

Г.Ф. Масич

Сети передачи данных

The logo for GIGA Ural features a stylized white 'X' shape composed of horizontal lines, positioned above the text 'GIGA Ural' in a white, sans-serif font.

GIGA Ural

УДК 004.7
М31

Рецензенты:

канд. техн. наук *И.А. Хохлов*
(Институт математики и механики УрО РАН,
г. Екатеринбург);
д-р экон. наук, профессор *Р.А. Файзрахманов*
(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет)

Масич, Г.Ф.

М31 Сети передачи данных : учеб.-метод. пособие / Г.Ф. Масич. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 192 с.

ISBN 978-5-398-01194-4

Приведены теоретические сведения об Ethernet- и IP-технологиях: принципах построения виртуальных локальных сетей (VLAN), протоколе построения связующего дерева (STP), классовой и бесклассовой моделях IP-адресации, протоколах маршрутизации RIP и BGP-4. Значительный объем практических занятий посвящен конфигурированию оборудования Cisco для создания требуемых свойств сети передачи данных.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника», аспирантов, специалистов информационных технологий.

УДК 004.7

ISBN 978-5-398-01194-4

© ПНИПУ, 2014

4. ПРОТОКОЛЫ МАРШРУТИЗАЦИИ RIP И BGP-4

4.1. Краткие теоретические сведения

Маршрутизация (Routing) – это процесс перемещения пакета от источника к приемнику через сеть передачи данных.

Маршрутизатор (Router) – это устройство, передающее пакет в нужном направлении (через нужный интерфейс). В терминологии IETF маршрутизатор называют также шлюз (Gateway). По тексту пособия маршрутизатор называется роутером.

Маршрутизируемый протокол (Routed Protocol) существует в каждом роутере для передачи пакета в нужном направлении.

Нужное направление передачи роутер определяет на основании таблицы маршрутизации. *Таблицы маршрутизации (Forwarding Tables)* формируются протоколами маршрутизации

Протокол маршрутизации (Routing Protocol) – это распределенный протокол, работающий координированно с другими роутерами с целью изучения и формирования глобального представления сети непротиворечивым и законченным способом. Протоколы маршрутизации работают по алгоритмам маршрутизации

Обобщенная таксономия алгоритмов маршрутизации: одношаговые и многошаговые, статические и динамические, классовые и бесклассовые, дистанционно-векторные и состояния связей, внутренние и внешние.

4.1.3. Протокол маршрутизации BGP-4

BGP-4 – дистанционно-векторный, внешний протокол маршрутизации. Главная цель BGP – реализация политик маршрутизации между автономными системами AS. Протокол BGP включает в себя защиту от «зацикливания». AS – это набор роутеров, которые работают под управлением одного администратора или одной группы администраторов и используют общую стратегию маршрутизации. BGP используется в сетях между ISP (Internet Service Providers). Местный трафик либо начинается, либо завершается в автономной системе (AS); в противном случае – это транзитный трафик. Системы без транзитного трафика не нуждаются в BGP (им достаточно EGP для общения с транзитными узлами).

Роутеры, которые принадлежат одной и той же AS и обмениваются BGP-обновлениями маршрутизации, работают по Internal BGP (iBGP). Роутеры, которые принадлежат разным AS, тоже обмениваются BGP-обновлениями маршрутизации, но работают по External BGP (eBGP).

Перед тем как обмениваться информацией о маршрутах с внешними AS, BGP должен гарантировать, что сети внутри его AS достижимы. Это обеспечивается комбинацией обмена информацией о маршрутах по iBGP между роутерами внутри AS и передачи информации о маршрутах BGP в один из Interior Gateway Protocols (IGPs), которые работают внутри AS (например, Interior Gateway Routing Protocol IGRP, Intermediate System-to-Intermediate

System IS-IS, Routing Information Protocol RIP и Open Shortest Path First OSPF).

BGP использует TCP в качестве транспортного протокола (порт 179). Любые два роутера в BGP, между которыми открыто TCP-соединение для обмена информацией о маршрутизации, называются Peers или Neighbors. На приведенном ниже рис. 4.3 роутеры A и B являются BGP Peers, равно как и роутеры B и C, C и D. Роутеры A и B обмениваются информацией о маршрутизации по eBGP, а роутеры B и C – по iBGP. Заметим, что eBGP Peers соединены непосредственно, а iBGP – нет, но поскольку между ними работает IGP, он позволяет им достигать друг друга и обмениваться информацией.

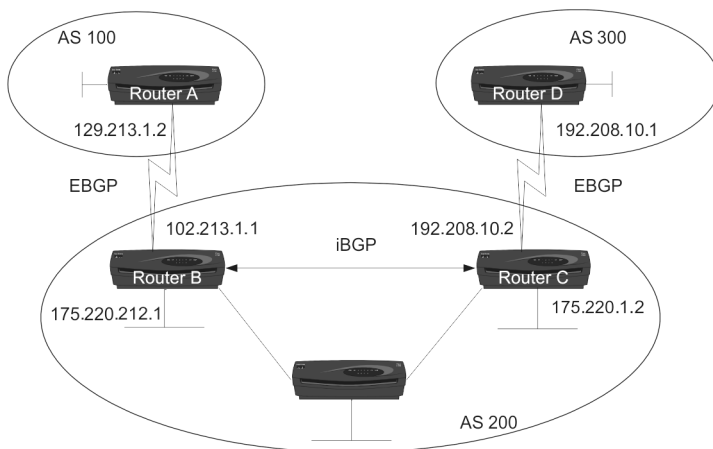


Рис. 4.3. Пример топологии BGP

BGP Peers инициируют обмен полными таблицами BGP-маршрутизации между собой. Позже они посылают лишь инкрементальные обновления маршрутизации. Кроме того, BGP Peers обмениваются Keepalive-сообщениями (чтобы удостовериться, что связь между ними не потеряна) и Notification-сообщениями (уведомления, сообщения об ошибках и другая служебная информация).

4.1.4. Настройка оборудования Cisco

Начальное состояние командной строки – привилегированный режим EXEC Cisco IOS. Курсивом показаны переменные. В квадратных скобках – опциональные атрибуты. В фигурных и без скобок – обязательные атрибуты; если их несколько и они отделены чертой, то при вводе команды выбирается только один из них. Чтобы отменить команду, она повторно вводится с *no* в начале. В данном пособии не у всех команд указаны все атрибуты, для просмотра атрибутов пользуйтесь помощью IOS либо руководствами Command reference guide на нужное устройство Cisco.

4.1.4.1. Настройка статического маршрута на роутерах Cisco

Создание статического маршрута:

– вход в глобальный режим конфигурации

configure terminal

– создание статического маршрута.

```
ip route [vrf vrf-name] prefix mask {ip-address /  
interface-type interface-number [ip-address]} [dhcp]  
[distance] [name next-hop-name] [permanent | track num-  
ber] [tag tag]
```

Здесь `vrf` – опциональный атрибут, который настраивает имя VRF (`vrf-name`), в которой статические маршруты должны быть указаны;

`prefix` – префикс маршрута;

`mask` – маска маршрута;

`ip-address | interface-type interface-number` – указывается либо IP-адрес Next Hop, либо исходящий интерфейс;

`dhcp` – опциональный атрибут, позволяет серверу Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) назначать этот маршрут как Default Route;

`distance` – Administrative Distance. По умолчанию для статических маршрутов равна 1;

`name` – опциональный атрибут, назначает имя на Next Hop Route (`next-hop-name`);

`permanent` – опциональный атрибут, при котором маршрут не будет удален из таблицы маршрутизации если Next Hop Interface будет выключен;

`track` – опциональный атрибут, который ассоциирует track object с этим маршрутом, number argument от 1 до 500;

`tag` – значение tag может быть использовано командами route map.

