



**БУЛАТ**

Экспертиза. Лидерство.  
Инновации.

# **VulatOS-R. Руководство ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.**

**VulatOS-R**

# Содержание

<b>1. Введение</b> .....	<b>5</b>
1.1 Аннотация .....	5
1.2 Целевая аудитория .....	5
1.3 Обозначения используемые в документе .....	5
1.4 Подсказки, примечания и предупреждения .....	6
<b>2. Список терминов и сокращений</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Доступ к устройству и работа с командной строкой</b> .....	<b>11</b>
3.1 Доступ к устройству .....	11
3.2 Работа с командной строкой .....	12
3.3 Режимы работы с CLI .....	14
3.3.1 Операционный режим .....	15
3.3.2 Конфигурационный режим .....	15
<b>4. Настройка системных параметров</b> .....	<b>17</b>
4.1 Настройка доступа к маршрутизатору для управления .....	17
4.2 Настройка общих параметров системы .....	17
4.3 Управление пользователями .....	18
4.4 Настройка SSH сервера .....	20
4.5 Доступ к маршрутизатору с использованием открытого ключа .....	20
4.6 Настройка Syslog .....	21
4.7 Настройка DNS .....	23
4.8 Настройка TACACS+ клиента .....	23
4.9 Настройка NTP клиента .....	24
4.10 Настройка SNMP .....	24
4.11 Настройка ACL .....	26
<b>5. Настройка интерфейсов</b> .....	<b>27</b>
5.1 Типы и наименования интерфейсов .....	27
5.2 Общие настройки интерфейсов .....	27
5.3 Настройка L3 интерфейса .....	28
5.4 Настройка сабинтерфейсов .....	29
5.5 Настройка агрегированных интерфейсов .....	29

<b>6. Настройка статической маршрутизации.....</b>	<b>31</b>
6.1 Постоянные маршруты в BulatOS-R .....	31
6.2 Настройка статических маршрутов для глобальной таблицы маршрутизации (GRT) .....	31
6.3 Настройка статических маршрутов для экземпляра VRF .....	35
<b>7. Настройка протокола OSPF .....</b>	<b>40</b>
7.1 Общие сведения о протоколе.....	40
7.2 Настраиваемые параметры.....	40
7.3 Базовая настройка протокола OSPF .....	41
<b>8. Настройка протокола IS-IS .....</b>	<b>49</b>
8.1 Общие сведения о протоколе.....	49
8.2 Настраиваемые параметры.....	49
8.3 Базовая настройка протокола IS-IS.....	50
<b>9. Настройка протокола BGP .....</b>	<b>59</b>
9.1 Общие сведения о протоколе.....	59
9.2 Настраиваемые параметры.....	59
9.3 Базовая настройка протокола BGP .....	60
<b>10. Настройка MPLS и протокола LDP.....</b>	<b>66</b>
10.1 Общие сведения о MPLS и протоколе LDP.....	66
10.2 Настраиваемые параметры.....	66
10.3 Базовая настройка протокола LDP .....	67
<b>11. Настройка протокола RSVP-TE.....</b>	<b>76</b>
11.1 Общие сведения о MPLS и протоколе RSVP-TE.....	76
11.2 Настраиваемые параметры.....	76
11.2 Базовая настройка протокола RSVP-TE .....	76
<b>12. Настройка MPLS VPN .....</b>	<b>89</b>
12.1 Общие сведения о MPLS VPN .....	89
12.2 Настраиваемые параметры.....	90
12.3 Базовая настройка MPLS L3VPN .....	91
<b>13. Настройка качества обслуживания.....</b>	<b>105</b>
13.1 Общие сведения о качестве обслуживания в BulatOS-R.....	105
13.2 Базовая настройка качества обслуживания .....	106
<b>14. Настройка протокола BFD.....</b>	<b>110</b>

14.1 Общие сведения о протоколе.....	110
14.2 Настраиваемые параметры.....	110
14.3 Базовая настройка протокола BFD для протокола OSPF .....	110
<b>Приложение 1. Символы в регулярных выражениях.....</b>	<b>116</b>

# 1. Введение

## 1.1 Аннотация

Настоящее руководство содержит описание методов настройки функций маршрутизаторов Булат серии BR9000 с программным обеспечением BulatOS-R версии 1.0. В разделах руководства приведены примеры настройки функциональных блоков. Полное описание всех имеющихся команд с пояснением их параметров содержится в документе "СПРАВОЧНИК КОМАНД CLI ДЛЯ BR9000".

## 1.2 Целевая аудитория

Руководство по настройке предназначено для технического персонала, выполняющего настройку и мониторинг маршрутизаторов серии BR9000 посредством интерфейса командной строки (CLI). Квалификация технического персонала предполагает знание основ работы стека протоколов TCP/IP и принципов построения IP/MPLS-сетей.

## 1.3 Обозначения используемые в документе


Таблица 1.1 Области применения стилей оформления


Стиль оформления	Область применения	Пример
Обычный шрифт	Текст документа.	Это обычный текст.
Полужирный шрифт	Названия элементов пользовательского интерфейса (команды, параметры команд, кнопки клавиатуры, символы консоли и др.).	Для настройки параметров интерфейсов используйте команду <b>interface</b> .
Моноширинный шрифт	Синтаксис и примеры команд, вывод команд.	<code>#configure terminal</code>

Таблица 1.2. Условные обозначения, используемые при описании синтаксиса команд

Условное обозначение	Описание	Пример
<>	Значение параметра.	<code>&lt;FILENAME&gt;</code>
	Список возможных значений, разделённых символом вертикальной черты.	<code>&lt;A.B.C.D&gt;   all</code>
[]	Оptionальные параметры, из которых допустимо не указать ни одного, указать один параметр, несколько параметров или все параметры.	<code>[&lt;URL&gt;   &lt;A.B.C.D&gt;]</code>
{}	Выбор одного параметра из списка.	<code>{radius   tacacs+}</code>

## 1.4 Подсказки, примечания и предупреждения

 Подсказки содержат полезную информацию, которую можно использовать при настройке устройства.

 Примечания содержат важную информацию, советы или рекомендации по использованию и настройке устройства.

- ✘ Предупреждения информируют пользователя о ситуациях, которые могут нанести вред устройству, привести к некорректной работе системы, потере данных или нарушению прохождения и обработки трафика.

## 2. Список терминов и сокращений



<b>AAA</b>	Authentication, Authorization, Accounting
<b>ABR</b>	Area Border Router
<b>ACL</b>	Access Control List
<b>AS</b>	Autonomous System
<b>BFD</b>	Bidirectional Forwarding Detection
<b>BGP</b>	Border Gateway Protocol
<b>CE</b>	Customer Edge
<b>CIDR</b>	Classless Inter-Domain Routing
<b>CLI</b>	Command Line Interface
<b>CoS</b>	Class of Service
<b>CSPF</b>	Constrained Shortest Path First
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol
<b>DNS</b>	Domain Name System
<b>DR</b>	Designated Router
<b>DSCP</b>	Differentiated Services Code Point
<b>EGP</b>	Exterior Gateway Protocol
<b>GRT</b>	Global Routing Table
<b>HSL</b>	Hardware Services Layer
<b>IGP</b>	Interior Gateway Protocol
<b>IPv4</b>	Internet Protocol version 4

<b>IPv6</b>	Internet Protocol version 6
<b>IS-IS</b>	Intermediate System to Intermediate System
<b>L2VPN</b>	Layer 2 Virtual Privat Network
<b>L3VPN</b>	Layer 3 Virtual Privat Network
<b>LACP</b>	Link Aggregation Control Protocol
<b>LAG</b>	Link Aggregation Group
<b>LDP</b>	Label Distribution Protocol
<b>LER</b>	Label Edge Router
<b>LSDB</b>	Link State DataBase
<b>LSP</b>	Label Switched Path
<b>LSR</b>	Label Switch Router
<b>MIB</b>	Management Information Base
<b>MPLS</b>	Multiprotocol Label Switching
<b>NET</b>	Network Entity Title
<b>NTP</b>	Network Time Protocol
<b>OID</b>	Object Identifier
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection
<b>OSPF</b>	Open Shortest Path First
<b>PDU</b>	Protocol Data Units
<b>P</b>	Provider
<b>PE</b>	Provider Edge

<b>PW</b>	PseudoWire
<b>QoS</b>	Quality of Services
<b>RADIUS</b>	Remote Authentication Dial-In User Service
<b>RSVP-TE</b>	Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol
<b>SNTP</b>	Simple Network Time Protocol
<b>SSH</b>	Secure SHell
<b>STP</b>	Spanning Tree Protocol
<b>SYSLOG</b>	SYStem Log
<b>TACACS+</b>	Terminal Access Controller Access Control System plus
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>TELNET</b>	TELEtype NETwork
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol
<b>VLAN</b>	Virtual Local Area Network
<b>VPN</b>	Virtual Privat Network
<b>VRF</b>	Virtual Routing and Forwarding
<b>WRED</b>	Weighted Random Early Detection

# 3. Доступ к устройству и работа с командной строкой

## 3.1 Доступ к устройству


Доступ к устройству при первоначальной настройке выполняется через последовательный консольный порт (  ) или через порт управления Gigabit Ethernet (  ) по протоколу SSH. Указанные порты расположены на панели фабрики коммутации с задней стороны маршрутизатора. При этом настройка порта управления выполняется только через консольное подключение к последовательному порту.

Настройки последовательного порта:

- скорость передачи (baud rate): 115200 бод;
- биты данных (data bits) 8;
- стоповые биты (stop bits) 1;
- бит контроля по четности (parity bits) none;
- контроль потока (flow control) none.

Для доступа к устройству через порт управления по протоколу SSH порт управления требуется настроить - см. раздел "Настройка системных параметров".

Учётной записью по умолчанию является bulat с паролем bulat. Данной учётной записью можно воспользоваться для авторизации на маршрутизаторе и получения доступа к командному интерфейсу в процессе первоначальной настройки.

 BulatOS-R имеет систему разделения привилегий пользователей. Пользователю bulat по умолчанию назначены максимальные привилегии.

Подключение к маршрутизатору через SSH.

```
C:\Users\user>ssh 192.168.0.1 -l bulat
(bulat@192.168.0.1) Password:

BulatOS-R 1.0 BR9008 Router 21:45:27 UTC 11/09/2025
```

- ✓ Внешний вид и содержимое текста после успешной регистрации определяется настройкой баннера - см. раздел "Настройка системных параметров".

## 3.2 Работа с командной строкой

Основным инструментом настройки и управления маршрутизатором является интерфейс командной строки (CLI -Command Line Interface).

При вводе команд можно использовать клавиши табуляции и вопросительного знака.

По клавише табуляции происходит либо автозаполнение неполностью введенной команды, либо выдаются возможные варианты для ввода.

Использование клавиши табуляции.

```
BR1>show int<Tab>
BR1>show interface

BR1>show i<Tab>
igmp      interface ip          ipv6      isis
BR1>show i
```

Помимо этого можно вводить команды и их параметры не полностью, а только их первые символы в случае, если это однозначно идентифицирует команду или параметр.

Сокращенный ввод команд.

```
BR1>sh int br
Эквивалентно
BR1>show interface brief
```

По вопросительному знаку выдается подсказка о функционале вводимой команды или список возможных вариантов команд с кратким описанием их функций.

Просмотр справочной информации.

```

BR1>show interface ?
  IFNAME      Interface name
  brief       Brief details
  capabilities Capabilities
  controllers transceivers eeprom information
  counters    Counters
  description Description of the interface
  errdisable  Error disabled
  switchport  Display the modes of the Layer2 interfaces
  transceiver transceiver info such as volt,temp,power and current
  |          Output modifiers
  >         Output redirection
  <cr>

BR1>show interface

```

В случае, если вывод команды объемный и не помещается на один экран, используется построчное отображение результатов:

- Для перехода к следующему экрану используется клавиша пробел.
- Для сдвига экрана вверх на одну строку и показа следующей строки используется клавиша Enter.
- Для прерывания вывода команды и переход в режим ввода используется символ q.

Для комфортного поиска необходимых сведений в информации, получаемой по итогам исполнения команды **show**, предусмотрена возможность использования фильтров.

Для активации фильтрации требуется добавить в конец командной строки символ вертикальной черты ( | ), а затем указать один из фильтров и шаблон поиска. В качестве шаблона может использоваться как текстовая строка, так и регулярное выражение - см. Приложение 1.

Таблица 3.1. Шаблоны экранных фильтров

Фильтр	Описание
<b>begin</b> <шаблон>	Отобразить все строки, начиная со строки, содержащей указанный в фильтре шаблон поиска.
<b>exclude</b> <шаблон>	Отобразить все строки, не содержащие указанный в фильтре шаблон поиска.

Фильтр	Описание
<b>include</b> <шаблон>	Отобразить все строки, содержащие указанный в фильтре шаблон поиска.
<b>redirect</b> <File_Name>	Перенаправить вывод команды с экрана в файл <File_Name>

Использование фильтров.

```
BR1>show interface brief | include 400g
cd4/0    ETH  --  routed      down  PD   400g  --
cd4/1    ETH  --  routed      down  PD   400g  --
cd4/2    ETH  --  routed      down  PD   400g  --
```

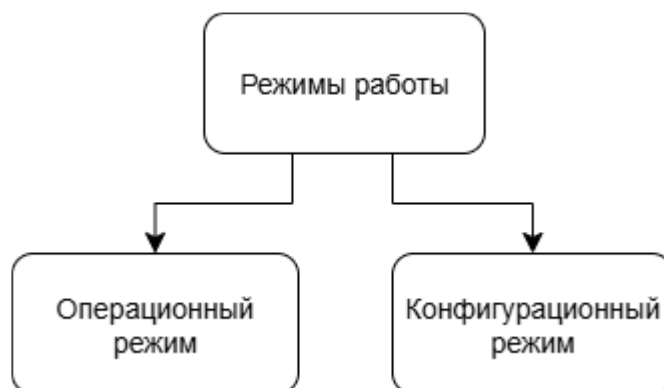
Для завершения сеанса работы с CLI используются команды **exit** или **logout**.

Выход из CLI.

```
BR1>exit
```

### 3.3 Режимы работы с CLI

Режимы работы в CLI по их назначению можно разделить на 2 основных: операционный и конфигурационный.



### 3.3.1 Операционный режим

Операционный режим является базовым уровнем работы в CLI и первым режимом при подключении к маршрутизатору.

В операционном режиме разрешено использование команд, позволяющих проводить:

- просмотр параметров конфигурации и работы маршрутизатора;
- переход в операционный режим с привилегированным доступом, применяемый для:
  - внесения ограниченных изменений в конфигурацию маршрутизатора;
  - перехода в конфигурационный режим.

Внешний вид приглашения для ввода команд и переход в операционный режим с привилегированным доступом с помощью команды **enable**.

```
BR1>enable
BR1#
```

Выход из режима с привилегированным доступом производится с помощью команды **exit**.

```
BR1#exit
BR1>
```

Переходы между режимами и завершение сеанса работы с CLI иллюстрирует следующая диаграмма.



### 3.3.2 Конфигурационный режим

В конфигурационном режиме разрешено использование команд, позволяющих проводить:

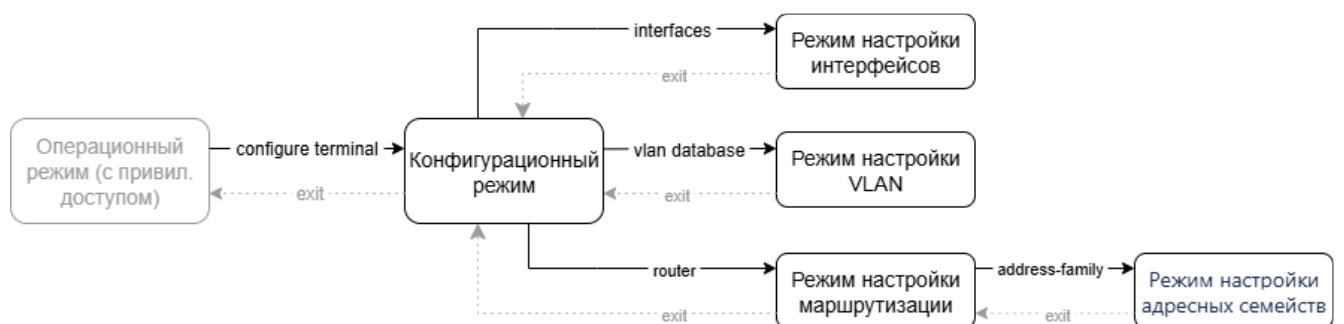
- настройку маршрутизатора;
- возврат в операционный режим с привилегированным доступом;
- переход к специализированным режимам.

