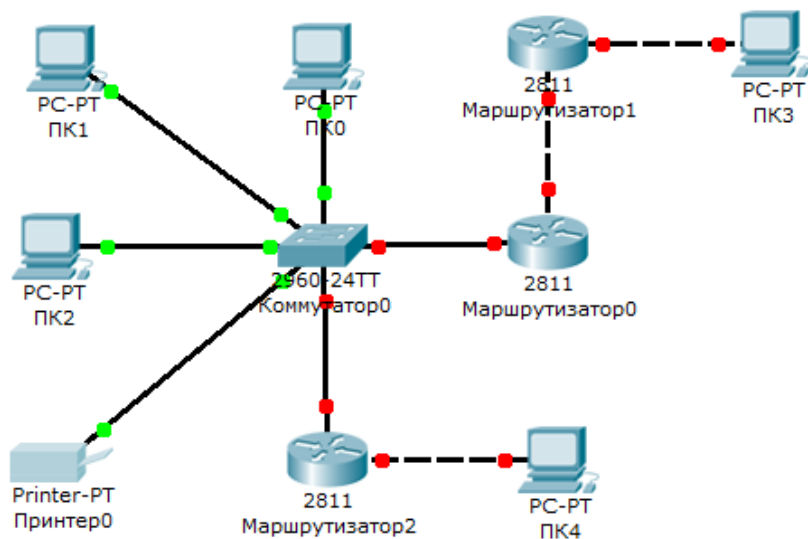
Вариант 11.



Вариант 12.



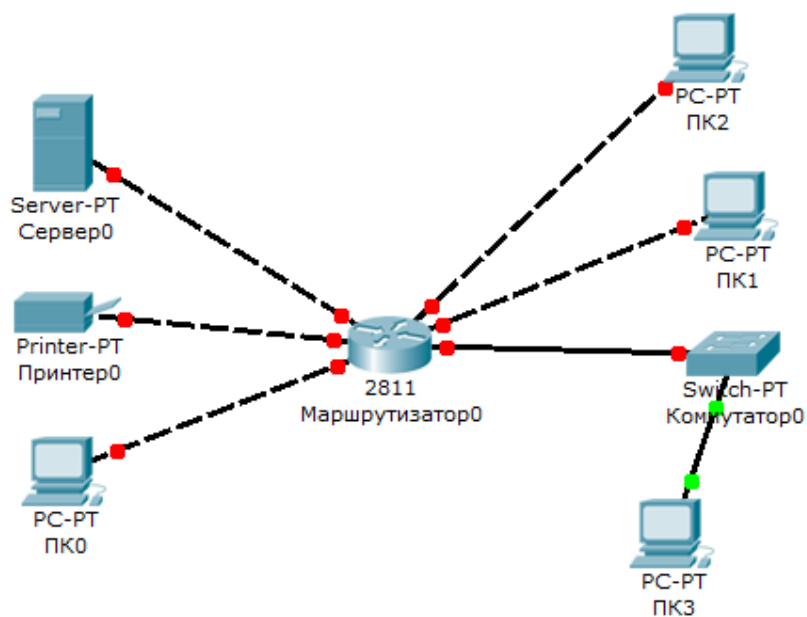
Вариант 13.



Вариант 14.



Вариант 15.



Литература

- Подробная информация о маршрутизации в Cisco с примерами команд (http://xgu.ru/wiki/Cisco_Routing)
- Классификация алгоритмов маршрутизации (https://secure.wikimedia.org/wikipedia/ru/wiki/Алгоритмы_маршрутизации)
- Подробная информация о OSPF (<http://xgu.ru/wiki/OSPF> <http://book.itep.ru/4/44/osp44112.htm>)
- Подробная информация о RIP (<http://xgu.ru/wiki/RIP> <http://book.itep.ru/4/44/rip44111.htm>)
- Джером Ф. Димарцио. Маршрутизаторы CISCO. Пособие для самостоятельного изучения. Изд. Символ-Плюс, 2003, 512 с.
- И.В. Руденко Маршрутизаторы CISCO для IP-сетей. Изд. КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003, 656 с.
- Вито Амато. Основы организации сетей Cisco. Том 1. Изд. Вильямс, 2002, 512 с.
- Одом, Уэнделл. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND1 100-101. Изд. Вильямс, 2017, 912 с.
- Одом, Уэнделл. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2 200-101. Маршрутизация и коммутация. Изд. Вильямс, 2017, 736 с.