Просмотр таблицы маршрутизации на роутере

```
show ip route
```

4.1.4.3. Настройка протокола маршрутизации BGP-4

Включение протокола BGP-4 на роутере:

– вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

– включение и вход в режим конфигурирования BGP

```
router bgp AS_number
```

– отключение синхронизации

```
no synchronization
```

– настройка «соседей» по BGP

```
neighbor ip_address remote-as remote_AS_number
```

– настройка md5 авторизации с «соседом»

```
neighbor ip_address password 0 password
```

– настройка фильтрации маршрутов по AS_PATH к/от «соседа»

```
neighbor ip_address filter-list access_list_number_as_path {in | out}
```

– настройка фильтрации маршрутов и изменения атрибутов маршрута с помощью Route Map

```
neighbor {ip-address / peer-group-name} route-map map-name {in | out}
```


– настройка фильтрации маршрутов по префиксам к/от «соседа»
`neighbor {ip-address | peer-group-name} distribute-list {access-list-number | expanded-list-number | access-list-name | prefix-list-name} {in | out}`

– настройка списка сетей, которые будут анонсироваться по BGP (в отличие от RIP в BGP данной командой объявляется только список анонсируемых сетей)

`network {network-number [mask network-mask] | nsap-prefix} [route-map map-tag]`

– отключение автосуммирования

`no auto-summary`

– настройка таймеров BGP

`timers bgp Keepalive_interval Holdtime Minimum_hold_time_from_neighbor`

– перераспределение статических маршрутов на роутере в обновлении BGP

`redistribute static [metric {metric-value | transparent}]`

Настройка стандартных Access-List на роутере для IP-адресов

– вход в глобальный режим конфигурации

`configure terminal`

– команды создания строки Access-List, строки читаются последовательно; если обрабатываемая сеть и сеть в Access-List совпадают, то происходит обработка согласно строке, иначе читается следующая строка. В конце списка всегда предполагается правило, отбрасывающее все, что не совпало.

`access-list access-list-number {permit | deny} {host | source source-wildcard / any}`

Здесь Access-List-Number < 100.

Настройка стандартных Access-List на роутере для AS_Path:

– вход в глобальный режим конфигурации

`configure terminal`

– команды создания строки Access-List, строки читаются последовательно; если обрабатываемая сеть и сеть в Access-List совпадают, то происходит обработка согласно строке, иначе читается

следующая строка. В конце списка всегда предполагается правило, отбрасывающее все, что не совпало

```
ip as-path access-list-number {permit | deny} regexp
```

Здесь *access-list-number* < 100;

regexp – регулярное выражение.

Символы, которые используются в регулярных выражениях:

. – любой символ, включая пробел;

* – ноль или больше совпадений с выражением;

+ – одно или больше совпадений с выражением;

? – ноль или одно совпадение с выражением;

^ – начало строки;

\$ – конец строки;

_ – любой разделитель (включая, начало, конец, пробел, табуляцию, запятую);

\ – не воспринимать следующий символ как специальный;

[] – совпадение с одним из символов в диапазоне;

| – логическое «или».

Примеры регулярных выражений:

67 – маршруты, проходящие через AS 67;

^67\$ – маршруты из непосредственно присоединенной AS 67;

_67\$ – маршруты отправленные из AS 67;

^67_ – сети находящиеся за AS 67;

^\$ – маршруты локальной AS;

.* – любая строка.

Для просмотра маршрутов, которые попадают под ваше регулярное выражение, наберите команду

```
show ip bgp regexp regexp
```

Настройка Route Map на роутере:

– вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

– создание и вход в режим конфигурации Route Map. При создании нескольких Route Map с одинаковым именем, но разными Sequence-номерами они обрабатываются подряд, начиная с наименьшего Sequence Number.

```

route-map Name [[permit | deny] | [sequence-number]]
– настройка отбора маршрутов по AS_Path Access-List
match as-path access-list-number
– настройка отбора маршрутов по префиксу сетей
match ip address access-list-number
– установка атрибута пути к отобранным маршрутам
set {as-path tag | community | metric | local-
preference | metric-type | origin | weight} attribute
– просмотр параметров работы BGP
show ip bgp summary
– просмотр соседей BGP
show ip bgp neighbors
– просмотр маршрутов BGP
show ip bgp
– просмотр маршрута BGP
show ip bgp prefix
– запуск отладки работы протокола BGP
debug ip bgp

```

4.2. Лабораторная работа

«Протоколы маршрутизации RIP и BGP-4»

Соберите топологию, указанную на рис. 4.11. Соединив разъемы на патч-панели патчкордами типа Straight-Touch согласно рис. 4.12 (роутеры Router 1, Router 2, Router 3 и Router 4 соединяются кабелем типа Crossover). Попросите лаборанта соединить Serial-интерфейсы роутеров согласно топологии. Проведите начальную конфигурацию роутеров. Для доступа к роутерам используйте терминальный сервер:

- для доступа к r1.lab запустите *telnet 192.168.125.2 2007*;
 - для доступа к r2.lab запустите *telnet 192.168.125.2 2008*;
 - для доступа к r3.lab запустите *telnet 192.168.125.2 2009*;
 - для доступа к r4.lab запустите *telnet 192.168.125.2 2010*.
- * Имя student, пароль student.

Также подключите компьютеры (PC1, PC2, PC3, PC4), которые должны осуществлять связь с определенным роутером, и настройте вручную IP-адрес, маску подсети и основной шлюз согласно топологии.

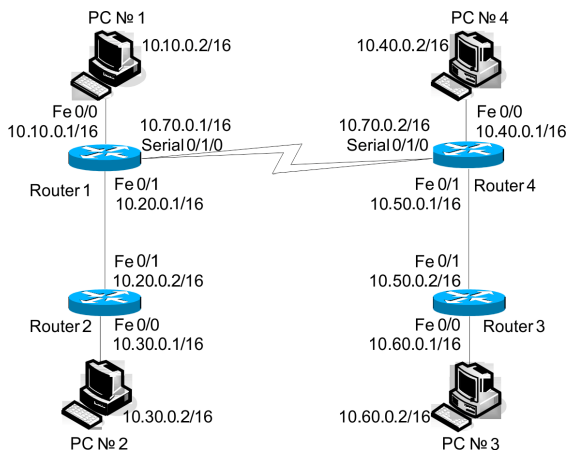


Рис. 4.11. Топология сети

Если роутеры не настраивались ранее, выполните начальную конфигурацию (Имя устройства, шифрование паролей, логин (student) и пароль доступа (student) на терминальные и консольные линии доступа, баннер на вход), для этого **выполните приведенную ниже последовательность команд для роутера из привилегированного режима EXEC Cisco IOS (меняя имя роутера естественно):**

```

conf t
hostname r1.lab
service password-encryption
no ip domain-lookup
username student privilege 15 secret 0 student
banner motd ^C
r1.lab
PERM, Russia,
Network technology lab. IT department. PSTU
Warning: Authorized access only!!!
  