Переход в конфигурационный режим выполняется из операционного режима с привилегированным доступом с помощью команды **configure terminal**.

```
BR1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
BR1(config)#
```

Из конфигурационного режима возможен переход в специализированные режимы такие как interface, router, key chain, route map и т.п. Все специализированные режимы описываются в разделах по настройке соответствующих функций.

Пример переходов между режимами иллюстрирует следующая диаграмма.



Выход из специализированных режимов в конфигурационный режим и выход из конфигурационного режима в операционный режим с привилегированным доступом выполняется с помощью команды **exit**.

```
BR1(config)#router ospf
BR1(config-router)#exit
BR1(config)#exit
BR1#
```

**!** Не следует без необходимости работать с CLI в конфигурационном режиме поскольку это может привести к ошибкам в настройках и некорректной работе маршрутизатора.

# 4. Настройка системных параметров

---

## 4.1 Настройка доступа к маршрутизатору для управления

Доступ к интерфейсу командной строки по протоколу SSH возможен как через специально выделенный порт управления Gigabit Ethernet (Out-of-Band management), так и любой другой порт маршрутизатора (In-Band management).

Для целей управления на маршрутизаторе выделен отдельный экземпляр VRF с именем **management**. Все интерфейсы через которые может осуществляться доступ маршрутизатору по протоколу SSH должны быть включены в этот VRF.

Для настройки доступа к интерфейсу командной строки порту управления должен быть присвоен IP адрес и сетевая маска. Кроме того это порт должен быть включен в VRF с именем **management**.

Настройка порта управления.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#int mgmt0
BR1(config-if)#ip address 192.168.0.1/24
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#ip route vrf management 0.0.0.0/0 192.168.0.254 mgmt0
```

## 4.2 Настройка общих параметров системы

При начальной настройке системы необходимо настроить ряд общих параметров:

- имя маршрутизатора
- дата, время и временная зона
- внешний вид баннера при входе в систему.

Установка имени маршрутизатора.

```
>enable
#configure terminal
(config)#hostname BR1
BR1(config)#exit
BR1#exit
BR1>
```

### Установка даты и времени.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#clock timezone Moscow
BR1(config)#exit
BR1#clock set 2025-10-2025 10:25:30
BR1# clock format 24
BR1#show clock
10:26:54 Europe/Moscow UTC+0300 Thu Oct 23 2025
BR1#exit
BR1>
```

### Настройка баннера.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#banner motd Hello! This is BulatOS-R.
BR1#exit
BR1>
```

## 4.3 Управление пользователями

Управление пользователями - это функция аутентификации, которая предоставляет администраторам возможность идентифицировать пользователей, которые входят в сеть, и контролировать их. Каждый пользователь системы при создании его учетной записи должен быть отнесен к одной из пяти групп в зависимости от необходимых ему привилегий и прав доступа.

Таблица 4.1. Роли пользователей.

Роль	Уровень прав доступа	Описание прав доступа
Суперпользователь (super-user)	15	Суперпользователь может вносить любые изменения в конфигурацию маршрутизатора, сохраняемые при перезапуске или перезагрузке маршрутизатора. Суперпользователю предоставлены права доступа к функционалу Bulat OS Shell.

Роль	Уровень прав доступа	Описание прав доступа
Сетевой администратор (network-admin)	14	Сетевой администратор может вносить любые изменения в конфигурацию маршрутизатора, сохраняемые при перезапуске или перезагрузке маршрутизатора. Сетевой администратор не имеет прав доступа к функционалу Bulat OS Shell.
Сетевой инженер (network-engineer)	12	Сетевой инженер может вносить лимитированные изменения в конфигурацию, сохраняемые при перезапуске или перезагрузке маршрутизатора.
Сетевой оператор (network-operator)	11	Сетевой оператор может просматривать любые параметры конфигурации маршрутизатора, но не имеет прав на внесение изменений в конфигурацию маршрутизатора.
Пользователь (network-user)	1-10	Пользователь может инициировать выполнение отдельных команд на маршрутизаторе (в соответствии с индивидуальным уровнем привилегий, заданных на сервере RADIUS/TACACS+).

При создании учетной записи пользователя указывается его имя, роль и пароль.

Создание учетной записи пользователя.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
BR1(config)#username testuser role network-user password qwerty
BR1(config)#exit
BR1#exit
BR1>show user-account
User:admin
                role: network-admin
User:testuser
                role: network-user
```

Для удаления учетной записи пользователя используется отрицательная форма команды username.

```
BR1(config)#no username testuser
```

Для улучшения защиты от несанкционированного доступа к устройству, авторизация возможна через механизм открытых ключей.

## 4.4 Настройка SSH сервера

SSH - это сетевой протокол, который позволяет обмениваться данными по защищенному каналу между двумя подключенными к сети устройствами. SSH был разработан в качестве замены Telnet и других небезопасных способов удаленного подключения, которые отправляют информацию, в частности пароли, в виде обычного текста, что делает их уязвимыми для анализа пакетов. Шифрование, используемое SSH, предназначено для обеспечения конфиденциальности и целостности данных в незащищенной сети, такой как Интернет. SSH использует криптографию с открытым ключом для аутентификации удаленного компьютера и позволяет удаленному компьютеру аутентифицировать пользователя. SSH использует модель клиент-сервер. При установке сессии SSH для работы с маршрутизатором в режиме командной строки маршрутизатор выступает в роли сервера.

При настройке SSH сервера указываются количество попыток авторизации, номер порта TCP, алгоритм шифрования и VRF из которых разрешен доступ.

Настройка SSH сервера.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#ssh login-attempts 2 vrf management
BR1(config)#ssh server port 1720

BR1#show ssh server
VRF management:
ssh server enabled port: 1720
authentication-retries 2
```

## 4.5 Доступ к маршрутизатору с использованием открытого ключа

Для доступа к маршрутизатору с использованием открытого ключа на рабочем месте, которое будет использовано для подключения требуется сгенерировать пару ключей - открытый ключ и секретный ключ. Открытый ключ должен быть передан на маршрутизатор каким либо способом. Затем этот открытый ключ указывается в качестве способа авторизации для пользователя. Секретный ключ должен быть сохранен на рабочем месте удаленного доступа и будет использоваться для генерации цифровой подписи пользователя.

Настройка авторизации пользователя по открытому ключу.

```

BR1>enable
BR1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
BR1(config)#feature ssh vrf management
BR1(config)#username testuser sshkey
AAAAB3NzaC1yc2EAAAADAQABAAQAC8XhFiGlZP6yY
6qIWUkew884NvqXqMPS0w3fQe5kgpXvX0SbcU15axI/
VHVgU2Y0/
ogAtRULAk5soRrf5lZ2+rT0zNP37m+Tm5HIEFKZZut0
FffGSuXtPKbE+GGlQYHEzC8RSnqQuHlxrlve3lGbB1U
UxuWhMzJfgc2vZ78V2znd2zk4ygiN1jx1sE8UI98WyI
cwuq44tzuIaUYAICIfRQJXriQml+QcJ9NER508rMS5D
5NnTVh1nroqoozY8i/
qMKfhCFMbySjiDMHU9GclNsNbIF/
DQbvWeskFFEvf6f0rzXyvq26NpgaJnZ4pQVzGk0aVw1
6Cy3csoTncw0vyXV bob@localhost.localdomain
BR1#exit

```

## 4.6 Настройка Syslog

Syslog (системный журнал) – стандарт отправки и регистрации сообщений о происходящих в системе событиях (то есть создания событийных журналов) использующийся в сетях, работающих по протоколу IP. Фильтром заносимых в журнал сообщений является минимальная степень важности (severity) событий. Все системные события, имеющие важность равную или более высокую, чем заданная, подлежат записи в журнал событий устройства.

При генерации сообщений используются следующие стандартные значения степеней важности (severity):

Таблица 4.2. Степени важности сообщений syslog.

Код	Важность	Описание
0	Emergency	Чрезвычайная ситуация, система не может использоваться.
1	Alert	Тревога, требуются незамедлительные действия.
2	Critical	Критическая ситуация
3	Error	Ошибка
4	Warning	Предупреждение
5	Notice	Замечание, требуется обратить внимание

Код	Важность	Описание
6	Informational	Информационное сообщение
7	Debug	Отладочная информация

BulatOS-R поддерживает запись сообщений syslog на консоль, в локальный файл и удаленный syslog сервер.

Активация syslog.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#log syslog
```

Направление сообщений в файл. Уровень критичности 0 - 4, максимальный размер файла 1MB.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#logging logfile testlog 4 size 1048576
```

#### ✓ Для информации

- Если не указан полный путь к файлу syslog, то он помещается в папку /var/log.
- При достижении максимального размера файла его копия сохраняется, а запись сообщений начинается заново.

Направление сообщений на консоль. Уровень критичности 0 - 2.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#logging console 2
```

Направление сообщений на внешний сервер. Уровень критичности 0 - 5.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#logging server 192.168.10.2 5 vrf management
```

## 4.7 Настройка DNS

Система доменных имен (DNS) - это интернет-сервис, который преобразует доменные имена в IP-адреса. Когда используется доменное имя, служба DNS преобразует его в соответствующий IP-адрес. BulatOS-R поддерживает DNS через default и management VRF через Out-of-Band и In Band управление. Эту функцию можно включить для одновременной работы в режиме default и management VRF. По умолчанию она работает в режиме management VRF.

Подключение к DNS серверу и добавление BR1 к службе DNS.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#ip name-server vrf management 192.168.12.1
BR1(config)#ip host BR1 vrf management 192.168.10.1
```

## 4.8 Настройка TACACS+ клиента

Протокол Terminal Access Controller Access Control System Plus (TACACS+) – это протокол удаленной аутентификации, который используется для взаимодействия с сервером аутентификации. С помощью TACACS+ сетевое устройство взаимодействует с сервером аутентификации чтобы определить, должен ли конкретный пользователь получить доступ к устройству. TACACS+ по умолчанию использует порт 49.

Настройка TACACS+ клиента на маршрутизаторе.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#feature tacacs+ vrf management
BR1(config)#tacacs-server host 192.168.13.1 vrf management key qwerty
BR1(config)#aaa group server tacacs+ Tacacs vrf management
BR1(config-tacacs)#server 192.168.13.1
BR1(config-tacacs)#exit
```

Идентификация (authentication) пользователя это проверка подлинности пользователя путём сравнения его учетных данных, сохранённым на сервере TACAS+.

Включение идентификации пользователей с помощью TACACS+.

```
BR1(config)#aaa authentication login default vrf management group Tacacs
```

Авторизация (authorization) пользователя это предоставление ему прав на выполнение определённых действий. Авторизация осуществляется путем сопоставления прошедших идентификацию пользователей с одной из существующих предопределённых ролей (уровня привилегий). Роли и уровни привилегий указаны в Таблице 4.1 глава "Управление пользователями".

Команды для включения авторизации нет. Функция авторизации включена по умолчанию, когда включена удалённая идентификация с помощью TACACS+.

С использованием сервера TACACS+ также можно вести учёт действий пользователя (accounting).

Включение учёта действий пользователей на сервере TACACS+.

```
BR1(config)#aaa accounting default vrf management group Tacacs  
BR1(config)#exit
```

## 4.9 Настройка NTP клиента

Помимо установки системного времени вручную, в BulatOS-R есть возможность получения точного времени от централизованного сервера NTP. В этом случае маршрутизатор выступает в качестве клиента NTP.

Подключение к серверу NTP.

```
BR1#configure terminal  
BR1(config)#feature ntp vrf management  
BR1(config)#ntp enable vrf management  
BR1(config)#ntp server 192.168.15.1 vrf management  
BR1(config)#exit
```

## 4.10 Настройка SNMP

SNMP (Simple Network Management Protocol – простой протокол сетевого управления) – стандартный интернет-протокол для управления устройствами в IP-сетях на основе архитектур UDP/TCP. Протокол обычно используется в системах сетевого управления

для контроля подключенных к сети устройств на предмет условий, которые требуют внимания администратора.

Компоненты SNMP:

- SNMP-менеджер – система, которая управляет процессом мониторинга. Обычно устанавливается на NMS (Network Management Station) – сервере или специализированном ПО для администрирования сети. Роль менеджера: отправлять запросы к агентам и собирать ответы, хранить и анализировать собранные данные, визуализировать состояние сети (через консоль, панели мониторинга, отчёты).
- SNMP-агент – программа на сетевом устройстве, которая собирает локальные данные и отправляет их менеджеру.
- База данных MIB (Management Information Base) – структурированное описание всех параметров, которые доступны для мониторинга и управления на устройстве. У каждого объекта в базе есть уникальный идентификатор – OID (Object Identifier).

Протокол работает через обмен специальными сообщениями – Protocol Data Units (PDU). Процесс взаимодействия:

- Менеджер отправляет устройству запрос: например, «Сколько пакетов прошло через этот интерфейс?» или «Какова температура процессора?».
- Агент ищет нужное значение в своей базе MIB и возвращает его менеджеру.

Маршрутизаторы серии BR9000 поддерживают протокол версий SNMPv1, SNMPv2, SNMPv3.

Создание экземпляра SNMP для vrf management.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#snmp-server view testview .1 included vrf management
```

Создание community для группы network-operator.

```
BR1(config)#snmp-server community testcomm group network-operator vrf management
```

Настройка сервера для отправки сообщений.

```
BR1(config)#snmp-server host 192.168.16.1 traps version 2c testcomm vrf management
```

### Активация SNMP агента.

```
BR1(config)#snmp-server enable snmp vrf management
BR1(config)#exit
```

## 4.11 Настройка ACL

Список контроля доступа это способ регулировать прохождение пакетов через интерфейс на основании значений заголовков, политик и действий. Он применяется на интерфейсе и обрабатывает входящий и исходящий трафик. Список состоит из правил. Правило обладает следующими атрибутами:

- Имеет порядковый номер для указания места в общей очереди сопоставления для её перебора;
- Содержит критерии для сопоставления. Как только будет найдено правило, критерии которого удовлетворены, перебор прекратится;
- Содержит список действий, который будет применён к пакету.

### Создание списка контроля доступа.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#ip access-list acl1
BR1(config-ip-acl)#permit any 192.168.10.1/24 any
BR1(config-ip-acl)#deny any 192.168.0.0/16 any
BR1(config-ip-acl)#exit
BR1(config)#
```

### Применение ACL к интерфейсу для входящего трафика.

```
BR1(config)#interface xe1
BR1(config-if)#ip access-group acl1 in
BR1(config)#exit
```

# 5. Настройка интерфейсов

Через интерфейсы происходит обмен трафиком между маршрутизатором и внешними системами.

## 5.1 Типы и наименования интерфейсов

В BulatOS-R существуют интерфейсы следующих типов:

Таблица 5.1 Типы интерфейсов

Наименование интерфейса	Описание
mgmt0	Выделенный интерфейс Gigabit Ethernet для управления
loopback1, loopback2...	Loopback интерфейсы.
xeA/B	10 Gigabit Ethernet. А - номер слота маршрутизатора где установлена линейная плата, В - номер порта на линейной плате.
ceA/B	100 Gigabit Ethernet. А - номер слота маршрутизатора где установлена линейная плата, В - номер порта на линейной плате.
cdA/B	400 Gigabit Ethernet. А - номер слота маршрутизатора где установлена линейная плата, В - номер порта на линейной плате.
saN	Статический агрегированный интерфейс (LAG). N - номер интерфейса.
poN	Агрегированный интерфейс (LAG) - LACP. N - номер интерфейса.
xeA/B.N ceA/B.N cdA/B.N	Сабинтерфейс. А - номер слота маршрутизатора где установлена линейная плата, В - номер порта на линейной плате, N - номер сабинтерфейса

## 5.2 Общие настройки интерфейсов

Для использования интерфейса маршрутизатора он должен быть предварительно настроен. На интерфейсах настраивается:

- Описание интерфейса
- Административный статус интерфейса

- Режим работы - полудуплексный или дуплексный
- IP адрес интерфейса
- Принадлежность интерфейса к VRF
- Максимальный размер пакета для интерфейса
- Ограничение полосы пропускания на интерфейсе
- Параметры BFD для интерфейса
- Применяемые ACL для интерфейса
- Политики QoS для интерфейса
- Метод инкапсуляции для сабинтерфейса
- Режим flowcontrol на интерфейсе

Базовая настройка интерфейса.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#interface ce0/5
BR1(config-if)#description 100GE link to test router BR2 port ce1/2
BR1(config-if)#mtu 1500
BR1(config-if)#duplex full
BR1(config-if)#exit
```

### 5.3 Настройка L3 интерфейса

При настройке интерфейса для работы в режиме L3 маршрутизации этому интерфейсу должен быть присвоен IP адрес включая маску подсети и принадлежность интерфейса к определенному VRF. Если принадлежность к VRF не указана, то интерфейс будет принадлежать к VRF **default**. К интерфейсу может быть применен список контроля доступа - см. раздел Настройка системных параметров.

Настройка L3 Интерфейса.

```
BR1(config)#interface ce0/4
BR1(config-if)#ip address 192.168.1.1/24 vrf VRF1
BR1(config-if)#ip vrf forwarding VRF1
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#exit
```

## 5.4 Настройка сабинтерфейсов

Сабинтерфейс - это виртуальный интерфейс, созданный путем разделения физического интерфейса на несколько логических интерфейсов. Сабинтерфейс на маршрутизаторе использует родительский физический интерфейс для отправки и получения данных. Сабинтерфейсы позволяют разделить физический интерфейс на несколько логических интерфейсов, которые помечены разными идентификаторами VLAN. Поскольку сети VLAN позволяют разделить трафик на определенном физическом интерфейсе, вы можете увеличить количество интерфейсов, доступных в вашей сети, без добавления дополнительных физических интерфейсов.

Настройка сабинтерфейсов.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#interface ce0/3.100
BR1(config-if)#encapsulation dot1q 100
BR1(config-if)#ip address 192.168.100.1/24
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#interface ce0/3.200
BR1(config-if)#encapsulation dot1q 200
BR1(config-if)#ip address 192.168.200.1/24
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#exit
```

## 5.5 Настройка агрегированных интерфейсов

Механизм агрегированных интерфейсов (LAG) позволяет объединять несколько физических интерфейсов в единый логический канал, обеспечивая повышенную производительность и надежность. Объединенный интерфейс рассматривается как единый интерфейс к которому применяются все настройки.

Для создания агрегированных интерфейсов можно применять два подхода – создание статических агрегаций либо агрегаций с использованием протокола LACP.

При организации интерфейсов с использованием LACP работоспособность составляющих соединений контролируется сигнальными средствами данного протокола. Агрегирующие интерфейсы с протоколом LACP рекомендуется применять в большинстве случаев, так как протокольные механизмы контроля целостности соединения гарантируют обнаружение обрывов даже в тех случаях, когда физические интерфейсы продолжают оставаться в активном состоянии. Статические группы агрегации рекомендуется применять только при необходимости и в случаях, если соединяемые устройства соединены "спина к спине", то есть прямыми Ethernet-соединениями без участия какого-либо дополнительного транспорта. При

объединении устройств агрегирующими интерфейсами следует использовать одинаковый режим работы (статический либо LACP) с обеих сторон соединения.

Создание агрегированного интерфейса LACP.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#interface xe1/0
BR1(config-if)#channel-gr 1 mode active
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#interface xe1/1
BR1(config-if)#channel-gr 1 mode active
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#interface po1
BR1(config-if)#ip address 192.168.10.1/24
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#exit
```

# 6. Настройка статической маршрутизации

---

## 6.1 Постоянные маршруты в BulatOS-R

Постоянные маршруты это маршруты, не зависящие от работы протоколов динамической маршрутизации и существующие в системе как результат ручной настройки.

В BulatOS-R имеется два типа таких маршрутов:

- присоединенные (connected);
- статические (static).

Присоединенные (connected) маршруты – это маршруты, соответствующие назначенным на IP-интерфейсы подсетям. Параметры присоединенного маршрута – это непосредственно адрес сети и интерфейс, на котором назначена данная подсеть. Например, при назначении на интерфейсе IPv4-адреса 192.168.201.1/24 в таблицу маршрутизации будет внесено, что активен маршрут 192.168.201.0/24, присоединенный к соответствующему интерфейсу устройства. Присоединенные маршруты появляются в таблице маршрутизации и используются для пересылки трафика только в том случае, если соответствующий интерфейс находится в активном состоянии.

Статические маршруты создаются в системе вручную путем задания соответствующих команд конфигурации. При создании статических маршрутов имеются обязательные и опциональные параметры.

Обязательные параметры:

- Сеть или префикс назначения в формате CIDR;
- IP-адрес следующего узла (nexthop).

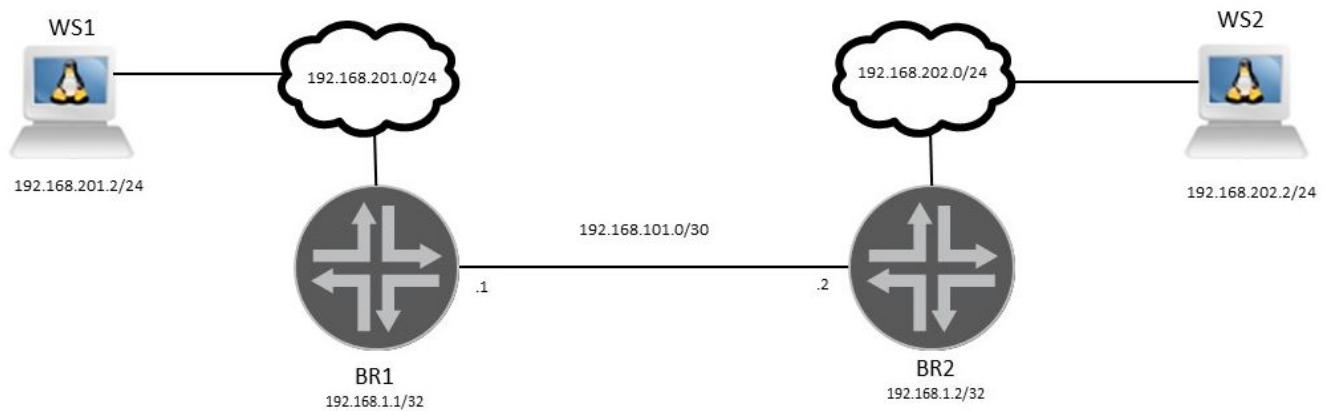
Опциональные параметры:

- Имя экземпляра VRF;
- Интерфейс, через который направляется статический маршрут;
- Включение/отключение быстрого детектирования обрыва BFD;
- Метрика маршрута;
- Внутренняя числовая метка маршрута.

## 6.2 Настройка статических маршрутов для глобальной таблицы маршрутизации (GRT)

Пример: требуется настроить статический маршрут между рабочими станциями WS1 и WS2 подключенным к разным подсетям через маршрутизаторы BR1 и BR2.

Рисунок 6.1



Добавление статического маршрута для подсети 192.168.202.0/24 через next hop 192.168.101.2 для BR1.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#ip route 192.168.202.0/24 192.168.101.2
BR1(config)#exit
BR1#
```

Верификация статического маршрута.

```
BR1#show running-config
. . .
!
ip route 192.168.202.0/24 192.168.101.2
!
. . .
BR1#
```

Проверка статического маршрута в таблице маршрутизации.

```
BR1#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       192.168.1.1/32 is directly connected, loopback1, 02:32:57
C       192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 02:32:50
C       192.168.201.0/24 is directly connected, xe2/1, 02:32:50
S       192.168.202.0/24 [1/0] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:00:10
BR1#
```

Добавление статического маршрута для подсети 192.168.201.0/24 через next hop 192.168.101.1 для BR2.

```
BR2#configure terminal
BR2(config)#ip route 192.168.201.0/24 192.168.101.1
BR2(config)#exit
BR2#
```

Верификация статического маршрута.

```

BR2#show running-config
. . .
!
ip route 192.168.201.0/24 192.168.102.2
!
. . .
BR2#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       192.168.1.2/32 is directly connected, loopback1, 1d16h49m
C       192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 1d16h39m
C       192.168.202.0/24 is directly connected, xe2/1, 16:55:51
S       192.168.201.0/24 [1/0] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:03:10
BR2#

```

### Проверка статического маршрута в таблице маршрутизации.

```

BR2#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       192.168.1.2/32 is directly connected, loopback1, 1d16h49m
C       192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 1d16h39m
C       192.168.202.0/24 is directly connected, xe2/1, 16:55:51
S       192.168.201.0/24 [1/0] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:03:10
BR2#

```



Маршруты из глобальной таблицы маршрутизации принадлежат VRF **default**.

 Маршруты помеченные литерой "S" в первой колонке являются статическими.

Проверка связанности между WS1 и WS2.

```
root@WS1:~# ping 192.168.202.2
PING 192.168.202.2 (192.168.202.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.202.2: icmp_seq=1 ttl=62 time=9.03 ms
64 bytes from 192.168.202.2: icmp_seq=2 ttl=62 time=6.80 ms
64 bytes from 192.168.202.2: icmp_seq=3 ttl=62 time=7.39 ms
^C
--- 192.168.202.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 6.801/7.743/9.037/0.946 ms
root@WS1:~#
```

### 6.3 Настройка статических маршрутов для экземпляра VRF

Технология VRF (Virtual Routing and Forwarding) позволяет создавать несколько независимых таблиц маршрутизации на одном физическом маршрутизаторе. Технология VRF позволяет настраивать различные таблицы маршрутизации, интерфейсы и политики пересылки для каждого экземпляра VRF. Разные экземпляры VRF могут использовать идентичные IP-адреса без возникновения конфликтов. Технология VRF обеспечивает изоляцию трафика подсетей подключенных к разным экземплярам VRF на одном маршрутизаторе.

Создание экземпляра VRF на BR1.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#ip vrf VRF1
BR1(config-vrf)#description test vrf
BR1(config-vrf)#exit
BR1(config)#
```

Включение интерфейсов в VRF.

```
BR1(config)#int xe2/0
BR1(config-if)#ip vrf forwarding VRF1
BR1(config-if)#ip address 192.168.101.1/30
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#int xe2/2
BR1(config-if)#ip vrf forwarding VRF1
BR1(config-if)#ip address 192.168.201.1/24
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#exit
```

**Добавление статического маршрута для подсети 192.168.202.0/24 через next hop 192.168.101.2 в vrf для BR1.**

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#ip route vrf VRF1 192.168.202.0/24 192.168.101.2 xe2/0
BR1(config)#exit
BR1#
```

**Верификация настройки статического маршрута в vrf для BR1.**

```
BR1#show running-config
. . .
!
ip vrf VRF1
!
. . .
!
interface virt0/0
 ip vrf forwarding VRF1
 ip address 192.168.101.1/30
!
interface virt0/2
 ip vrf forwarding VRF1
 ip address 192.168.201.1/24
!
. . .
!
ip route vrf VRF1 192.168.202.0/24 192.168.101.2 virt0/0
!
. . .
```

Таблица маршрутизации для vrf на BR1.

```
BR1#show ip route vrf VRF1
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "VRF1"
C       192.168.101.0/30 is directly connected, virt0/0, 00:32:45
C       192.168.201.0/24 is directly connected, virt0/2, 00:33:40
S       192.168.202.0/24 [1/0] via 192.168.101.2, virt0/0, 00:21:35
```

### Создание экземпляра VRF на BR2.

```
BR2>enable
BR2#configure terminal
BR2(config)#ip vrf VRF1
BR2(config-vrf)#description test vrf
BR2(config-vrf)#exit
BR2(config)#
```

### Включение интерфейсов в VRF.

```
BR2(config)#int xe2/0
BR2(config-if)#ip vrf forwarding VRF1
BR2(config-if)#ip address 192.168.101.2/30
BR2(config-if)#exit
BR2(config)#int xe2/2
BR2(config-if)#ip vrf forwarding VRF1
BR2(config-if)#ip address 192.168.202.1/24
BR2(config-if)#exit
BR2(config)#exit
```

Добавление статического маршрута для подсети 192.168.201.0/24 через next hop 192.168.101.1 в vrf для BR1.

```
BR2>enable
BR2#configure terminal
BR2(config)#ip route vrf VRF1 192.168.201.0/24 192.168.101.1 xe2/0
BR2(config)#exit
BR2#
```

### Верификация настройки статического маршрута в vrf для BR1.

```
BR2#show running-config
. . .
!
ip vrf VRF1
!
. . .
!
interface virt0/0
 ip vrf forwarding VRF1
 ip address 192.168.101.2/30
!
interface virt0/2
 ip vrf forwarding VRF1
 ip address 192.168.202.1/24
!
. . .
!
ip route vrf VRF1 192.168.201.0/24 192.168.101.1 virt0/0
!
. . .
```

### Таблица маршрутизации для vrf на BR2.

```
BR2#show ip route vrf VRF1
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "VRF1"
C          192.168.101.0/30 is directly connected, virt0/0, 00:00:38
S          192.168.201.0/24 [1/0] via 192.168.101.1, virt0/0, 00:00:28
C          192.168.202.0/24 is directly connected, virt0/2, 00:08:06
```

## Проверка связанности между WS1 и WS2.