```

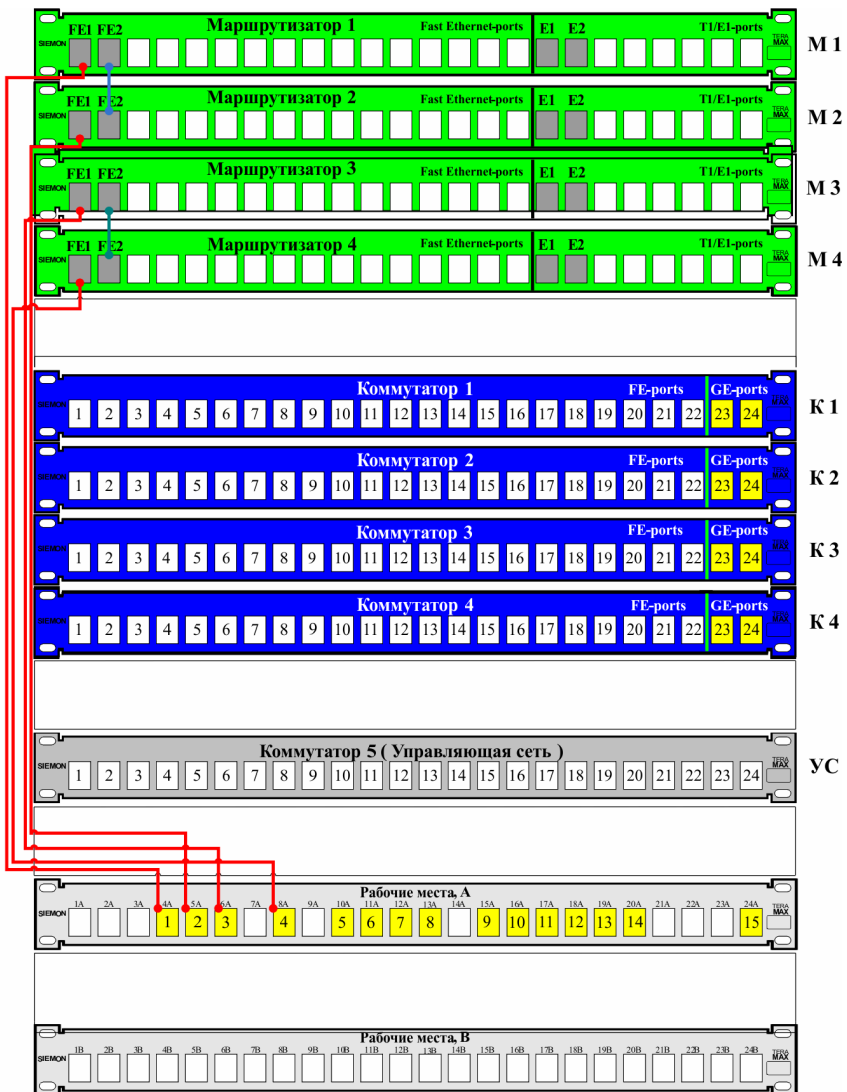


Рис. 4.12. Соединения на коммутационном поле

Disconnect IMMEDIATELY if you are not an authorized person!!!

```
Contact information:
web http://wrls.ru
email support@wrls.ru
tel +7(342)220-63-85
^C
line con 0
login local
line aux 0
line vty 0 4
login local
line vty 5 15
login local
```

Настроим IP-адреса и маску подсети на интерфейсах Fast Ethernet. На интерфейсах Serial настроим инкапсуляцию PPP с протоколом авторизации CHAP и паролем Pass согласно топологии:

```
R1:
r1.lab#conf t
r1.lab(config)#username r4 privilege 0 password 0 pass
r1.lab(config)#interface FastEthernet0/0
r1.lab(config-if)# ip address 10.10.0.1 255.255.0.0
r1.lab(config-if)# duplex auto
r1.lab(config-if)# speed auto
r1.lab(config-if)#!
r1.lab(config-if)#interface FastEthernet0/1
r1.lab(config-if)# ip address 10.20.0.1 255.255.0.0
r1.lab(config-if)# duplex auto
r1.lab(config-if)# speed auto
r1.lab(config-if)#!
r1.lab(config-if)#interface Serial0/1/0
r1.lab(config-if)# ip address 10.70.0.1 255.255.0.0
r1.lab(config-if)# encapsulation ppp
r1.lab(config-if)# ppp authentication chap
r1.lab(config-if)# ppp chap hostname r1
r1.lab(config-if)# ppp chap password 0 pass
```

```

R2:
r2.lab#conf t
r2.lab(config)#interface FastEthernet0/0
r2.lab(config-if)# ip address 10.30.0.1 255.255.0.0
r2.lab(config-if)# duplex auto
r2.lab(config-if)# speed auto
r2.lab(config-if)#!
r2.lab(config-if)#interface FastEthernet0/1
r2.lab(config-if)# ip address 10.20.0.2 255.255.0.0
r2.lab(config-if)# duplex auto
r2.lab(config-if)# speed auto

R3:
r3.lab#conf t
r3.lab(config)#interface FastEthernet0/0
r3.lab(config-if)# ip address 10.60.0.1 255.255.0.0
r3.lab(config-if)# duplex auto
r3.lab(config-if)# speed auto
r3.lab(config-if)#!
r3.lab(config-if)#interface FastEthernet0/1
r3.lab(config-if)# ip address 10.50.0.2 255.255.0.0
r3.lab(config-if)# duplex auto
r3.lab(config-if)# speed auto

R4:
r4.lab#conf t
r4.lab(config)#username r1 privilege 0 password 0 pass
r4.lab(config)#interface FastEthernet0/0
r4.lab(config-if)# ip address 10.40.0.1 255.255.0.0
r4.lab(config-if)# duplex auto
r4.lab(config-if)# speed auto
r4.lab(config-if)#!
r4.lab(config-if)#interface FastEthernet0/1
r4.lab(config-if)# ip address 10.50.0.1 255.255.0.0
r4.lab(config-if)# duplex auto
r4.lab(config-if)# speed auto
r4.lab(config-if)#!
r4.lab(config-if)#interface Serial0/1/0
r4.lab(config-if)# ip address 10.70.0.2 255.255.0.0
r4.lab(config-if)# encapsulation ppp
r4.lab(config-if)# clock rate 128000
r4.lab(config-if)# ppp authentication chap

```

```
r4.lab(config-if)# ppp chap hostname r4
r4.lab(config-if)# ppp chap password 0 pass
r4.lab(config-if)#clock rate 128000
```

* У Serial-кабеля один конец типа DTE, второй типа DCE, команда Clock Rate вводится на интерфейсе, к которому подключен DCE. Посмотреть, какой тип кабеля подключен, можно командой Show Controllers Interface_ID:

```
r4.lab#show controllers Serial 0/1/0
Interface Serial0/1/0
Hardware is PowerQUICC MPC860
DCE V.35, no clock
idb at 0x81081AC4, driver data structure at 0x81084AC0
SCC Registers:
General   GSMR]=0x2:0x00000000,   Protocol-specific
[PSMR]=0x8
Events   [SCCE]=0x0000, Mask   [SCCM]=0x0000, Status
[SCCS]=0x00
Transmit on Demand [TODR]=0x0, Data Sync [DSR]=0x7E7E
Interrupt Registers:
```

Удостоверимся, что роутеры могут пинговать своего соседа и подключенные PC. При проблемах выполним команду *Show IP Int Brief* для анализа того, какие порты сконфигурированы неправильно.

4.2.3. BGP-маршрутизация

Настройку BGP будем проводить согласно рис. 4.14.

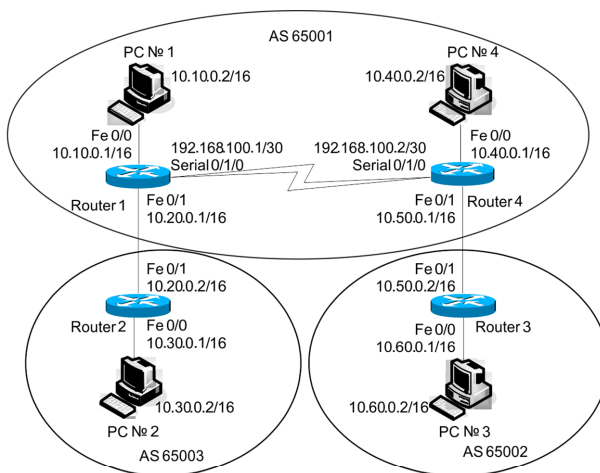


Рис. 4.14. Топология сети BGP

Несколько замечаний по поводу работы BGP в данной топологии:

- 1) роутеры R1 и R4 работают по iBGP (Internal);

2) роутеры R2 и R1, R4 и R3 работают по eBGP (External);

3) поскольку R1 и R4 находятся в одной AS (и работают по iBGP), то, для того чтобы роутер R4 посылал по eBGP обновление о сети 10.10.0.0 (информацию о которой он получил от R1), необходимо на R4 прописать команду Network 10.10.0.0. Аналогично поступаем для сети 10.40.0.0 на R1;

4) поскольку R1 и R4 находятся в одной AS (и работают по iBGP), то R1, получив обновление о сети 10.30.0.0 от R2 (AS65003), пошлет его к R4 с адресом Next Hop 10.20.0.2 (R2 Fa0/1). R4 не будет отправлять обновление о сети 10.30.0.0 к R3 до тех пор, пока у него не будет маршрута к 10.20.0.2 (R2 Fa0/1). В данной лабораторной работе мы прописываем статический маршрут к 10.20.0.2 (R2 Fa0/1) на роутере R4. Аналогично поступаем для сети 10.60.0.0 на R1.

Для начальной настройки BGP выполним следующую последовательность команд (пароль авторизации BGP: между R1 и R2 – bgppass1, между R1 и R4 – bgppass0, между R4 и R3 – bgppass2):

```
R1:
r1.lab#conf t
r1.lab(config)#ip route 10.50.0.0 255.255.0.0
192.168.100.2
r1.lab(config)#router bgp 65001
r1.lab(config-router)#no synchronization
r1.lab(config-router)# network 10.10.0.0 mask
255.255.0.0
r1.lab(config-router)# network 10.40.0.0 mask
255.255.0.0
r1.lab(config-router)# neighbor 10.20.0.2 remote-as
65003
r1.lab(config-router)# neighbor 10.20.0.2 password
0 bgppass1
r1.lab(config-router)# neighbor 192.168.100.2 re-
mote-as 65001
r1.lab(config-router)# neighbor 192.168.100.2 pass-
word 0 bgppass0
r1.lab(config-router)# no auto-summary
```

```

R2:
r2.lab#conf t
r2.lab(config)#router bgp 65003
r2.lab(config-router)# no synchronization
r2.lab(config-router)# network 10.30.0.0 mask
255.255.0.0
r2.lab(config-router)# neighbor 10.20.0.1 remote-as
65001
r2.lab(config-router)# neighbor 10.20.0.1 password
0 bgppass1
r2.lab(config-router)# no auto-summary

R3:
r3.lab# conf t
r3.lab(config)#router bgp 65002
r3.lab(config-router)# no synchronization
r3.lab(config-router)# network 10.60.0.0 mask
255.255.0.0
r3.lab(config-router)# neighbor 10.50.0.1 remote-as
65001
r3.lab(config-router)# neighbor 10.50.0.1 password
0 bgppass2

R4:
r4.lab#conf t
r4.lab(config)#ip route 10.20.0.0 255.255.0.0
192.168.100.1
r4.lab(config)#router bgp 65001
r4.lab(config-router)#no synchronization
r4.lab(config-router)# network 10.40.0.0 mask
255.255.0.0
r4.lab(config-router)# network 10.10.0.0 mask
255.255.0.0
r4.lab(config-router)# neighbor 10.50.0.2 remote-as
65002
r4.lab(config-router)# neighbor 10.50.0.2 password
0 bgppass2
r4.lab(config-router)# neighbor 192.168.100.1 re-
mote-as 65001
r4.lab(config-router)# neighbor 192.168.100.1 pass-
word 0 bgppass0
r4.lab(config-router)# no auto-summary

```

* Правило синхронизации: iBGP-маршрут считается лучшим в таблице BGP, только если он был получен по протоколу IGP (RIP, IGRP, OSPF) и находится в таблице маршрутизации. Или, другими словами, не использовать или не анонсировать внешним «соседям» маршрут, полученный по iBGP, до тех пор, пока соответствующий маршрут не будет получен от IGP. По этой причине синхронизация отключена.

В случае если настройки BGP на роутере правильные, вывод команд Show IP BGP Neighbors и Show IP BGP Summary будет следующим:

```
R1:
r1.lab#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 10.20.0.2, remote AS 65003, external link
*Описание «соседа» BGP.
BGP version 4, remote router ID 10.30.0.1
BGP state = Established, up for 00:01:57
*Версия и состояния сессии BGP с «соседом».
Last read 00:00:56, last write 00:00:26, hold time is 180,
keepalive interval is 60 seconds
*Таймеры BGP «соседа».
Neighbor capabilities:
Route refresh: advertised and received(old & new)
Address family IPv4 Unicast: advertised and received
Message statistics:
InQ depth is 0
OutQ depth is 0

                Sent                Rcvd
Opens:          1                    1
Notifications: 0                    0
Updates:        3                    1
Keepalives:     4                    4
Route Refresh:  0                    0
Total:          8                    6
Default minimum time between advertisement runs is 30 seconds

For address family: IPv4 Unicast
BGP table version 6, neighbor version 6/0
Output queue size : 0
Index 2, Offset 0, Mask 0x4
```

2 update-group member

	Sent	Rcvd
Prefix activity:	-	-
Prefixes Current:	3	1 (Consumes 52 bytes)
Prefixes Total:	3	1
Implicit Withdraw:	0	0
Explicit Withdraw:	0	0
Used as bestpath:	n/a	1
Used as multipath:	n/a	0

	Outbound	Inbound
Local Policy Denied Prefixes:	-----	-----
Bestpath from this peer:	1	n/a
Total:	1	0

Number of NLRI in the update sent: max 1, min 1

*Статистика работы BGP с «соседом».

Connections established 1; dropped 0

Last reset never

Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0

Connection is ECN Disabled, Minimum incoming TTL 0, Outgoing TTL 1

Local host: 10.20.0.1, Local port: 17493

Foreign host: 10.20.0.2, Foreign port: 179

*Информация о TCP соединении BGP с «соседом».

Enqueued packets for retransmit: 0, inp: 0 mis-ordered: 0(0 bytes)

Event Timers (current time is 0x3C5CC508):

Timer	Starts	Wakeups	Next
Retrans	7	0	0x0
TimeWait	0	0	0x0
AckHold	5	3	0x0
SendWnd	0	0	0x0
KeepAlive	0	0	0x0
GiveUp	0	0	0x0
PmtuAger	0	0	0x0
DeadWait	0	0	0x0

iss:3010204380 snduna:3010204662 sndnxt:3010204662
sndwnd:16103

irs:1440778602 rcvnxt:1440778794 rcvwnd:16193
delrcvwnd:191

SRTT: 182 ms, RTTO: 1073 ms, RTV: 891 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 0 ms, maxRTT: 300 ms, ACK hold: 200 ms
Flags: active open, nagle, md5
IP Precedence value: 6

Datagrams (max data segment is 1460 bytes):
Rcvd: 7 (out of order: 0), with data: 5, total data
bytes: 191

Sent: 12 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partia-
lack: 0, Second Congestion: 0), with data: 7, total
data bytes: 281

BGP neighbor is 192.168.100.2, remote AS 65001, in-
ternal link

BGP version 4, remote router ID 192.168.100.2

BGP state = Established, up for 00:06:06

Last read 00:00:05, last write 00:00:05, hold time
is 180, keepalive interval is 60 seconds

Neighbor capabilities:

Route refresh: advertised and received(old & new)

Address family IPv4 Unicast: advertised and received

Message statistics:

InQ depth is 0

OutQ depth is 0

	Sent	Rcvd
Opens:	1	1
Notifications:	0	0
Updates:	2	2
Keepalives:	9	9
Route Refresh:	0	0
Total:	12	12

Default minimum time between advertisement runs is
0 seconds

For address family: IPv4 Unicast

BGP table version 6, neighbor version 6/0

Output queue size : 0

Index 1, Offset 0, Mask 0x2

1 update-group member

	Sent	Rcvd
	----	----
Prefix activity:		
Prefixes Current:	2	2 (Consumes 104 bytes)
Prefixes Total:	2	2
Implicit Withdraw:	0	0
Explicit Withdraw:	0	0
Used as bestpath:	n/a	2
Used as multipath:	n/a	0

	Outbound	Inbound
	-----	-----
Local Policy Denied Prefixes:		
Bestpath from this peer:	2	n/a
Total:	2	0

Number of NLRIs in the update sent: max 1, min 1

Connections established 1; dropped 0

Last reset never

Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0

Connection is ECN Disabled, Minimum incoming TTL 0, Outgoing TTL 255

Local host: 192.168.100.1, Local port: 56649

Foreign host: 192.168.100.2, Foreign port: 179

Enqueued packets for retransmit:0, input:0 mis-ordered:0(0 bytes)

Event Timers (current time is 0x3C5CE078):

Timer	Starts	Wakeups	Next
Retrans	10	0	0x0
TimeWait	0	0	0x0
AckHold	9	2	0x0
SendWnd	0	0	0x0
KeepAlive	0	0	0x0
GiveUp	0	0	0x0
PmtuAger	0	0	0x0
DeadWait	0	0	0x0

iss:3182108986 snduna:3182109315 sndnxt:3182109315
sndwnd:16056

irs:1216351342 rcvnxt:1216351671 rcvwnd:16056
delrcvwnd:328

SRTT: 221 ms, RTTO: 832 ms, RTV: 611 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 12 ms, maxRTT: 300 ms, ACK hold: 200 ms

Flags: active open, nagle, md5
IP Precedence value : 6

Datagrams (max data segment is 1460 bytes):
Rcvd: 19 (out of order: 0), with data: 10, total data bytes: 328
Sent: 15 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partial: 0, Second Congestion: 0), with data: 11, total data bytes: 328

r1.lab#show ip bgp summary

BGP router identifier 192.168.100.1, local AS number 65001

*Настройки BGP на данном роутере.

BGP table version is 6, main routing table version 6
4 network entries using 468 bytes of memory

4 path entries using 208 bytes of memory

5/4 BGP path/bestpath attribute entries using 620 bytes of memory

2 BGP AS-PATH entries using 48 bytes of memory

0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory

0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory

BGP using 1344 total bytes of memory

*Ресурсы роутера, используемые BGP.