```
root@WS1:~# ping 192.168.202.1
PING 192.168.202.1 (192.168.202.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.202.1: icmp_seq=1 ttl=63 time=6.56 ms
64 bytes from 192.168.202.1: icmp_seq=2 ttl=63 time=4.71 ms
64 bytes from 192.168.202.1: icmp_seq=3 ttl=63 time=4.29 ms
^C
--- 192.168.202.1 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 4.296/5.192/6.569/0.991 ms
root@WS1:~#
```

# 7. Настройка протокола OSPF

---

В данном разделе описаны принципы настройки протокола динамической маршрутизации OSPFv2 (Open Shortest Path First, version 2).

## 7.1 Общие сведения о протоколе

Протокол OSPF принадлежит к семейству протоколов состояния соединения (link state routing) и относится к группе IGP (Interior Gateway Protocol), то есть работает в рамках одной автономной системы (AS - Autonomous System). Автономная система это группа подсетей, которые находятся под общим управлением и используют единую стратегию маршрутизации. Это позволяет централизованно управлять маршрутами и обеспечивать согласованную политику маршрутизации. Протокол OSPF распространяет информацию о доступных маршрутах между маршрутизаторами одной автономной системы.

Автономная система может быть разделена на области (areas), каждая из которых объединяет группу смежных сетей и подключённых хостов. Топология каждой области скрыта от объектов за её пределами, что уменьшает объём маршрутной информации. Внутри одной области все маршрутизаторы поддерживают идентичную базу данных состояния канала (LSDB - Link State Database). В автономной системе использующей протокол OSPF для распространения маршрутной информации в обязательном порядке должна присутствовать область 0 - магистральная (Area 0, Backbone-area). К магистральной области могут подключаться другие области. В каждой области работает собственная копия алгоритма маршрутизации по состоянию каналов, что позволяет каждой области формировать свою базу данных сетевой топологии. Внутренние маршрутизаторы области не владеют информацией о топологии сетей, которые находятся за пределами этой области. Обмен маршрутной информацией между областями происходит через маршрутизаторы границы области (ABR - Area Border Router). Такой маршрутизатор имеет интерфейсы подключенные как к магистральной области, так и к другим областям.

## 7.2 Настраиваемые параметры

При активации и настройке протокола OSPF на маршрутизаторе имеются обязательные и опциональные параметры.

Обязательные параметры:

- Номер процесса OSPF при его активации;
- Идентификатор узла (router-id);
- Подсети для которых будет происходить обмен маршрутной информацией;

- Область (area) к которой принадлежит каждая подсеть;

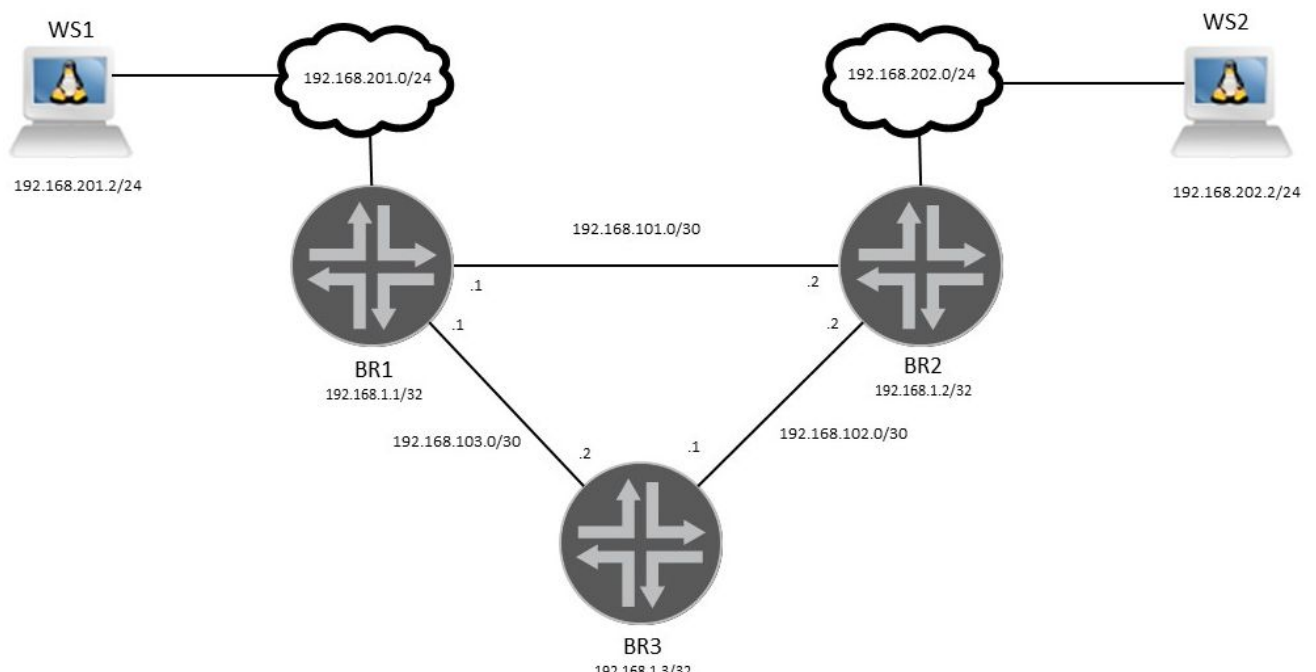
#### Опциональные параметры

- Экземпляр VRF для которого активируется протокол OSPF;
- Приоритет маршрутизатора для выбора выделенного маршрутизатора (DR - Designated Router);
- Протоколы для которых происходит редистрибуция маршрутной информацией с OSPF;
- Стоимость маршрута (cost) для каждого интерфейса для расчета метрики маршрутов OSPF;
- Метод идентификации (Authentication) служебных сообщений протокола OSPF;
- Необходимость активации протокола быстрого детектирования обрыва (BFD - Bidirectional Forwarding Detection).

## 7.3 Базовая настройка протокола OSPF

Пример: требуется настроить протокол OSPF для установки связанности между рабочими станциями WS1 и WS2.

Рисунок 7.1 Базовые настройки протокола OSPF



Установка идентификатора маршрутизатора BR1.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#router-id 192.168.1.1
```

Активация процесса OSPF с идентификатором 100. Переход в режим настройки OSPF.

```
BR1(config)#router ospf 100
BR1(config-router)#
```

Добавление подсетей 192.168.101.0/30 и 192.168.103.0/30 в область 0.

```
BR1(config-router)#network 192.168.101.0/30 area 0
BR1(config-router)#network 192.168.103.0/30 area 0
BR1(config-router)#
```

Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к OSPF для достижения связности между WS1 и WS2.

```
BR1(config-router)#redistribute connected
BR1(config-router)#
BR1(config)#exit
BR1#
```

Верификация настроек OSPF.

```
BR1#show running-config
. . .
!
router ospf 100
  ospf router-id 192.168.1.1
  redistribute connected
  network 192.168.101.0/30 area 0.0.0.0
  network 192.168.103.0/30 area 0.0.0.0
!
. . .
BR1#
```

### Установка идентификатора маршрутизатора BR2.

```
BR2>enable  
BR2#configure terminal  
BR2(config)#router-id 192.168.1.2
```

### Активация процесса OSPF с идентификатором 100. Переход в режим настройки OSPF.

```
BR2(config)#router ospf 100  
BR2(config-router)#
```

### Добавление подсетей 192.168.101.0/30 и 192.168.102.0/30 в область 0.

```
BR2(config-router)#network 192.168.101.0/30 area 0  
BR2(config-router)#network 192.168.102.0/30 area 0  
BR2(config-router)#
```

### Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к OSPF для достижения связанности между WS1 и WS2.

```
BR2(config-router)#redistribute connected  
BR2(config-router)#  
BR2(config)#exit  
BR2#
```

### Верификация настроек OSPF.

```
BR2#show running-config
. . .
!
router ospf 100
  ospf router-id 192.168.1.2
  redistribute connected
  network 192.168.101.0/30 area 0.0.0.0
  network 192.168.102.0/30 area 0.0.0.0
!
. . .
BR2#
```

### Установка идентификатора маршрутизатора BR3.

```
BR3>enable
BR3#configure terminal
BR3(config)#router-id 192.168.1.3
```

### Активация процесса OSPF с идентификатором 100. Переход в режим настройки OSPF.

```
BR3(config)#router ospf 100
BR3(config-router)#
```

### Добавление подсетей 192.168.102.0/30 и 192.168.103.0/30 в область 0.

```
BR3(config-router)#network 192.168.102.0/30 area 0
BR3(config-router)#network 192.168.103.0/30 area 0
BR3(config-router)#
```

### Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к OSPF для достижения связанности между WS1 и WS2.

```
BR3(config-router)#redistribute connected
BR3(config-router)#
BR3(config)#exit
BR3#
```

### Верификация настроек OSPF.

```
BR3#show running-config
. . .
!
router ospf 100
  ospf router-id 192.168.1.2
  redistribute connected
  network 192.168.102.0/30 area 0.0.0.0
  network 192.168.103.0/30 area 0.0.0.0
!
. . .
BR3#
```

### Проверка соседств OSPF на BR1.

```
BR1#show ip ospf neighbor

Total number of full neighbors: 2
OSPF process 100 VRF(default):
Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
Instance ID
192.168.1.2      1     Full/DR         00:00:31   192.168.101.2  xe2/0
0
192.168.1.3      1     Full/DR         00:00:38   192.168.103.2  xe2/1
0
```

### Проверка таблицы маршрутизации BR1.

```

BR1#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       127.0.0.0/8 is directly connected, loopback1, 00:27:41
C       192.168.1.1/32 is directly connected, loopback1, 00:27:41
O E2   192.168.1.2/32 [110/20] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:03:44
O E2   192.168.1.3/32 [110/20] via 192.168.103.2, xe2/1, 00:04:35
C       192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 00:27:37
O      192.168.102.0/30 [110/2] via 192.168.103.2, xe2/1, 00:04:35
        [110/2] via 192.168.101.2, xe2/0
C       192.168.103.0/30 is directly connected, xe2/1, 00:27:37
C       192.168.201.0/24 is directly connected, xe2/2, 00:27:37
O E2   192.168.202.0/24 [110/20] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:03:44
O E2   192.168.203.0/24 [110/20] via 192.168.103.2, xe2/1, 00:04:35

```

### Проверка соседств OSPF на BR2.

```

BR2#show ip ospf neighbor

Total number of full neighbors: 2
OSPF process 100 VRF(default):
Neighbor ID      Pri  State           Dead Time   Address      Interface
Instance ID
192.168.1.1      1   Full/DR         00:00:29   192.168.101.1  xe2/0
0
192.168.1.3      1   Full/DR         00:00:33   192.168.102.1  xe2/1
0

```

### Проверка таблицы маршрутизации BR2.

```
BR2#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C      127.0.0.0/8 is directly connected, loopback1, 00:07:00
O E2   192.168.1.1/32 [110/20] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:05:56
C      192.168.1.2/32 is directly connected, loopback1, 00:07:00
O E2   192.168.1.3/32 [110/20] via 192.168.102.1, xe2/1, 00:05:59
C      192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 00:06:52
C      192.168.102.0/30 is directly connected, xe2/1, 00:06:52
O      192.168.103.0/30 [110/2] via 192.168.102.1, xe2/1, 00:05:59
        [110/2] via 192.168.101.1, xe2/0
O E2   192.168.201.0/24 [110/20] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:05:56
C      192.168.202.0/24 is directly connected, xe2/2, 00:06:52
O E2   192.168.203.0/24 [110/20] via 192.168.102.1, xe2/1, 00:05:59
```

### Проверка соседств OSPF на BR3.

```
BR3#show ip ospf neighbor
Total number of full neighbors: 2
OSPF process 100 VRF(default):
Neighbor ID      Pri  State           Dead Time   Address      Interface
Instance ID
192.168.1.2      1    Full/Backup     00:00:38   192.168.102.2  xe2/1
0
192.168.1.1      1    Full/DR         00:00:39   192.168.103.1  xe2/0
0
```

### Проверка таблицы маршрутизации BR3.

```
BR3#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       127.0.0.0/8 is directly connected, loopback1, 00:07:54
O E2    192.168.1.1/32 [110/20] via 192.168.103.1, xe2/0, 00:07:36
O E2    192.168.1.2/32 [110/20] via 192.168.102.2, xe2/1, 00:06:48
C       192.168.1.3/32 is directly connected, loopback1, 00:07:54
O       192.168.101.0/30 [110/2] via 192.168.103.1, xe2/0, 00:07:36
        [110/2] via 192.168.102.2, xe2/1
C       192.168.102.0/30 is directly connected, xe2/1, 00:07:51
C       192.168.103.0/30 is directly connected, xe2/0, 00:07:51
O E2    192.168.201.0/24 [110/20] via 192.168.103.1, xe2/0, 00:07:36
O E2    192.168.202.0/24 [110/20] via 192.168.102.2, xe2/1, 00:06:48
C       192.168.203.0/24 is directly connected, xe2/2, 00:07:51
```

**⚠** Маршруты из глобальной таблицы маршрутизации принадлежат VRF **default**.

**⚠** Маршруты помеченные литерой "O" в первой колонке сформированы в результате работы протокола OSPF.

### Проверка маршрута WS1 - WS2.

```
root@WS1:~# traceroute 192.168.202.2
traceroute to 192.168.202.2 (192.168.202.2), 30 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.201.1 (192.168.201.1)  4.862 ms  4.868 ms  4.976 ms
 2  192.168.101.2 (192.168.101.2)  8.920 ms  8.901 ms  8.883 ms
 3  192.168.202.2 (192.168.202.2) 11.300 ms 11.280 ms 11.272 ms
root@WS1:~#
```

# 8. Настройка протокола IS-IS

---

В данном разделе описаны принципы настройки протокола динамической маршрутизации IS-IS (Intermediate System to Intermediate System).

## 8.1 Общие сведения о протоколе

Протокол IS-IS принадлежит к семейству протоколов состояния соединения (link state routing) и относится к группе IGP (Interior Gateway Protocol), то есть работает в рамках одной автономной системы (AS - Autonomous System). Автономная система это группа подсетей, которые находятся под общим управлением и используют единую стратегию маршрутизации. Это позволяет централизованно управлять маршрутами и обеспечивать согласованную политику маршрутизации. Протокол IS-IS распространяет информацию о доступных маршрутах между маршрутизаторами одной автономной системы.

Протокол IS-IS работает поверх канального уровня модели OSI, поэтому протокол не привязан к конкретному протоколу сетевого уровня. Протокол IS-IS обеспечивает высокую масштабируемость благодаря чему широко используется в сетях операторов связи и крупных корпоративных сетях. IS-IS также очень экономно использует пропускную способность сетей.

Автономная система может быть разделена на области (areas), каждая из которых объединяет группу смежных сетей и подключённых хостов. Топология каждой области скрыта от объектов за её пределами, что уменьшает объём маршрутной информации. Внутри одной области все маршрутизаторы поддерживают идентичную базу данных состояния канала. Каждая область в протоколе IS-IS может принадлежать к одному из трех типов, которые определяются уровнем взаимодействия маршрутизаторов:

- Маршрутизаторы уровня L1 - это те устройства, у которых все взаимодействия с другими маршрутизаторами происходят на 1 уровне.
- Маршрутизаторы уровня L2 - это те устройства, у которых все взаимодействия с другими маршрутизаторами происходят на 2 уровне
- Маршрутизаторы уровня L1-L2 это те устройства. у которых возможны взаимодействия с маршрутизаторами как уровня 1. так и уровня 2.

## 8.2 Настраиваемые параметры

При активации и настройке протокола IS-IS на маршрутизаторе имеются обязательные и опциональные параметры.

Обязательные параметры:

- Имя процесса IS-IS при его активации;
- Номер области IS-IS и идентификатор узла (NET - Network Entity Title);

- Уровень области;
- Интерфейсы через которые будет происходить обмен маршрутной информацией.

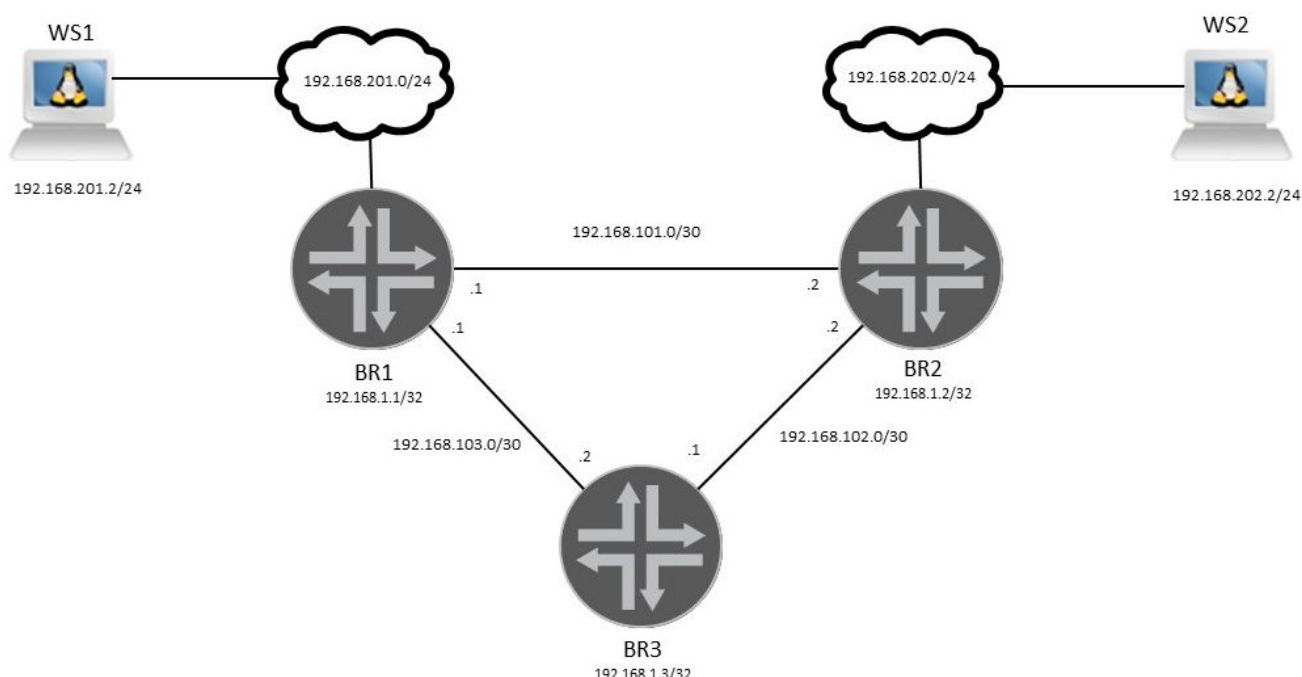
#### Оptionальные параметры

- Экземпляр VRF для которого активируется протокол IS-IS;
- Приоритет маршрутизатора для выбора выделенного маршрутизатора (DR - Designated Router);
- Протоколы для которых происходит редистрибуция маршрутной информацией с IS-IS;
- Стоимость маршрута (cost) для каждого интерфейса для расчета метрики маршрутов IS-IS;
- Метод идентификации (Authentication) служебных сообщений протокола IS-IS;
- Необходимость активации протокола быстрого детектирования обрыва (BFD - Bidirectional Forwarding Detection).