BGP activity 4/0 prefixes, 4/0 paths, scan interval 60 secs

Neighbor	V	AS	Msg Rcvd	Msg Sent	Tbl Ver	InQ	OutQ	Up/Down	State/PfxRcd
10.20.0.2	4	65003	7	9	6	0	0	00:02:15	1
192.168.100.2	4	65001	12	12	6	0	0	00:06:15	2

*Статистика работы BGP с «соседями».

R2:

r2.lab#show ip bgp neighbors

BGP neighbor is 10.20.0.1, remote AS 65001, external link

BGP version 4, remote router ID 192.168.100.1

BGP state = Established, up for 00:02:22

Last read 00:00:22, last write 00:00:22, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds

Neighbor capabilities:

Route refresh: advertised and received(old & new)
Address family IPv4 Unicast: advertised and received

Message statistics:

InQ depth is 0

OutQ depth is 0

	Sent	Rcvd
Opens:	1	1
Notifications:	0	0
Updates:	1	3
Keepalives:	5	5
Route Refresh:	0	0
Total:	7	9

Default minimum time between advertisement runs is 30 seconds

For address family: IPv4 Unicast

BGP table version 6, neighbor version 6/0

Output queue size : 0

Index 1, Offset 0, Mask 0x2

1 update-group member

	Sent	Rcvd
Prefix activity:	----	----
Prefixes Current:	1	3 (Consumes 156 bytes)
Prefixes Total:	1	3
Implicit Withdraw:	0	0
Explicit Withdraw:	0	0
Used as bestpath:	n/a	3
Used as multipath:	n/a	0

	Outbound	Inbound
Local Policy Denied Prefixes:	-----	-----
Bestpath from this peer:	3	n/a
Total:	3	0

Number of NLRIs in the update sent: max 1, min 1

Connections established 1; dropped 0

Last reset never

Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0

Connection is ECN Disabled, Minimum incoming TTL 0, Outgoing TTL 1

Local host: 10.20.0.2, Local port: 179

Foreign host: 10.20.0.1, Foreign port: 17493

Enqueued packets for retransmit: 0, inp: 0 mis-ordered: 0 (0 bytes)

Event Timers (current time is 0x3C5B6588):

Timer	Starts	Wakeups	Next
Retrans	6	0	0x0
TimeWait	0	0	0x0
AckHold	6	1	0x0
SendWnd	0	0	0x0
KeepAlive	0	0	0x0
GiveUp	0	0	0x0
PmtuAger	0	0	0x0
DeadWait	0	0	0x0

iss:1440778602 snduna:1440778794 sndnxt:1440778794
sndwnd:16193
irs:3010204380 rcvnxt:3010204662 rcvwnd:16103
delrcvwnd:281

SRTT: 165 ms, RTTO: 1172 ms, RTV: 1007 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 0 ms, maxRTT: 300 ms, ACK hold: 200 ms
Flags: passive open, nagle, gen tcbs, md5
IP Precedence value: 6

Datagrams (max data segment is 1460 bytes):

Rcvd: 12 (out of order: 0), with data: 7, total data bytes: 281

Sent: 7 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partialack: 0, Second Congestion: 0), with data: 5, total data bytes: 191

r2.lab#show ip bgp summary

BGP router identifier 10.30.0.1, local AS number 65003

BGP table version is 6, main routing table version 6
4 network entries using 468 bytes of memory

4 path entries using 208 bytes of memory

5/4 BGP path/bestpath attribute entries using 620 bytes of memory

2 BGP AS-PATH entries using 48 bytes of memory

0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory

BGP using 1344 total bytes of memory

BGP activity 4/0 prefixes, 4/0 paths, scan interval
60 secs

Neighbor	V	AS	Msg Rcvd	Msg Sent	Tbl Ver	InQ	OutQ	Up/ Down	State/ PfxRcd
10.20.0.1	4	65001	9	7	6	0	0	00:02:32	3

R3:

r3.lab#show ip bgp neighbors

BGP neighbor is 10.50.0.1, remote AS 65001, external link

BGP version 4, remote router ID 192.168.100.2

BGP state = Established, up for 00:01:11

Last read 00:00:11, last write 00:00:11, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds

Neighbor capabilities:

Route refresh: advertised and received (old & new)

Address family IPv4 Unicast: advertised and received

Message statistics:

InQ depth is 0

OutQ depth is 0

	Sent	Rcvd
Opens:	1	1
Notifications:	0	0
Updates:	1	3
Keepalives:	4	4
Route Refresh:	0	0
Total:	6	8

Default minimum time between advertisement runs is
30 seconds

For address family: IPv4 Unicast

BGP table version 6, neighbor version 6/0

Output queue size : 0

Index 1, Offset 0, Mask 0x2

1 update-group member

	Sent	Rcvd
Prefix activity:	----	----
Prefixes Current:	1	3 (Consumes 156 bytes)
Prefixes Total:	1	3
Implicit Withdraw:	0	0
Explicit Withdraw:	0	0
Used as bestpath:	n/a	3
Used as multipath:	n/a	0

	Outbound	Inbound
Local Policy Denied Prefixes:	-----	-----
Bestpath from this peer:	3	n/a
Total:	3	0

Number of NLRIs in the update sent: max 1, min 1

Connections established 1; dropped 0

Last reset never

Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0

Connection is ECN Disabled, Minimum incoming TTL 0,

Outgoing TTL 1

Local host: 10.50.0.2, Local port: 26648

Foreign host: 10.50.0.1, Foreign port: 179

Enqueued packets for retransmit: 0, input: 0 mis-ordered: 0 (0 bytes)

Event Timers (current time is 0x3C5CA47C):

Timer	Starts	Wakeups	Next
Retrans	5	0	0x0
TimeWait	0	0	0x0
AckHold	3	1	0x0
SendWnd	0	0	0x0
KeepAlive	0	0	0x0
GiveUp	0	0	0x0
PmtuAger	0	0	0x0
DeadWait	0	0	0x0

iss:3092581353 snduna:3092581526 sndnxt:3092581526
sndwnd:16212

irs:544266312 rcvnx:544266575 rcvwnd:16122
delrcvwnd:262

SRTT: 146 ms, RTTO: 1283 ms, RTV: 1137 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 0 ms, maxRTT: 300 ms, ACK hold: 200 ms

Flags: active open, nagle, md5
IP Precedence value: 6

Datagrams (max data segment is 1460 bytes):
Rcvd: 6 (out of order: 0), with data: 4, total data bytes: 262
Sent: 8 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partialack: 0, Second Congestion: 0), with data: 5, total data bytes: 172

```
r3.lab#show ip bgp summary
BGP router identifier 10.60.0.1, local AS number 65002
BGP table version is 6, main routing table version 6
4 network entries using 468 bytes of memory
4 path entries using 208 bytes of memory
5/4 BGP path/bestpath attribute entries using 620 bytes of memory
2 BGP AS-PATH entries using 48 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 1344 total bytes of memory
BGP activity 4/0 prefixes, 4/0 paths, scan interval 60 secs
```

Neighbor	V	AS	Msg Rcvd	Msg Sent	Tbl Ver	InQ	OutQ	Up/Down	State/PfxRcd
10.50.0.1	4	65001	8	6	6	0	0	00:01:20	3

```
R4:
r4.lab#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 10.50.0.2, remote AS 65002, external link
BGP version 4, remote router ID 10.60.0.1
BGP state = Established, up for 00:01:29
Last read 00:00:29, last write 00:00:29, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Neighbor capabilities:
Route refresh: advertised and received(old & new)
Address family IPv4 Unicast: advertised and received
Message statistics:
InQ depth is 0
```

OutQ depth is 0

	Sent	Rcvd
Opens:	1	1
Notifications:	0	0
Updates:	3	1
Keepalives:	4	4
Route Refresh:	0	0
Total:	8	6

Default minimum time between advertisement runs is 30 seconds

For address family: IPv4 Unicast

BGP table version 6, neighbor version 6/0

Output queue size: 0

Index 2, Offset 0, Mask 0x4

2 update-group member

	Sent	Rcvd
Prefix activity:	----	----
Prefixes Current:	3	1 (Consumes 52 bytes)
Prefixes Total:	3	1
Implicit Withdraw:	0	0
Explicit Withdraw:	0	0
Used as bestpath:	n/a	1
Used as multipath:	n/a	0