### 8.3 Базовая настройка протокола IS-IS

Пример: требуется настроить протокол IS-IS для установки связанности между рабочими станциями WS1 и WS2.

Рисунок 8.1 Базовые настройки протокола IS-IS



Активация процесса IS-IS с именем TEST на BR1. Переход в режим настройки IS-IS.

```
BR1>enable  
BR1#configure terminal  
BR1(config)#router isis TEST  
BR1(config-router)#
```

Назначение принадлежности маршрутизатора BR1 области уровня L2.

```
BR1(config-router)#is-type level-2-only
```

Назначение идентификатора узла.

```
BR1(config-router)#net 49.0000.0000.0001.00
```

Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к IS-IS для достижения связанности между WS1 и WS2.

```
BR1(config-router)#redistribute connected  
BR1(config-router)#exit  
BR1(config)#
```

Добавление интерфейса xe2/0 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST.

```
BR1(config)#int xe2/0  
BR1(config-if)#ip router isis TEST  
BR1(config-if)#exit
```

Добавление интерфейса xe2/1 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST.

```
BR1(config)#int xe2/1  
BR1(config-if)#ip router isis TEST  
BR1(config-if)#exit  
BR1(config)#exit
```

### Верификация настроек IS-IS на BR1.

```
BR1#show running-config
. . .
!
interface xe2/0
 ip address 192.168.101.1/30
 ip router isis TEST
!
interface xe2/1
 ip address 192.168.103.1/30
 ip router isis TEST
!
. . .
!
router isis TEST
 is-type level-2-only
 net 49.0000.0000.0001.00
 redistribute connected
!
. . .
BR1#
```

### Активация процесса IS-IS с именем TEST на BR2. Переход в режим настройки IS-IS.

```
BR2>enable
BR2#configure terminal
BR2(config)#router isis TEST
BR2(config-router)#
```

### Назначение принадлежности маршрутизатора BR2 области уровня L2.

```
BR2(config-router)#is-type level-2-only
```

### Назначение идентификатора узла.

```
BR2(config-router)#net 49.0000.0000.0002.00
```

Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к IS-IS для достижения связанности между WS1 и WS2.

```
BR2(config-router)#redistribute connected
BR2(config-router)#exit
BR2(config)#
```

Добавление интерфейса xe2/0 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST.

```
BR2(config)#int xe2/0
BR2(config-if)#ip router isis TEST
BR2(config-if)#exit
```

Добавление интерфейса xe2/1 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST.

```
BR2(config)#int xe2/1
BR2(config-if)#ip router isis TEST
BR2(config-if)#exit
BR2(config)#exit
```

Верификация настроек IS-IS на BR2.

```
BR2#show running-config
. . .
!
interface xe2/0
 ip address 192.168.101.2/30
 ip router isis TEST
!
interface xe2/1
 ip address 192.168.102.2/30
 ip router isis TEST
!
. . .
!
router isis TEST
 is-type level-2-only
 net 49.0000.0000.0002.00
 redistribute connected
!
. . .
BR1#
```

Активация процесса IS-IS с именем TEST на BR3. Переход в режим настройки IS-IS.

```
BR3>enable
BR3#configure terminal
BR3(config)#router isis TEST
BR3(config-router)#
```

Назначение принадлежности маршрутизатора BR3 области уровня L2.

```
BR3(config-router)#is-type level-2-only
```

Назначение идентификатора узла.

```
BR3(config-router)#net 49.0000.0000.0003.00
```

Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к IS-IS.

```
BR3(config-router)#redistribute connected
BR3(config-router)#exit
BR3(config)#
```

Добавление интерфейса xe2/0 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST.

```
BR3(config)#int xe2/0
BR3(config-if)#ip router isis TEST
BR3(config-if)#exit
```

Добавление интерфейса xe2/1 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST.

```
BR3(config)#int xe2/1
BR3(config-if)#ip router isis TEST
BR3(config-if)#exit
BR3(config)#exit
```

Верификация настроек IS-IS на BR3.

```
BR3#show running-config
. . .
!
interface xe2/0
 ip address 192.168.103.2/30
 ip router isis TEST
!
interface xe2/1
 ip address 192.168.102.1/30
 ip router isis TEST
!
. . .
!
router isis TEST
 is-type level-2-only
 net 49.0000.0000.0003.00
 redistribute connected
!
. . .
BR3#
```

## Проверка топологии IS-IS на BR1.

```
BR1#show isis topology

Tag TEST:  VRF : default
IS-IS paths to level-2 routers
System Id          Metric      Next-Hop          Interface  SNPA
0000.0000.0001    --
0000.0000.0002     10        0000.0000.0002    xe2/0      d8e0.b850.0000
0000.0000.0003     10        0000.0000.0003    xe2/1      d8e0.b83d.0000
```

## Проверка таблицы маршрутизации BR1.

```
BR1#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       127.0.0.0/8 is directly connected, loopback1, 00:14:58
C       192.168.1.1/32 is directly connected, loopback1, 00:14:58
i L2   192.168.1.2/32 [115/10] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:14:38
i L2   192.168.1.3/32 [115/10] via 192.168.103.2, xe2/1, 00:14:38
C       192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 00:14:55
i L2   192.168.102.0/30 [115/20] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:14:38
        [115/20] via 192.168.103.2, xe2/1
C       192.168.103.0/30 is directly connected, xe2/1, 00:14:55
C       192.168.201.0/24 is directly connected, xe2/2, 00:14:55
i L2   192.168.202.0/24 [115/10] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:14:38
```

## Проверка топологии IS-IS на BR2.

```
BR2#show isis topology
Tag TEST: VRF : default
IS-IS paths to level-2 routers
System Id          Metric  Next-Hop          Interface  SNPA
0000.0000.0001    10     0000.0000.0001   xe2/0     d8e0.b898.0000
0000.0000.0002    --
0000.0000.0003    10     0000.0000.0003   xe2/1     d8e0.b83d.0001
```

### Проверка таблицы маршрутизации BR2.

#### Проверка работы IS-IS BR2

```
BR2#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       127.0.0.0/8 is directly connected, loopback1, 00:18:41
i L2    192.168.1.1/32 [115/10] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:18:21
C       192.168.1.2/32 is directly connected, loopback1, 00:18:41
i L2    192.168.1.3/32 [115/10] via 192.168.102.1, xe2/1, 00:12:43
C       192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 00:18:38
C       192.168.102.0/30 is directly connected, xe2/1, 00:18:38
i L2    192.168.103.0/30 [115/20] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:18:21
           [115/20] via 192.168.102.1, xe2/1
i L2    192.168.201.0/24 [115/10] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:18:21
C       192.168.202.0/24 is directly connected, xe2/2, 00:18:38
```

### Проверка топологии IS-IS на BR3.

```
BR3#show isis topology
Tag TEST: VRF : default
IS-IS paths to level-2 routers
System Id          Metric  Next-Hop          Interface  SNPA
0000.0000.0001    10     0000.0000.0001   xe2/0     d8e0.b898.0001
0000.0000.0002    10     0000.0000.0002   xe2/1     d8e0.b850.0001
0000.0000.0003    --
```

## Проверка таблицы маршрутизации BR3.

```
BR3#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       127.0.0.0/8 is directly connected, loopback1, 00:19:38
i L2   192.168.1.1/32 [115/10] via 192.168.103.1, xe2/0, 00:19:18
i L2   192.168.1.2/32 [115/10] via 192.168.102.2, xe2/1, 00:13:44
C       192.168.1.3/32 is directly connected, loopback1, 00:19:38
i L2   192.168.101.0/30 [115/20] via 192.168.103.1, xe2/0, 00:19:18
        [115/20] via 192.168.102.2, xe2/1
C       192.168.102.0/30 is directly connected, xe2/1, 00:19:35
C       192.168.103.0/30 is directly connected, xe2/0, 00:19:35
i L2   192.168.201.0/24 [115/10] via 192.168.103.1, xe2/0, 00:19:18
i L2   192.168.202.0/24 [115/10] via 192.168.102.2, xe2/1, 00:13:44
```

**!** Маршруты из глобальной таблицы маршрутизации принадлежат VRF **default**.

**!** Маршруты помеченные литерой "i" в первой колонке сформированы в результате работы протокола IS-IS.

## Проверка маршрута WS1 - WS2.

```
root@WS1:~# traceroute 192.168.202.2
traceroute to 192.168.202.2 (192.168.202.2), 30 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.201.1 (192.168.201.1)  3.329 ms  3.293 ms  3.268 ms
 2  192.168.101.2 (192.168.101.2)  6.272 ms  6.259 ms  6.223 ms
 3  192.168.202.2 (192.168.202.2)  7.451 ms  7.433 ms  7.568 ms
root@WS1:~#
```

# 9. Настройка протокола BGP

---

В данном разделе описаны принципы настройки протокола динамической маршрутизации BGP (Border Gateway Protocol).

## 9.1 Общие сведения о протоколе

BGP это протокол маршрутизации для обмена маршрутной информацией между автономными системами (AS - Autonomous System). Автономная система это группа подсетей, которые находятся под общим управлением и используют единую стратегию маршрутизации. Это позволяет централизованно управлять маршрутами и обеспечивать согласованную политику маршрутизации. Распространение информации о маршрутах в одной автономной системе выполняется с помощью протоколов группы IGP (Interior gateway protocol) к которым относятся протоколы OSPF и IS-IS. BGP это протокол EGP (Exterior Gateway Protocol).

При активации и настройке протокола BGP на маршрутизаторе имеются обязательные и опциональные параметры.

## 9.2 Настраиваемые параметры

Обязательные параметры:

- Идентификатор маршрутизатора;
- Номер автономной системы к которой принадлежит маршрутизатор;
- Соседи с которыми будет происходить обмен маршрутной информации включая номера их автономных систем;
- Семейство адресов (address family) информация о которых распространяется.

Опциональные параметры

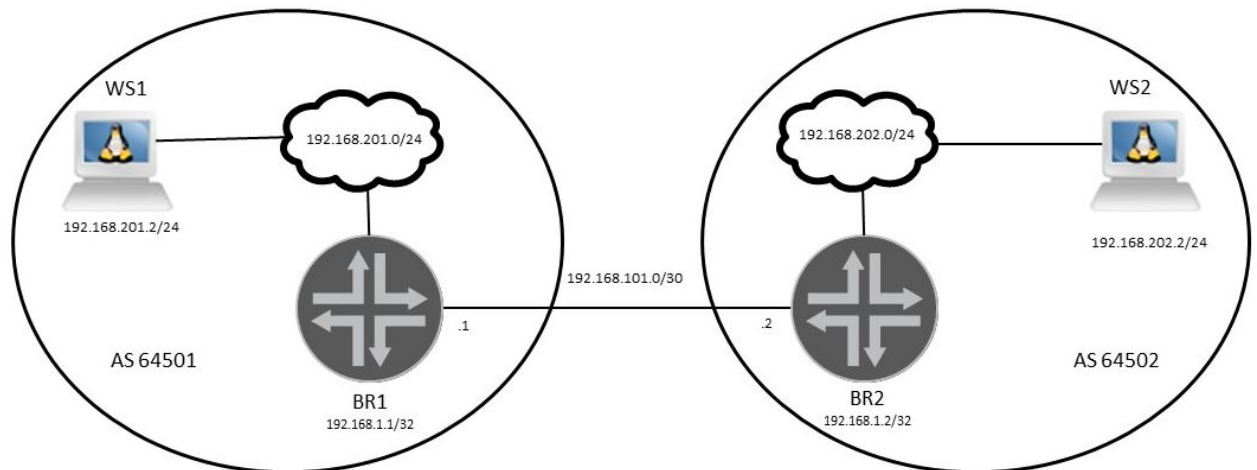
Экземпляр VRF для которого активируется протокол BGP;

- Протоколы и семейства адресов для которых происходит редистрибуция маршрутной информацией с BGP;
- Фильтры для маршрутной информации;
- Метод идентификации (Authentication) служебных сообщений протокола BGP;
- Необходимость активации протокола быстрого детектирования обрыва (BFD - Bidirectional Forwarding Detection).
- Настройка таймеров для оптимизации работы протокола BGP;
- Настройка маршрутизатора как маршрутизатора отражателя (Route Reflector).

### 9.3 Базовая настройка протокола BGP

Пример: требуется настроить протокол BGP для установки связанности между рабочими станциями WS1 и WS2 принадлежащими разным автономным системам.

Рисунок 9.1 Базовые настройки протокола BGP



Создание процесса BGP с номером автономной системы 64501 для BR1. Переход в режим настройки BGP.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#router bgp 64501
BR1(config-router)#
```

Установка соседства для адреса 192.168.101.2 с номером автономной системы 64502.

```
BR1(config-router)#neighbor 192.168.101.2 remote-as 64502
```

Активация адресного семейства IPv4 для соседства 192.168.101.2.

```
BR1(config-router)#address-family ipv4
BR1(config-router-af)#neighbor 192.168.101.2 activate
BR1(config-router-af)#exit
BR1(config-router)#exit
BR1(config)#exit
BR1#
```

### Верификация настроек BGP на BR1.

```
BR1#show running-config
. . .
!
router bgp 64501
  bgp router-id 192.168.1.1
  neighbor 192.168.101.2 remote-as 64502
  !
  address-family ipv4 unicast
    redistribute connected
    neighbor 192.168.101.2 activate
  exit-address-family
!
. . .
BR1#
```

### Создание процесса BGP с номером автономной системы 64502 для BR2. Переход в режим настройки BGP.

```
BR2>enable
BR2#configure terminal
BR2(config)#router bgp 64502
BR2(config-router)#
```

### Установка соседства для адреса 192.168.101.1 с номером автономной системы 64501.

```
BR2(config-router)#neighbor 192.168.101.1 remote-as 64501
```

### Активация адресного семейства IPv4 для соседства 192.168.101.1.

```
BR2(config-router)#address-family ipv4
BR2(config-router-af)#neighbor 192.168.101.1 activate
BR2(config-router-af)#exit
BR2(config-router)#exit
BR2(config)#exit
BR2#
```

### Верификация настроек BGP на BR2.

```
BR2#show running-config
. . .
!
router bgp 64502
  bgp router-id 192.168.1.2
  neighbor 192.168.101.1 remote-as 64501
  !
  address-family ipv4 unicast
    redistribute connected
    neighbor 192.168.101.1 activate
  exit-address-family
!
. . .
BR2#
```

### Проверка соседств BGP на BR1.

```

BR1#show bgp neighbors
BGP neighbor is 192.168.101.2, remote AS 64502, local AS 64501, external link
  BGP version 4, local router ID 192.168.1.1, remote router ID 192.168.1.2
  BGP state = Established, up for 00:02:42
  Last read 00:00:03, hold time is 90, keepalive interval is 30 seconds
  Neighbor capabilities:
    Route refresh: advertised and received (old and new)
    Address family IPv4 Unicast: advertised and received
  Received 43 messages, 1 notifications, 0 in queue
  Sent 44 messages, 34 notifications, 0 in queue
  Route refresh request: received 0, sent 0
  Minimum time between advertisement runs is 30 seconds
For address family: IPv4 Unicast
  BGP table version 2, neighbor version 2
  Index 1, Offset 0, Mask 0x2
  Community attribute sent to this neighbor (both)
  4 accepted prefixes
  4 announced prefixes

Connections established 1; dropped 0
Local host: 192.168.101.1, Local port: 179
Foreign host: 192.168.101.2, Foreign port: 55698
Nexthop: 192.168.101.1
Nexthop global: ::
Nexthop local: ::
BGP connection: non shared network

```

### Проверка таблицы маршрутизации BR1.