	Outbound	Inbound
Local Policy Denied Prefixes:	-----	-----
Bestpath from this peer:	1	n/a
Total:	1	0

Number of NLRIs in the update sent: max 1, min 1

Connections established 1; dropped 0

Last reset never

Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0

Connection is ECN Disabled, Minimum incoming TTL 0, Outgoing TTL 1

Local host: 10.50.0.1, Local port: 179

Foreign host: 10.50.0.2, Foreign port: 26648

Enqueued packets for retransmit: 0, input: 0 mis-ordered: 0 (0 bytes)

Event Timers (current time is 0x3C5C6788):

Timer	Starts	Wakeups	Next
Retrans	4	0	0x0
TimeWait	0	0	0x0
AckHold	4	1	0x0
SendWnd	0	0	0x0
KeepAlive	0	0	0x0
GiveUp	0	0	0x0
PmtuAger	0	0	0x0
DeadWait	0	0	0x0

```

iss:544266312      snduna:544266575      sndnxt:544266575
sndwnd:16122
irs:3092581353    rcvnxt:3092581526    rcvwnd:16212
delrcvwnd:172

```

```

SRTT: 124 ms, RTTO: 1405 ms, RTV: 1281 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 0 ms, maxRTT: 300 ms, ACK hold: 200 ms
Flags: passive open, nagle, gen tcbs, md5
IP Precedence value: 6

```

Datagrams (max data segment is 1460 bytes):

```

Rcvd: 8 (out of order: 0), with data: 5, total data
bytes: 172

```

```

Sent: 6 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partialack:
0, Second Congestion: 0), with data: 4, total data
bytes: 262

```

```

BGP neighbor is 192.168.100.1, remote AS 65001, in-
ternal link

```

```

BGP version 4, remote router ID 192.168.100.1

```

```

BGP state = Established, up for 00:07:03

```

```

Last read 00:00:03, last write 00:00:03, hold time
is 180, keepalive interval is 60 seconds

```

Neighbor capabilities:

```

Route refresh: advertised and received(old & new)

```

```

Address family IPv4 Unicast: advertised and re-
ceived

```

```

Message statistics:

```

```

InQ depth is 0

```

```

OutQ depth is 0

```

	Sent	Rcvd
Opens:	1	1
Notifications:	0	0
Updates:	2	2
Keepalives:	10	10
Route Refresh:	0	0
Total:	13	13

Default minimum time between advertisement runs is 0 seconds

For address family: IPv4 Unicast
 BGP table version 6, neighbor version 6/0
 Output queue size : 0
 Index 1, Offset 0, Mask 0x2
 1 update-group member

	Sent	Rcvd
Prefix activity:	----	----
Prefixes Current:	2	2 (Consumes 104 bytes)
Prefixes Total:	2	2
Implicit Withdraw:	0	0
Explicit Withdraw:	0	0
Used as bestpath:	n/a	2
Used as multipath:	n/a	0

	Outbound	Inbound
Local Policy Denied Prefixes:	-----	-----
Bestpath from this peer:	2	n/a
Total:	2	0

Number of NLRI's in the update sent: max 1, min 1
 Connections established 1; dropped 0
 Last reset never

Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0

Connection is ECN Disabled, Minimum incoming TTL 0, Outgoing TTL 255

Local host: 192.168.100.2, Local port: 179

Foreign host: 192.168.100.1, Foreign port: 56649

Enqueued packets for retransmit: 0, input: 0 mis-ordered: 0 (0 bytes)

Event Timers (current time is 0x3C5C78F8):

Timer	Starts	Wakeups	Next
Retrans	11	0	0x0
TimeWait	0	0	0x0
AckHold	10	9	0x0
SendWnd	0	0	0x0
KeepAlive	0	0	0x0
GiveUp	0	0	0x0
PmtuAger	0	0	0x0
DeadWait	0	0	0x0

```

iss:1216351342  snduna:1216351690  sndnxt:1216351690
sndwnd:16037
irs:3182108986  rcvnxt:3182109334  rcvwnd:16037
delrcvwnd:347

```

```

SRTT: 231 ms, RTTO: 769 ms, RTV: 538 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 8 ms, maxRTT: 300 ms, ACK hold: 200 ms
Flags: passive open, nagle, gen tcbs, md5
IP Precedence value: 6

```

```

Datagrams (max data segment is 1460 bytes):
Rcvd: 16 (out of order: 0), with data: 12, total
data bytes: 347
Sent: 21 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partia-
lack: 0, Second Congestion: 0), with data: 11, total
data bytes: 347

```

```

r4.lab#show ip bgp summary
BGP router identifier 192.168.100.2, local AS num-
ber 65001
BGP table version is 6, main routing table version 6
4 network entries using 468 bytes of memory
4 path entries using 208 bytes of memory
5/4 BGP path/bestpath attribute entries using 620
bytes of memory
2 BGP AS-PATH entries using 48 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of
memory
BGP using 1344 total bytes of memory
BGP activity 4/0 prefixes, 4/0 paths, scan interval
60 secs

```

Neighbor	V	AS	Msg Rcvd	Msg Sent	Tbl Ver	InQ	OutQ	Up/Down	State/PfxRcd
10.50.0.2	4	65002	6	8	6	0	0	00:01:42	1
192.168.100.1	4	65001	13	13	6	0	0	00:07:13	2

В таблицах маршрутизации BGP содержатся записи, которые можно посмотреть с помощью команды Show IP BGP:

```
R1:
r1.lab#show ip bgp
BGP table version is 6, local router ID is 192.168.100.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal, r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
   Network          Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
  *>10.10.0.0/16    0.0.0.0          0           32768  i
  *>10.30.0.0/16    10.20.0.2         0            0 65003  i
  *>i10.40.0.0/16  192.168.100.2     0           100      0      i
  *>i10.60.0.0/16  10.50.0.2         0           100      0      i
                                     65002
```

* Local Preference действует в пределах AS и равен 100 по умолчанию на маршрутах, полученных по eBGP.

Обратим внимание на Next Hop маршрута 10.60.0.0. Почему он такой?

```
R2:
r2.lab#show ip bgp
BGP table version is 6, local router ID is 10.30.0.1
   Network          Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
  *>10.10.0.0/16    10.20.0.1         0            0 65001  i
  *>10.30.0.0/16    0.0.0.0           0           32768  i
  *>10.40.0.0/16    10.20.0.1         0           65001  i
  *>10.60.0.0/16    10.20.0.1         0           65001 65002  i
  * Weight по умолчанию 32768 на непосредственно
  подключенных сетях, на маршрутах, полученных по eBGP,
  равно 0.
```

```
R3:
r3.lab#show ip bgp
BGP table version is 6, local router ID is 10.60.0.1
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.10.0.0/16	10.50.0.1	0		65001	i
*>10.30.0.0/16	10.50.0.1	0	65001	65003	i
*>10.40.0.0/16	10.50.0.1	0	0	65001	i
*>10.60.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i

R4:

```
r4.lab#show ip bgp
BGP table version is 6, local router ID is
192.168.100.2
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>i10.10.0.0/16	192.168.100.1	0	100	0	i
*>i10.30.0.0/16	10.20.0.2	0	100	0	i
				65003	
*>10.40.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.60.0.0/16	10.50.0.2	0	0	65002	i

Добавим на R2 псевдомаршрут к сети 172.16.22.0. Настроим перераспределение статических маршрутов на R2 в BGP с метрикой (атрибутом MED) = 500:

R4:

```
r2.lab#conf t
r2.lab(config)#ip route 172.16.22.0 255.255.255.128
Null0
r2.lab(config)#router bgp 65003
r2.lab(config-router)# redistribute static metric 500
```

В результате в таблицах маршрутизации BGP появится новая запись, которую можно посмотреть с помощью команды Show IP BGP:

R1:

```
r1.lab#show ip bgp
BGP table version is 7, local router ID is
192.168.100.1
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.10.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.30.0.0/16	10.20.0.2	0	0	65003	i
*>i10.40.0.0/16	192.168.100.2	0	100	0	i
*>i10.60.0.0/16	10.50.0.2	0	100	0	i
				65002	
*>172.16.22.0/25	10.20.0.2	500	0	65003	?

R2:

```
r2.lab#show ip bgp
```

```
BGP table version is 7, local router ID is 10.30.0.1
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.10.0.0/16	10.20.0.1	0	0	65001	i
*>10.30.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.40.0.0/16	10.20.0.1	0		65001	i
*>10.60.0.0/16	10.20.0.1	0	65001	65002	i
*>172.16.22.0/25	0.0.0.0	500		32768	?