```

BR1#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       127.0.0.0/8 is directly connected, loopback1, 00:07:23
C       192.168.1.1/32 is directly connected, loopback1, 00:07:23
B       192.168.1.2/32 [20/0] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:03:50
C       192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 00:07:19
B       192.168.102.0/30 [20/0] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:03:50
C       192.168.103.0/30 is directly connected, xe2/1, 00:07:19
C       192.168.201.0/24 is directly connected, xe2/2, 00:07:19
B       192.168.202.0/24 [20/0] via 192.168.101.2, xe2/0, 00:03:50

```

### Проверка соседств BGP на BR1.

```
BR2#show bgp neighbors
BGP neighbor is 192.168.101.1, remote AS 64501, local AS 64502, external link
  BGP version 4, local router ID 192.168.1.2, remote router ID 192.168.1.1
  BGP state = Established, up for 00:05:44
  Last read 00:00:12, hold time is 90, keepalive interval is 30 seconds
  Neighbor capabilities:
    Route refresh: advertised and received (old and new)
    Address family IPv4 Unicast: advertised and received
  Received 50 messages, 0 notifications, 0 in queue
  Sent 84 messages, 0 notifications, 0 in queue
  Route refresh request: received 0, sent 0
  Minimum time between advertisement runs is 30 seconds
For address family: IPv4 Unicast
  BGP table version 2, neighbor version 2
  Index 1, Offset 0, Mask 0x2
  Community attribute sent to this neighbor (both)
  4 accepted prefixes
  4 announced prefixes

  Connections established 1; dropped 0
  Local host: 192.168.101.2, Local port: 55698
  Foreign host: 192.168.101.1, Foreign port: 179
  Nexthop: 192.168.101.2
  Nexthop global: ::
  Nexthop local: ::
  BGP connection: non shared network
```

### Проверка таблицы маршрутизации BR2.

```
BR2#show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "default"
C       127.0.0.0/8 is directly connected, loopback1, 00:10:08
B       192.168.1.1/32 [20/0] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:06:40
C       192.168.1.2/32 is directly connected, loopback1, 00:10:08
C       192.168.101.0/30 is directly connected, xe2/0, 00:10:04
C       192.168.102.0/30 is directly connected, xe2/1, 00:10:04
B       192.168.103.0/30 [20/0] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:06:40
B       192.168.201.0/24 [20/0] via 192.168.101.1, xe2/0, 00:06:40
C       192.168.202.0/24 is directly connected, xe2/2, 00:10:04
```

**⚠ Маршруты из глобальной таблицы маршрутизации принадлежат VRF default.**

**⚠ Маршруты помеченные литерой "B" в первой колонке сформированы в результате работы протокола BGP**

### Проверка маршрута WS1 - WS2.

```
root@WS1:~# traceroute 192.168.202.2
traceroute to 192.168.202.2 (192.168.202.2), 30 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.201.1 (192.168.201.1)  16.835 ms  16.841 ms  16.840 ms
 2  192.168.101.2 (192.168.101.2)  21.230 ms  21.236 ms  21.230 ms
 3  192.168.202.2 (192.168.202.2)  23.217 ms  23.634 ms  23.637 ms
root@WS1:~#
```

# 10. Настройка MPLS и протокола LDP

---

В данном разделе рассматриваются принципы настройки инфраструктуры MPLS (Multiprotocol Label Switching) и протокола LDP (Label Distribution Protocol).

## 10.1 Общие сведения о MPLS и протоколе LDP

MPLS (Multiprotocol Label Switching) – протокол многопротокольной коммутации по меткам в телекоммуникационных сетях. В сети, основанной на MPLS, пакетам данных присваиваются метки. Решение о дальнейшей передаче пакета данным другому узлу сети осуществляется только на основании значения присвоенной метки без необходимости изучения самого пакета данных. Такой метод коммутации требует предварительного распределения меток и правил их использования для каждого маршрутизатора в сети. Процесс распределения меток между маршрутизаторами производится с помощью протокола LDP и служит для построения транспортных путей (LSP - Label Switched Path).

Для подготовки инфраструктуры MPLS в качестве транспорта для L2VPN- и L3VPN-сервисов требуется произвести следующие действия:

1. Определить интерфейсы, которые будут использоваться для соединения с соседними MPLS-маршрутизаторами;
2. Настроить на устройстве и на соответствующих интерфейсах требуемый протокол IGP (OSPF либо IS-IS);
3. Настроить на устройстве и на соответствующих интерфейсах протокол LDP для распространения транспортных MPLS-меток.

## 10.2 Настраиваемые параметры

При настройке протокола LDP на маршрутизаторе имеются обязательные и опциональные параметры.

Обязательные параметры:

- Идентификатор узла (router-id);
- Транспортный адрес ;
- Интерфейсы для которых активирован протокол LDP;
- Семейство адресов (IPv4/IPv6) для которых активирован LDP на интерфейсе.

Опциональные параметры:

- Временные интервалы для обмена сообщениями LDP;
- Режимы обмена сообщениями LDP;

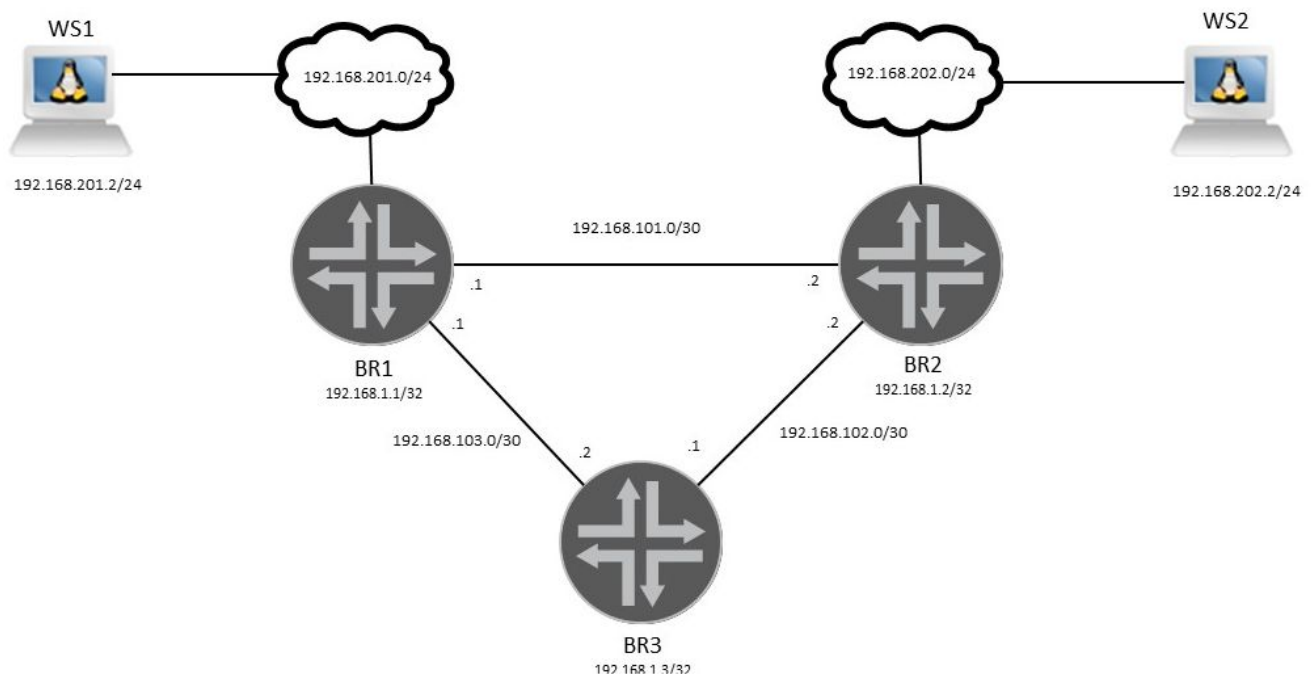
- Максимальная длина сообщения (PDU - Protocol Data Units) LDP;
- Режим распространения меток;
- Режим обнаружения петель;
- Режим авторизации сообщений LDP.

**!** Перед активизацией протокола LDP должен быть активизирован один из протоколов маршрутизации (OSPF, IS-IS) для определения маршрутов LSP. В примере ниже использованы настройки протокола IS-IS из раздела "Настройка протокола IS-IS".

### 10.3 Базовая настройка протокола LDP

Пример: требуется настроить протокол LDP для организации транспортных LSP между маршрутизаторами BR1, BR2 и BR3.

Рисунок 10.1 Базовые настройки протокола IS-IS



Перед настройкой LDP на маршрутизаторе должна быть выполнена настройка одного из IGP протоколов. Настройка OSPF рассмотрена в разделе "Настройка протокола OSPF". Настройка IS-IS рассмотрена в разделе "Настройка протокола IS-IS".

Переход в режим настройки LDP на маршрутизаторе BR1.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#router ldp
BR1(config-router)#
```

Установка идентификатора маршрутизатора (router-id) и транспортного адреса для семейства протоколов IPv4 для BR1.

```
BR1(config-router)#router-id 192.168.1.1
BR1(config-router)#transport-address ipv4 192.168.1.1
BR1(config-router)#exit
BR1(config)#
```

Включение коммутации по меткам и адресного семейства IPv4 для интерфейсов xe2/0 и xe2/1. Выход из конфигурационного режима.

```
BR1(config)#int xe2/0
BR1(config-if)#label-switching
BR1(config-if)#enable-ldp ipv4
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#int xe2/1
BR1(config-if)#label-switching
BR1(config-if)#enable-ldp ipv4
BR1(config-if)#exit
BR1(config)#exit
BR1#
```

Верификация конфигурации LDP.

```
BR1#show running-config
. . .
!
router ldp
  router-id 192.168.1.1
  transport-address ipv4 192.168.1.1
!
. . .
!
interface xe2/0
  ip address 192.168.101.1/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
interface xe2/1
  ip address 192.168.103.1/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
. . .
```

### Переход в режим настройки LDP на маршрутизаторе BR2.

```
BR2#configure terminal
BR2(config)#router ldp
BR2(config-router)#
```

### Установка идентификатора маршрутизатора (router-id) и транспортного адреса для семейства протоколов IPv4 для BR2.

```
BR2(config-router)#router-id 192.168.1.2
BR2(config-router)#transport-address ipv4 192.168.1.2
BR2(config-router)#exit
BR2(config)#
```

### Включение коммутации по меткам и адресного семейства IPv4 для интерфейсов xe2/0 и xe2/1.

```
BR2(config)#int xe2/0
BR2(config-if)#label-switching
BR2(config-if)#enable-ldp ipv4
BR2(config-if)#exit
BR2(config)#int xe2/1
BR2(config-if)#label-switching
BR2(config-if)#enable-ldp ipv4
BR2(config-if)#exit
BR2(config)#exit
BR2#
```

### Верификация конфигурации LDP.

```
BR2#show running-config
. . .
!
router ldp
  router-id 192.168.1.2
  transport-address ipv4 192.168.1.2
!
. . .
!
interface xe2/0
  ip address 192.168.101.2/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
interface xe2/1
  ip address 192.168.102.2/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
. . .
```

### Переход в режим настройки LDP на маршрутизаторе BR3.

```
BR3#configure terminal
BR3(config)#router ldp
BR3(config-router)#
```

Установка идентификатора маршрутизатора (router-id) и транспортного адреса для семейства протоколов IPv4 для BR3.

```
BR3(config-router)#router-id 192.168.1.3
BR3(config-router)#transport-address ipv4 192.168.1.3
BR3(config-router)#exit
BR3(config)#
```

Включение коммутации по меткам и адресного семейства IPv4 для интерфейсов xe2/0 и xe2/1.

```
BR3(config)#int xe2/0
BR3(config-if)#label-switching
BR3(config-if)#enable-ldp ipv4
BR3(config-if)#exit
BR3(config)#int xe2/1
BR3(config-if)#label-switching
BR3(config-if)#enable-ldp ipv4
BR3(config-if)#exit
BR3(config)#exit
BR3#
```

Верификация конфигурации LDP.

```
BR3#show running-config
. . .
!
router ldp
router-id 192.168.1.3
transport-address ipv4 192.168.1.3
!
. . .
!
interface xe2/0
ip address 192.168.103.2/30
label-switching
ip router isis TEST
enable-ldp ipv4
!
interface xe2/1
ip address 192.168.102.1/30
label-switching
ip router isis TEST
enable-ldp ipv4
!
. . .
```

Проверка установки LSP на BR1.

```

BR1#show ldp lsp
DOWNSTREAM LSP :
  FEC                Nexthop Addr      State           Label           Req.ID          Attr
  192.168.1.1/32     connected        Established     none            0              None
  192.168.1.2/32     192.168.101.2   Established     impl-null       0              None
  192.168.1.2/32     connected        Established     24323           0              None
  192.168.1.3/32     connected        Established     24322           0              None
  192.168.1.3/32     192.168.103.2   Established     impl-null       0              None
  192.168.101.0/30   connected        Established     impl-null       0              None
  192.168.101.0/30   connected        Established     none            0              None
  192.168.102.0/30   192.168.101.2   Established     impl-null       0              None
  192.168.102.0/30   192.168.103.2   Established     impl-null       0              None
  192.168.103.0/30   connected        Established     impl-null       0              None
  192.168.103.0/30   connected        Established     none            0              None
  192.168.201.0/24   connected        Established     none            0              None
  192.168.202.0/24   192.168.101.2   Established     impl-null       0              None
  192.168.202.0/24   connected        Established     24324           0              None

UPSTREAM LSP :
  FEC                State           Label           Req.ID          Attr
  192.168.1.1/32     Established     impl-null       0              None
  192.168.1.1/32     Established     impl-null       0              None
  192.168.1.2/32     Established     24323           0              None
  192.168.1.3/32     Established     24321           0              None
  192.168.101.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.101.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.103.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.103.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.201.0/24   Established     impl-null       0              None
  192.168.201.0/24   Established     impl-null       0              None
  192.168.202.0/24   Established     24324           0              None
BR1#

```

Проверка установки LSP на BR2.

```

BR2#show ldp lsp
DOWNSTREAM LSP :
  FEC                Nexthop Addr      State           Label           Req.ID          Attr
  192.168.1.1/32     192.168.101.1   Established     impl-null       0
  192.168.1.1/32     connected        Established     24320           0
  192.168.1.2/32     connected        Established     none            0              None
  192.168.1.3/32     connected        Established     24321           0
  192.168.1.3/32     192.168.102.1   Established     impl-null       0
  192.168.101.0/30   connected        Established     impl-null       0
  192.168.101.0/30   0.0.0.0         Established     none            0              None
  192.168.102.0/30   connected        Established     impl-null       0
  192.168.102.0/30   connected        Established     none            0              None
  192.168.103.0/30   192.168.101.1   Established     impl-null       0
  192.168.103.0/30   192.168.102.1   Established     impl-null       0
  192.168.201.0/24   192.168.101.1   Established     impl-null       0
  192.168.201.0/24   connected        Established     24322           0
  192.168.202.0/24   connected        Established     none            0              None

UPSTREAM LSP :
  FEC                State           Label           Req.ID          Attr
  192.168.1.1/32     Established     24320           0              None
  192.168.1.2/32     Established     impl-null       0              None
  192.168.1.2/32     Established     impl-null       0              None
  192.168.1.3/32     Established     24322           0              None
  192.168.101.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.101.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.102.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.102.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.201.0/24   Established     24321           0              None
  192.168.202.0/24   Established     impl-null       0              None
  192.168.202.0/24   Established     impl-null       0              None
BR2#

```

Проверка установки LSP на BR3.

```

BR3#show ldp lsp
DOWNSTREAM LSP :
  FEC                Nexthop Addr      State           Label           Req.ID          Attr
  192.168.1.1/32     connected        Established     24320           0
  192.168.1.1/32     192.168.103.1   Established     impl-null       0
  192.168.1.2/32     connected        Established     24323           0
  192.168.1.2/32     192.168.102.2   Established     impl-null       0
  192.168.1.3/32     connected        Established     none            0              None
  192.168.101.0/30   192.168.103.1   Established     impl-null       0
  192.168.101.0/30   192.168.102.2   Established     impl-null       0
  192.168.102.0/30   connected        Established     impl-null       0
  192.168.102.0/30   connected        Established     none            0              None
  192.168.103.0/30   connected        Established     impl-null       0
  192.168.103.0/30   connected        Established     none            0              None
  192.168.201.0/24   connected        Established     24321           0
  192.168.201.0/24   192.168.103.1   Established     impl-null       0
  192.168.202.0/24   connected        Established     24324           0
  192.168.202.0/24   192.168.102.2   Established     impl-null       0

UPSTREAM LSP :
  FEC                State           Label           Req.ID          Attr
  192.168.1.1/32     Established     24320           0              None
  192.168.1.2/32     Established     24323           0              None
  192.168.1.3/32     Established     impl-null       0              None
  192.168.1.3/32     Established     impl-null       0              None
  192.168.102.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.102.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.103.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.103.0/30   Established     impl-null       0              None
  192.168.201.0/24   Established     24322           0              None
  192.168.202.0/24   Established     24324           0              None
BR3#

```

# 11. Настройка протокола RSVP-TE

---

## 11.1 Общие сведения о MPLS и протоколе RSVP-TE

MPLS (Multiprotocol Label Switching) – протокол многопротокольной коммутации по меткам в телекоммуникационных сетях. В сети, основанной на MPLS, пакетам данных присваиваются метки. Решение о дальнейшей передаче пакета данным другому узлу сети осуществляется только на основании значения присвоенной метки без необходимости изучения самого пакета данных. Такой метод коммутации требует предварительного распределения меток и правил их использования для каждого маршрутизатора в сети. Процесс распределения меток между маршрутизаторами производится с помощью протокола RSVP-TE (Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering) и служит для построения транспортных путей (LSP - Label Switched Path). В протоколе RSVP-TE LSP могут строиться учитывая ряд дополнительных параметров по сравнению с LDP. В частности в LSP возможно резервирование полосы пропускания, выбор маршрута прохождения LSP в зависимости от требуемых ресурсов, резервирование LSP.