R3:

```
r3.lab#show ip bgp
```

```
BGP table version is 7, local router ID is 10.60.0.1
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.10.0.0/16	10.50.0.1	0		65001	i
*>10.30.0.0/16	10.50.0.1	0	65001	65003	i
*>10.40.0.0/16	10.50.0.1	0	0	65001	i
*>10.60.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>172.16.22.0/25	10.50.0.1	0	65001	65003	?

* MED'ы передаются на соседнюю AS, но не передаются за ее пределы (вернее, при передаче за пределы системы, получившей MED, это значение обнуляется).

R4:

```
r4.lab#show ip bgp
```

```
BGP table version is 7, local router ID is 192.168.100.2
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>i10.10.0.0/16	192.168.100.1	0	100	0	i
*>i10.30.0.0/16	10.20.0.2	0	100	0	i
				65003	
*>10.40.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.60.0.0/16	10.50.0.2	0	0	65002	i
*>i172.16.22.0/25	10.20.0.2	500	100	0	?
				65003	

Существует два способа настройки Local Preference:

1) Установить Local Preference как значение по умолчанию для данного процесса BGP. Для этого на роутере R1 выполним следующие команды:

```
r1.lab#conf t
r1.lab(config)#router bgp 65001
r1.lab(config-router)#bgp default local-preference 150
```

2) Установить Local Preference с помощью Route Map. Для этого на роутере R4 выполним следующие команды (также на R4 параллельно Local Preference устанавливается атрибут локальный для роутера R4 Weight):

```
r4.lab#conf t
r4.lab(config)#ip as-path access-list 1 permit ^65002$
r4.lab(config)#route-map from_r3 permit 10
r4.lab(config-route-map)#match as-path 1
r4.lab(config-route-map)#set weight 2000
r4.lab(config-route-map)#set local-preference 250
r4.lab(config-route-map)#exit
r4.lab(config)#router bgp 65001
r4.lab(config-router)#neighbor 10.50.0.2 route-map
from_r3 in
```

* На роутере R4 всем маршрутам (входящим), пришедшим от R3 (AS_PATH = 65002), устанавливаются атрибуты Weight и Local Preference. Запомните: Route Map не работают и не предназначены для обработки входящих маршрутов с командой Match IP Address Access_List_Number!!!

На роутере R4 выполним команду Show IP BGP Regexp ^65002\$. Для чего нужна эта команда, что она выдает?

Для ускорения принятия изменений выполним команды Clear IP BGP* на роутерах R1 и R4.

В результате в таблицах маршрутизации BGP на R1 и R4 поменяются некоторые записи (Weight работает только на локальном роутере, Local Preference только в своей AS, поэтому таблицы BGP на R2 и R3 остаются без изменений).

```
R1:
r1.lab#show ip bgp
BGP table version is 28, local router ID is
192.168.100.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, *
valid, > best, i - internal,
r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.10.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.30.0.0/16	10.20.0.2	0	0	65003	i
*>i10.40.0.0/16	192.168.100.2	0	100	0	i
*>i10.60.0.0/16	10.50.0.2	0	250	0	i
				65002	
*>172.16.22.0/25	10.20.0.2	500	0	65003	?

* На роутере R4 всем маршрутам (входящим), пришедшим от R3 (AS_PATH = 65002), устанавливается атрибут Local Preference, равный 250.

R4:

```
r4.lab#show ip bgp
```

```
BGP table version is 20, local router ID is 192.168.100.2
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>i10.10.0.0/16	192.168.100.1	0	150	0	i
*>i10.30.0.0/16	10.20.0.2	0	150	0	i
				65003	
*>10.40.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.60.0.0/16	10.50.0.2	0	2000	65002	i
*>i172.16.22.0/25	10.20.0.2	500	150	0	?
				65003	

* На роутере R1 всем маршрутам устанавливается атрибут Local Preference, равный 150, на роутере R4 всем маршрутам (входящим), пришедшим от R3, устанавливаются атрибуты Weight, равные 2000.

Есть второй способ установки атрибута Weight – указать в команде Neighbor значение атрибута Weight для маршрутов, приходящих от данного «соседа». На роутере R3 всем маршрутам (входящим), пришедшим от R4, устанавливаются атрибуты Weight. Для этого выполним команды:

```
r3.lab#conf t
```

```
r3.lab(config)#router bgp 65002
```

```
r3.lab(config-router)#neighbor 10.50.0.1 weight 3000
```

Для ускорения принятия изменений выполним команду Clear IP BGP 10.50.0.1 на роутере R3.

В результате в таблице маршрутизации BGP на R3 помещается атрибут Weight у маршрутов, полученных от R4:

R3:

```
r3.lab#show ip bgp
BGP table version is 23, local router ID is 10.60.0.1
  Network          Next Hop      Metric LocPrf Weight Path
*>10.10.0.0/16    10.50.0.1    3000             65001  i
*>10.30.0.0/16    10.50.0.1    3000    65001  65003  i
*>10.40.0.0/16    10.50.0.1      0    3000    65001  i
*>10.60.0.0/16    0.0.0.0      0             32768  i
*>172.16.22.0/25 10.50.0.1    3000    65001  65003  ?
```

Атрибут MED можно устанавливать не только на перераспределяемые статические маршруты, но и на остальные маршруты с помощью Route Map. Установим на маршрут 10.60.0.0 на R3 MED = 22:

```
r3.lab#conf t
r3.lab(config)#access-list 1 permit 10.60.0.0 0.0.255.255
r3.lab(config)#route-map to_r4
r3.lab(config-route-map)#match ip address 1
r3.lab(config-route-map)#set metric 22
r3.lab(config-route-map)#exit
r3.lab(config)#router bgp 65002
r3.lab(config-router)#neighbor 10.50.0.1 route-map
to_r4 out
```

Для сравнения настроим на R3 перераспределение статических маршрутов с MED = 122:

```
r3.lab#conf t
r3.lab(config)#ip route 172.28.22.0 255.255.255.128
Null0
r3.lab(config)#router bgp 65002
r3.lab(config-router)#redistribute static metric 122
```

Для ускорения принятия изменений выполним команду Clear IP BGP 10.50.0.1 на роутере R3.

В таблицах маршрутизации BGP появятся некоторые записи, вывод команд Show IP BGP:

R1:

```
r1.lab#show ip bgp
```

BGP table version is 33, local router ID is 192.168.100.1

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.10.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.30.0.0/16	10.20.0.2	0	0	65003	i
*>i10.40.0.0/16	192.168.100.2	0	100	0	i
*>i10.60.0.0/16	10.50.0.2	22	250	0	i
				65002	
*>172.16.22.0/25	10.20.0.2	500	0	65003	?
>i172.28.22.0/25	10.50.0.2	122	250	0	?
				65002	

R2:

r2.lab#show ip bgp

BGP table version is 26, local router ID is 10.30.0.1

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.10.0.0/16	10.20.0.1	0	0	65001	i
*>10.30.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.40.0.0/16	10.20.0.1	0		65001	i
*>10.60.0.0/16	10.20.0.1	0	65001	65002	i
*>172.16.22.0/25	0.0.0.0	500		32768	?
*>172.28.22.0/25	10.20.0.1	0	65001	65002	?

R4:

r4.lab#show ip bgp

BGP table version is 39, local router ID is 192.168.100.2

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>i10.10.0.0/16	192.168.100.1	0	150	0	i
*>i10.30.0.0/16	10.20.0.2	0	150	0	i
				65003	
*>10.40.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.60.0.0/16	10.50.0.2	22	250	2000	i
				65002	
*>i172.16.22.0/25	10.20.0.2	500	150	0	?
				65003	
*>172.28.22.0/25	0.50.0.2	122	250	2000	?
				65002	

Допустим, мы не хотим, чтобы R4 распространял маршрут о сети 172.28.22.0, полученный от R3. Для этого мы уста-

навливаем нужный атрибут Community на R3 (дописываем еще одно правило в Route Map с именем to_r4):

```
r3.lab(config)#router bgp 65002
r3.lab(config-router)#neighbor 10.50.0.1 sen
r3.lab(config-router)#neighbor 10.50.0.1 send-
community
r3.lab(config-router)#exit
r3.lab(config)#access-list 2 permit 172.28.22.0
0.0.0.128
r3.lab(config)#exit
r3.lab(config)#route-map to_r4 permit 20
r3.lab(config-route-map)#match ip address 2
r3.lab(config-route-map)#set community no-advertise
* Отметим, что у нас теперь две Route Map с именем
to_r4, но с разными Sequence Number.
```

Теперь все маршруты, отправляемые к R4, проходят следующую обработку:

1) начинаем с Route Map to_r4 10, в данном Route Map указано маршруту 10.60.0.0 установить MED = 22. Поскольку сеть 172.28.22.0 не попадает под этот Route Map, то идем на шаг 2;

2) в Route Map to_r4 20 маршруту 172.28.22.0 устанавливается Community No Adverse;

3) все остальные маршруты отбрасываются.