## 11.2 Настраиваемые параметры

При настройке протокола RSVP-TE на маршрутизаторе требуется:

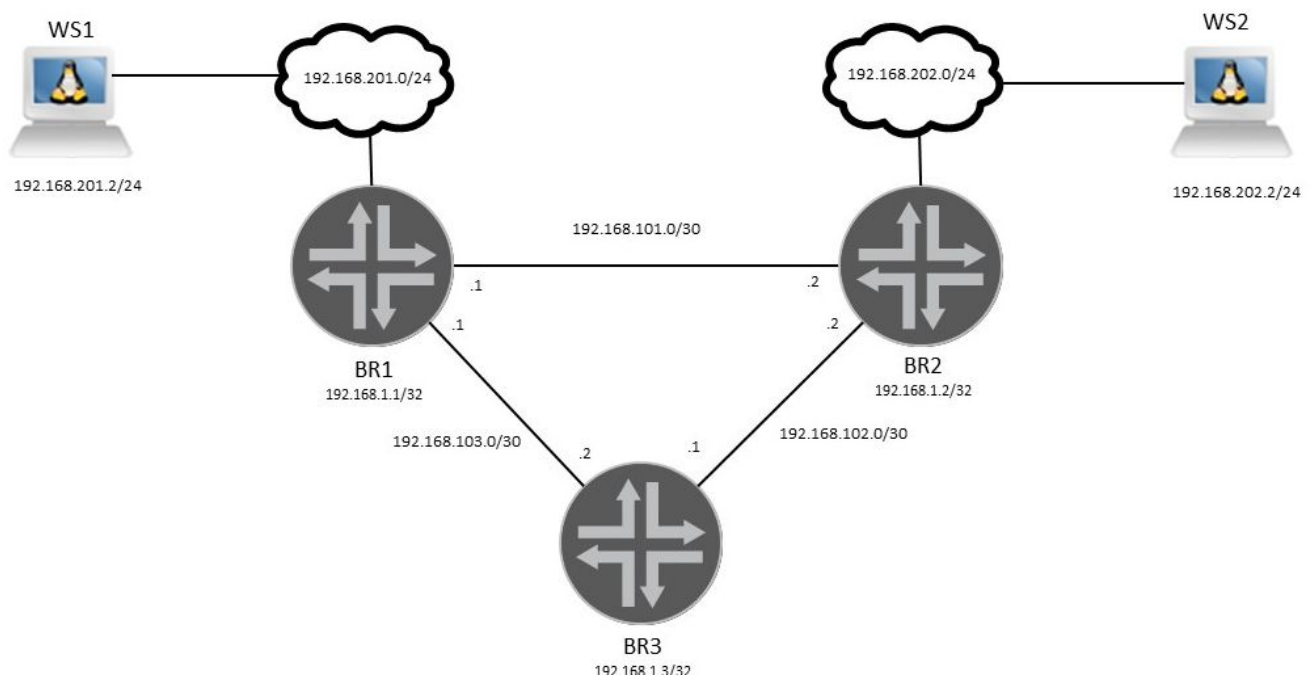
- Настроить один из протоколов IGP (OSPF или IS-IS) с расширениями для обеспечения Traffic Engineering и активировать его;
- Активировать протокол RSVP-TE;
- Включить в протокол необходимые интерфейсы;
- Создать туннели с заданными параметрами.

Кроме этого могут быть указаны дополнительные параметры и настройки которые позволяют:

- резервировать полосу пропускания для туннелей;
- выделять полосу пропускания в зависимости от класса трафика;
- обрабатывать классы трафика в соответствии с назначенными приоритетами;
- резервировать туннели для быстрого переключения при аварии.

## 11.2 Базовая настройка протокола RSVP-TE

[Рисунок 11.1. Базовые настройки протокола RSVP-TE](#)



Активация процесса IS-IS с именем TEST на BR1. Переход в режим настройки IS-IS.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#router isis TEST
BR1(config-router)#
```

Назначение принадлежности маршрутизатора BR1 области уровня L2.

```
BR1(config-router)#is-type level-2-only
```

Назначение идентификатора узла.

```
BR1(config-router)#net 49.0000.0000.0001.00
```

Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к IS-IS для достижения связанности между WS1 и WS2.

```
BR1(config-router)#redistribute connected
```

Установка расширенной метрики IS-IS для совместимости с RSVP-TE.

```
BR1(config-router)#metric-style wide
```

Установка loopback адреса в качестве router-id для Traffic Engineering.

```
BR1(config-router)#mpls traffic-eng router-id 192.168.1.1
```

Установка типа области IS-IS для расчета маршрутов для RSVP-TE.

```
BR1(config-router)#mpls traffic-eng level-2
```

Активация протокола CSPF (Constrained Shortest Path First) для расчета маршрутов для RSVP-TE.

```
BR1(config-router)#capability cspf  
BR1(config-router)#exit  
BR1(config)#
```

Добавление интерфейсов xe2/0 и xe2/1 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST. Включение коммутации по меткам для интерфейса. Включение RSVP-TE на интерфейсах.

```
BR1(config)#int xe2/0  
BR1(config-if)#ip router isis TEST  
BR1(config-if)#label-switching  
BR1(config-if)#enable-rsvp  
BR1(config-if)#exit  
BR1(config)#int xe2/1  
BR1(config-if)#ip router isis TEST  
BR1(config-if)#label-switching  
BR1(config-if)#enable-rsvp  
BR1(config-if)#exit  
BR1(config)#
```

**Создание туннеля до маршрутизатора BR2 с полосой пропускания 100 Мбит/сек.**

```
BR1(config)#rsvp-trunk t1/1 ipv4  
BR1(config-trunk)#to 192.168.1.2  
BR1(config-trunk)#primary bandwidth 100m  
BR1(config-trunk)#exit
```

**Создание туннеля до маршрутизатора BR3 с полосой пропускания 50 Мбит/сек.**

```
BR1(config)#rsvp-trunk t1/2 ipv4  
BR1(config-trunk)#to 192.168.1.3  
BR1(config-trunk)#primary bandwidth 50m  
BR1(config-trunk)#exit  
BR1(config)#exit  
BR1#
```

**Верификация настроек RSVP-TE на BR1.**

```
BR1#show running-config
. . .
!
router rsvp
!
. . .
!
interface virt0/0
 ip address 192.168.101.1/30
 label-switching
 ip router isis TEST
 enable-rsvp
!
interface virt0/1
 ip address 192.168.103.1/30
 label-switching
 ip router isis TEST
 enable-rsvp
!
. . .
!
router isis TEST
 is-type level-2-only
 metric-style wide
 mpls traffic-eng router-id 192.168.1.1
 mpls traffic-eng level-2
 capability cspf
 net 49.0000.0000.0001.00
 redistribute connected
!
rsvp-trunk t1/2 ipv4
 primary bandwidth 50m
 to 192.168.1.3
!
rsvp-trunk t1/1 ipv4
 primary bandwidth 100m
 to 192.168.1.2
!
. . .
BR1#
```

**Активация процесса IS-IS с именем TEST на BR2. Переход в режим настройки IS-IS.**

```
BR2>enable
BR2#configure terminal
BR2(config)#router isis TEST
BR2(config-router)#
```

Назначение принадлежности маршрутизатора BR2 области уровня L1-L2.

```
BR2(config-router)#is-type level-2-only
```

Назначение идентификатора узла.

```
BR2(config-router)#net 49.0000.0000.0002.00
```

Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к IS-IS для достижения связанности между WS1 и WS2.

```
BR2(config-router)#redistribute connected
```

Установка расширенной метрики IS-IS для совместимости с RSVP-TE.

```
BR2(config-router)#metric-style wide
```

Установка loopback адреса в качестве router-id для Traffic Engineering.

```
BR2(config-router)#mpls traffic-eng router-id 192.168.1.2
```

Установка типа области IS-IS для расчета маршрутов для RSVP-TE.

```
BR2(config-router)#mpls traffic-eng level-2
```

Активация протокола CSPF (Constrained Shortest Path First) для расчета маршрутов для RSVP-TE.

```
BR2(config-router)#capability cspf
BR2(config-router)#exit
BR2(config)#
```

Добавление интерфейсов xe2/0 и xe2/1 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST. Включение коммутации по меткам для интерфейса. Включение RSVP-TE на интерфейсах.

```
BR2(config)#int xe2/0
BR2(config-if)#ip router isis TEST
BR2(config-if)#label-switching
BR2(config-if)#enable-rsvp
BR2(config-if)#exit
BR2(config)#int xe2/1
BR2(config-if)#ip router isis TEST
BR2(config-if)#label-switching
BR2(config-if)#enable-rsvp
BR2(config-if)#exit
BR2(config)#
```

Создание туннеля до маршрутизатора BR1 с полосой пропускания 100 Мбит/сек.

```
BR2(config)#rsvp-trunk t2/1 ipv4
BR2(config-trunk)#to 192.168.1.1
BR2(config-trunk)#primary bandwidth 100m
BR2(config-trunk)#exit
```

Создание туннеля до маршрутизатора BR3 с полосой пропускания 50 Мбит/сек.

```
BR2(config)#rsvp-trunk t2/2 ipv4
BR2(config-trunk)#to 192.168.1.3
BR2(config-trunk)#primary bandwidth 50m
BR2(config-trunk)#exit
BR2(config)#exit
BR2#
```

Верификация настроек RSVP-TE на BR2.

```
BR2#show running-config
. . .
!
router rsvp
!
. . .
!
interface virt0/0
 ip address 192.168.101.2/30
 label-switching
 ip router isis TEST
 enable-rsvp
!
interface virt0/1
 ip address 192.168.102.2/30
 label-switching
 ip router isis TEST
 enable-rsvp
!
. . .
!
router isis TEST
 is-type level-2-only
 metric-style wide
 mpls traffic-eng router-id 192.168.1.2
 mpls traffic-eng level-2
 capability cspf
 net 49.0000.0000.0002.00
 redistribute connected
!
rsvp-trunk t2/2 ipv4
 primary bandwidth 50m
 to 192.168.1.3
!
rsvp-trunk t2/1 ipv4
 primary bandwidth 100m
 to 192.168.1.1
!
. . .
BR2#
```

**Активация процесса IS-IS с именем TEST на BR3. Переход в режим настройки IS-IS.**

```
BR3>enable
BR3#configure terminal
BR3(config)#router isis TEST
BR3(config-router)#
```

Назначение принадлежности маршрутизатора BR3 области уровня L2.

```
BR3(config-router)#is-type level-2-onlt
```

Назначение идентификатора узла.

```
BR3(config-router)#net 49.0000.0000.0003.00
```

Добавление редистрибуции маршрутов к присоединенным сетям к IS-IS.

```
BR3(config-router)#redistribute connected
```

Установка расширенной метрики IS-IS для совместимости с RSVP-TE

```
BR3(config-router)#metric-style wide
```

Установка loopback адреса в качестве router-id для Traffic Engineering.

```
BR3(config-router)#mpls traffic-eng router-id 192.168.1.3
```

Установка типа области IS-IS для расчета маршрутов для RSVP-TE.

```
BR3(config-router)#mpls traffic-eng level-2
```

Активация протокола CSPF (Constrained Shortest Path First) для расчета маршрутов для RSVP-TE.

```
BR3(config-router)#capability cspf
BR3(config-router)#exit
BR3(config)#
```

Добавление интерфейсов xe2/0 и xe2/1 к процессу обмена маршрутной информацией по протоколу IS-IS с идентификатором TEST. Включение коммутации по меткам для интерфейса. Включение RSVP-TE на интерфейсах.

```
BR3(config)#int xe2/0
BR3(config-if)#ip router isis TEST
BR3(config-if)#label-switching
BR3(config-if)#enable-rsvp
BR3(config-if)#exit
BR3(config)#int xe2/1
BR3(config-if)#ip router isis TEST
BR3(config-if)#label-switching
BR3(config-if)#enable-rsvp
BR3(config-if)#exit
BR3(config)#
```

Создание туннеля до маршрутизатора BR1 с полосой пропускания 50 Мбит/сек.

```
BR3(config)#rsvp-trunk t3/1 ipv4
BR3(config-trunk)#to 192.168.1.1
BR3(config-trunk)#primary bandwidth 50m
BR3(config-trunk)#exit
```

Создание туннеля до маршрутизатора BR2 с полосой пропускания 50 Мбит/сек.

```
BR3(config)#rsvp-trunk t3/2 ipv4
BR3(config-trunk)#to 192.168.1.2
BR3(config-trunk)#primary bandwidth 50m
BR3(config-trunk)#exit
BR3(config)#exit
BR3#
```

Верификация настроек RSVP-TE на BR3.

```
BR3#show running-config
. . .
!
router rsvp
!
. . .
!
interface virt0/0
 ip address 192.168.103.2/30
 label-switching
 ip router isis TEST
 enable-rsvp
!
interface virt0/1
 ip address 192.168.102.1/30
 label-switching
 ip router isis TEST
 enable-rsvp
!
. . .
!
router isis TEST
 is-type level-2-only
 metric-style wide
 mpls traffic-eng router-id 192.168.1.3
 mpls traffic-eng level-2
 capability cspf
 net 49.0000.0000.0003.00
 redistribute connected
!
rsvp-trunk t3/2 ipv4
 primary bandwidth 50m
 to 192.168.1.2
!
rsvp-trunk t3/1 ipv4
 primary bandwidth 100m
 to 192.168.1.1
!
. . .
BR1#
```

Проверка наличия RSVP-TE туннелей на BR1.

```
BR1#show rsvp trunk
Trunk Name           Trunk ID  Type  # Sess  Ext-tunnel-id  Egress Address(es)
t1/2                 5001     P2P   1       192.168.1.1    192.168.1.3
t1/1                 5002     P2P   1       192.168.1.1    192.168.1.2
Total trunks configured: 2.
BR1#
```

### Проверка наличия маршрутов в таблице коммутации MPLS на BR1.