Для ускорения принятия изменений выполним команды Clear IP BGP* на роутерах R1 и R4.

В результате из таблиц маршрутизации BGP R1 и R2 удалится запись о маршруте 172.28.22.0, а на R4 в описании маршрута 172.28.22.0 будет указан атрибут Community:

```
R1:
r1.lab#show ip bgp
BGP table version is 40, local router ID is
192.168.100.1
      Network          Next Hop      MetricLocPrf Weight Path
*>10.10.0.0/16        0.0.0.0          0           32768  i
*>10.30.0.0/16        10.20.0.2         0            0 65003  i
*>i10.40.0.0/16      192.168.100.2     0           100    0    i
*>i10.60.0.0/16      10.50.0.2         22          250    0    i
```

```

        65002
*>172.16.22.0/25 10.20.0.2 500 0 65003 ?

```

R2:

```
r2.lab#show ip bgp
```

```
BGP table version is 29, local router ID is 10.30.0.1
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.10.0.0/16	10.20.0.1	0	0	65001	i
*>10.30.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.40.0.0/16	10.20.0.1	0		65001	i
*>10.60.0.0/16	10.20.0.1	0	65001	65002	i
*>172.16.22.0/25	0.0.0.0	500		32768	?

R4:

```
r4.lab#show ip bgp 172.28.22.0
```

```
BGP routing table entry for 172.28.22.0/25, version 43
```

```
Paths: (1 available, best #1, table Default-IP-
```

```
Routing-Table, not advertised to any peer)
```

```
Flag: 0x820
```

```
Not advertised to any peer
```

```
65002
```

```
10.50.0.2 from 10.50.0.2 (10.60.0.1)
```

```
Origin incomplete, metric 0, localpref 250, weight 2000, valid, external, best
```

```
Community: no-advertise
```

```
r4.lab#show ip bgp
```

```
BGP table version is 49, local router ID is 192.168.100.2
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>i10.10.0.0/16	192.168.100.1	0	150	0	i
*>i10.30.0.0/16	10.20.0.2	0	150	0	i
				65003	
*>10.40.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.60.0.0/16	10.50.0.2	22	250	2000	i
				65002	
*>i172.16.22.0/25	10.20.0.2	500	150	0	?
				65003	
*>172.28.22.0/25	10.50.0.2	0	250	2000	?
				65002	

Допустим, мы хотим, чтобы R1 распространял только определенные маршруты к R2, для этого выполним последовательность команд на R1 (аналогичным образом можно фильтровать получаемые маршруты, только в последней команде на конце будет `filter-list in`):

```
r1.lab#conf t
r1.lab(config)#access-list 1 permit 10.60.0.0
0.0.255.255
r1.lab(config)#access-list 1 permit 10.40.0.0
0.0.255.255
r1.lab(config)#router bgp 65001
r1.lab(config-router)#neighbor 10.20.0.2 distribute-list 1 out
sw3.lab# configure terminal
sw3.lab # interface fastethernet0/2
sw3.lab #switchport mode trunk
```

* Access-list читаются последовательно сверху вниз, сети, которые не попали ни под какую строку, отбрасываются.

Для ускорения принятия изменений выполним команды **Clear IP BGP 10.20.0.2** на роутере R1.

В результате из таблиц маршрутизации BGP R2 удалятся все записи маршрутов, не удовлетворяющие правилам фильтрации на R1.

```
R2:
r2.lab#show ip bgp
BGP table version is 34, local router ID is
10.30.0.1
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*>10.30.0.0/16	0.0.0.0	0		32768	i
*>10.40.0.0/16	10.20.0.1	0		65001	i
*>10.60.0.0/16	10.20.0.1	0	65001	65002	i
*>172.16.22.0/25	0.0.0.0	500		32768	?

* R1 посылает R2 только маршруты о сетях 10.40.0.0 и 10.60.0.0.

Аналогично фильтрацию маршрутов можно сделать с помощью Route Map (все маршруты, не попавшие ни под какие Route Map, отбрасываются), но так, чтобы AS_Path для мар-

шрутов 10.40.0.0 и 10.60.0.0 был такой, как будто они прошли через AS 65222. Для этого выполним последовательность команд на R1:

```
r1.lab#conf t
r1.lab(config)#route-map to_r2
r1.lab(config-route-map)#match ip address 1
r1.lab(config-route-map)#set as-path prepend 65222
r1.lab(config-route-map)#exit
r1.lab(config)#router bgp 65001
r1.lab(config-router)#neighbor 10.20.0.2 route-map
to_r2 out
```

Для ускорения принятия изменений выполним команды Clear IP BGP 10.20.0.2 на роутере R1.

В результате в таблице маршрутизации BGP R2 у двух данных маршрутов будет новый AS_PATH:

```
R2:
r2.lab#show ip bgp
BGP table version is 42, local router ID is 10.30.0.1
   Network          Next Hop      MetricLocPrf Weight Path
   *>10.30.0.0/16    0.0.0.0       0           32768  i
   *>10.40.0.0/16    10.20.0.1     0    65001  65222  i
   *>10.60.0.0/16    10.20.0.1     0    65001  65222  i
                                     65002
   *>172.16.22.0/25  0.0.0.0       500          32768  ?
```

Сохраним вашу конфигурацию на всех устройствах, выполнив следующие команды:

```
sw1.lab# copy running-config startup-config
sw2.lab# copy running-config startup-config
sw3.lab# copy running-config startup-config
sw4.lab# copy running-config startup-config
r4.lab# copy running-config startup-config
```

Задания для самостоятельной работы

1. Ответьте на вопросы в тексте лабораторной работы.
2. Создайте на R3 маршрут к сети 172.16.22.0/25, скорректируйте настройки Route Map, чтобы они пропускали данный маршрут.

шрут с MED 22, проиллюстрируйте на R4 алгоритм BGP выбора маршрута к сети 172.16.22.0/25.

3. По окончании работ сотрите свою конфигурацию (Erase Startup-Config) и перезагрузите оборудование (Reload) с помощью лаборанта.

Вопросы для самопроверки

1. Виды классов сетей.
2. Какие данные указываются при статической маршрутизации?
3. Что означает метрика, IP Address, Subnet Mask в протоколе RIP?
4. Правило определения маски подсети в RIPv1.
5. Перечислите этапы алгоритма RIP.
6. Какие правила используются при борьбе с петлями?
7. Таймер Hold-Down.
8. Перечислите основные виды сообщений BGP-4.
9. Перечислите этапы алгоритма наилучшего маршрута в BGP-4.
10. Атрибут NEXT_HOP в BGP-4.
11. Атрибут AS_PATH в BGP-4.

Список литературы по главе 4

1. Хелеби С., Мак-Ферсон Д. Принципы маршрутизации в Internet: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 448 с
2. Программа сетевой академии Cisco CCNA 1 и 2. Вспомогательное руководство: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2008. – 1168 с.
3. Протокол BGP4 [Электронный ресурс]: Текстовая документация / Opennet.ru. – 2011 – URL: www.opennet.ru/docs/RUS/bgp_rus.
4. Cross-Platform Release Notes for Cisco IOS Release 12.4, Part 4: Related Documentation [Электронный ресурс]: Текстовая документация / Cisco. – 2011. – URL: http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_4/release/notes/124DOCS.html#wp28696.

Учебное издание

МАСИЧ Григорий Федорович

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Учебное пособие

Редактор и корректор *В.В. Мальцева*

Подписано в печать 5.03.2014. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 12,0. Тираж 100 экз. Заказ № 32/2014.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.