```
BR1#show mpls forwarding-table
Codes: > - installed FTN, * - selected FTN, p - stale FTN,
       B - BGP FTN, K - CLI FTN, t - tunnel,
       L - LDP FTN, R - RSVP-TE FTN, S - SNMP FTN, I - IGP-Shortcut,
       U - unknown FTN, O - SR-OSPF FTN, i - SR-ISIS FTN, k - SR-CLI FTN

Code   FEC           FTN-ID  Nhlfe-ID  Tunnel-id  Pri  LSP-Type  Out-
Label  Out-Intf     ELC     Nexthop
R(t)>  192.168.1.2/32  2       2         5002      Yes  LSP_DEFAULT  24321
virt0/0  No          192.168.101.2
R(t)>  192.168.1.3/32  3       3         5001      Yes  LSP_DEFAULT  24323
virt0/1  No          192.168.103.2
BR1#
```

### Проверка наличия RSVP-TE туннелей на BR2.

```
BR2#show rsvp trunk
Trunk Name           Trunk ID  Type  # Sess  Ext-tunnel-id  Egress Address(es)
t2/1                 5001     P2P   1       192.168.1.2    192.168.1.1
t2/2                 5002     P2P   1       192.168.1.2    192.168.1.3
Total trunks configured: 2.
BR2#
```

### Проверка наличия маршрутов в таблице коммутации MPLS на BR2.

```
BR2#show mpls forwarding-table
Codes: > - installed FTN, * - selected FTN, p - stale FTN,
       B - BGP FTN, K - CLI FTN, t - tunnel,
       L - LDP FTN, R - RSVP-TE FTN, S - SNMP FTN, I - IGP-Shortcut,
       U - unknown FTN, O - SR-OSPF FTN, i - SR-ISIS FTN, k - SR-CLI FTN

Code   FEC                FTN-ID   Nhlfe-ID  Tunnel-id  Pri  LSP-Type   Out-
Label  Out-Intf   ELC  Nexthop
R(t)>  192.168.1.1/32    3       3         5001       Yes  LSP_DEFAULT 24322
virt0/0    No    192.168.101.1
R(t)>  192.168.1.3/32    2       2         5002       Yes  LSP_DEFAULT 24321
virt0/1    No    192.168.102.1
BR2#
```

### Проверка наличия RSVP-TE туннелей на BR3.

```
BR3#show rsvp trunk
Trunk Name           Trunk ID  Type  # Sess  Ext-tunnel-id  Egress Address(es)
t3/1                 5001     P2P   1       192.168.1.3    192.168.1.1
t3/2                 5002     P2P   1       192.168.1.3    192.168.1.2
Total trunks configured: 2.
BR3#
```

### Проверка наличия маршрутов в таблице коммутации MPLS на BR3.

```
BR3#show mpls forwarding-table
Codes: > - installed FTN, * - selected FTN, p - stale FTN,
       B - BGP FTN, K - CLI FTN, t - tunnel,
       L - LDP FTN, R - RSVP-TE FTN, S - SNMP FTN, I - IGP-Shortcut,
       U - unknown FTN, O - SR-OSPF FTN, i - SR-ISIS FTN, k - SR-CLI FTN

Code   FEC                FTN-ID   Nhlfe-ID  Tunnel-id  Pri  LSP-Type   Out-
Label  Out-Intf   ELC  Nexthop
R(t)>  192.168.1.1/32    3       1         5001       Yes  LSP_DEFAULT 24320
virt0/0    No    192.168.103.1
R(t)>  192.168.1.2/32    1       2         5002       Yes  LSP_DEFAULT 24322
virt0/1    No    192.168.102.2
BR3#
```

# 12. Настройка MPLS VPN

---

В данном разделе рассматриваются принципы организации и настройки виртуальных частных сетей (VPN - virtual private networks) третьего уровня (Layer 3 VPN, L3VPN), использующих в качестве транспорта технологию MPLS (Multiprotocol Label Switching).

## 12.1 Общие сведения о MPLS VPN

Технология MPLS VPN позволяет разделить информацию различных пользователей использующих общую транспортную инфраструктуру сети передачи данных. Тем самым исключается влияние пользователей друг на друга и обеспечивается безопасность пользовательских данных при передаче по сети. В MPLS VPN изолируются:

- Данные пользователя передаваемые по сети;
- Маршрутная информация пользователя.

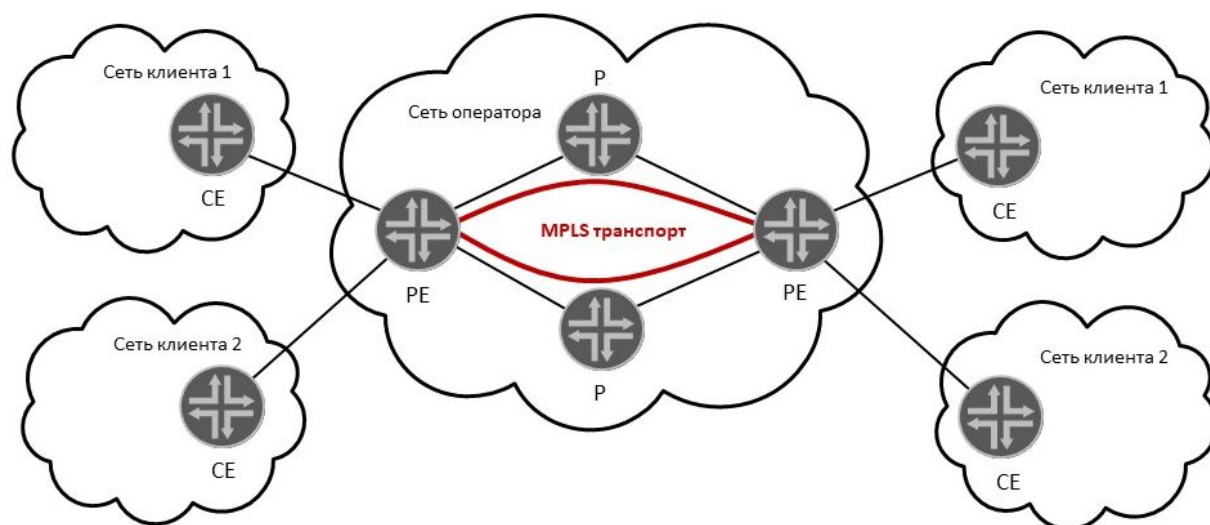
Как следствие, помимо защиты данных пользователя, делается возможным использование разными пользователями пересекающихся множеств частных IP адресов.

Помимо подключения пользователей MPLS VPN также используются операторами для собственных целей, в частности для организации выделенных сетей управления.

Все маршрутизаторы участвующие в процессе обмена трафиком с использованием технологии MPLS VPN выполняют одну из трех функций:

- CE - маршрутизатор со стороны узла клиента, который непосредственно подключается к маршрутизатору оператора.
- PE - граничный маршрутизатор со стороны оператора (MPLS домена), к которому подключаются устройства CE. PE устройства выполняют функции LER (Label Edge Router).
- P - маршрутизатор внутри сети Оператора (MPLS домена). P устройства выполняют функции LSR (Label Switch Router).

Рисунок 12.1. Роли узлов в сети MPLS VPN



Для обслуживания клиентов разных VPN на устройстве PE к которому эти клиенты присоединены создаются VRF (Virtual Routing and Forwarding) - по одной на каждый VPN. Каждая VRF обладает собственной таблицей маршрутизации и набором интерфейсов для подключения CE. Между устройствами CE и PE необходима настройка статической маршрутизации или протокола динамической маршрутизации. Маршрутная информация, полученная от устройства CE, устанавливается в соответствующую VRF-таблицу устройства PE. VRF одного клиента на разных маршрутизаторах PE связываются между собой с помощью LSP образуя виртуальную частную сеть - VPN. Между VRF относящимися к одной VPN происходит обмен маршрутной информацией. Таким образом формируются идентичные таблицы маршрутизации для каждой VRF одного клиента.

При поступлении трафика клиента на входящий PE определяется PE назначения и трафик направляется в соответствующий LSP. На PE назначения трафик извлекается из LSP, определяется VRF к которой относится трафик и далее маршрутизация производится в соответствии с таблицей маршрутизации конкретной VRF.

На устройствах P через которые проходит LSP содержащий трафик VPN происходит только MPLS коммутация в соответствии с настройками LSP.

## 12.2 Настраиваемые параметры

Обязательные параметры:

- На каждом маршрутизаторе который участвует в обмене трафиком MPLS VPN должен быть настроен один из протоколов построения транспортных LSP между маршрутизаторами: LDP (раздел "Настройка MPLS и протокола LDP") или RSVP-TE (раздел "Настройка протокола RSVP-TE");

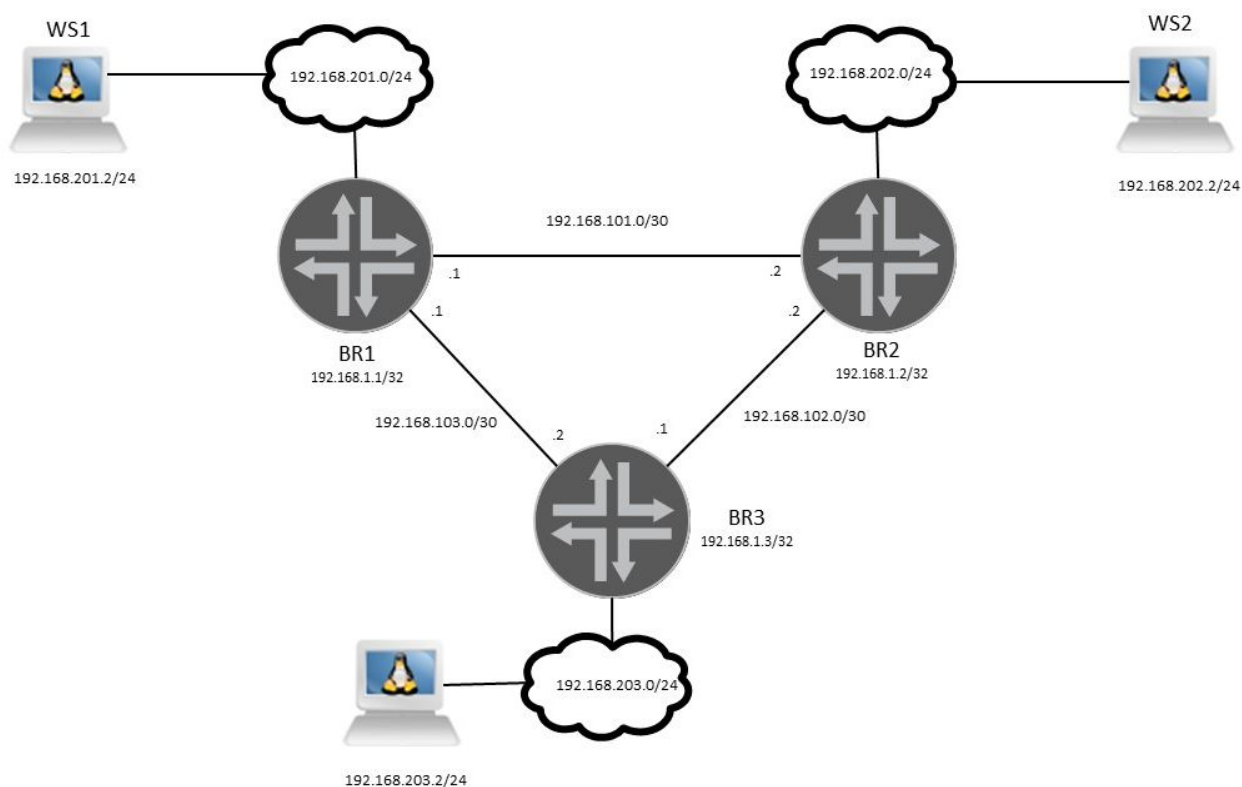
- На каждом PE маршрутизаторе должен быть создан один экземпляр VRF для каждого подключенного клиента;
- В VRF должны быть включены необходимые интерфейсы к которым подключены маршрутизаторы CE одного клиента;
- Для VRF должны быть настроены параметры:
  - Route Distinguisher - для идентификации VRF принадлежащих к одной VPN на разных маршрутизаторах PE;
  - Route Target - community для идентификации VRF при обмене маршрутной информацией между PE.
- На каждом PE маршрутизаторе должен быть активирован протокол BGP:
  - Для обмена информацией о подключенных VRF между PE - address-family vpnv4 unicast;
  - Для обмена маршрутной информацией внутри VRF - address-family ipv4 для каждой VRF;
  - Для включения в процесс обмена адресной информацией маршрутов полученных от CE требуется включить в address-family ipv4 редистрибуцию маршрутов от соответствующего протокола (connected, stasis, OSPF, IS-IS).

Опциональные параметры;

- Для интерфейсов входящих в MPLS VPN могут применяться настройки общие для интерфейсов в BulatOS-R (раздел "Настройка интерфейсов"). Кроме того возможно включение в VPN сабинтерфейсов и агрегированных интерфейсов.
- Для MPLS VPN могут применяться параметры качества обслуживания (раздел "Настройка качества обслуживания").
- При использовании протокола RSVP-TE возможна настройка LSP в зависимости от требований клиента по гарантированной полосе пропускания.

## 12.3 Базовая настройка MPLS L3VPN

Рисунок 12.2. Базовая настройка MPLS L3 VPN



Требуется настроить L3VPN для обеспечения связанности подсетей клиента подключенным к трем PE маршрутизаторам: BR1, BR2 и BR3. В качестве протокола для построения транспортных туннелей используется протокол LDP.

Настройка протоколов построения транспортных LSP приводится в разделе "Настройка протокола IS-IS" и разделе "Настройка MPLS и протокола LDP".

Переход в конфигурационный режим и создание VRF на BR1.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#ip vrf testvpn
BR1(config-vrf)#
```

Присвоение идентификаторов Route Distinguisher и Route Target для VRF.

```
BR1(config-vrf)#rd 100:1
BR1(config-vrf)#route-target both 100:1
BR1(config-vrf)#exit
```

Включение интерфейса к клиентской сети в VRF.

```
BR1(config)#interface xe2/2
BR1(config-if)#ip vrf forwarding testvpn
BR1(config-if)#ip address 192.168.201.1/24
BR1(config-if)#exit
```

### Активация процесса BGP и назначение router id.

```
BR1(config)#router bgp 100
BR1(config-router)#bgp router-id 192.168.1.1
```

### Назначение соседей для протокола BGP.

```
BR1(config-router)#neighbor 192.168.1.2 remote-as 100
BR1(config-router)#neighbor 192.168.1.3 remote-as 100
```

### Указание IP адреса с которого будет производиться взаимодействие с соседями.

```
BR1(config-router)#neighbor 192.168.1.2 update-source 192.168.1.1
BR1(config-router)#neighbor 192.168.1.3 update-source 192.168.1.1
```

Активация адресного семейства vpv4 unicast для обмена информацией о подключенных VRF. Указание соседей по обмену данными для адресного семейства vpv4 unicast. Выход из режима настройки адресного семейства vpv4 unicast.

```
BR1(config-router)#address-family vpv4 unicast
BR1(config-router-af)#neighbor 192.168.1.2 activate
BR1(config-router-af)#neighbor 192.168.1.3 activate
BR1(config-router-af)#exit
```

Активация адресного семейства ipv4 для VRF для обмена маршрутной информацией внутри L3VPN.

```
BR1(config-router)#address-family ipv4 vrf testvpn
```

Редистрибуция маршрутов о присоединенных сетях для ipv4 в VRF. Выход из режима настройки BGP. Выход из конфигурационного режима.

```
BR1(config-router-af)#redistribute connected
BR1(config-router-af)#exit
BR1(config-router)#exit
BR1(config)#exit
BR1#
```

Верификация настроек L3VPN на BR1.

```
BR1#show running-config
. . .
!
ip vrf testvpn
  rd 100:1
  route-target both 100:1
!
. . .
!
router ldp
  router-id 192.168.1.1
  transport-address ipv4 192.168.1.1
!
. . .
!
interface xe2/0
  ip address 192.168.101.1/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
interface xe2/1
  ip address 192.168.103.1/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
interface xe2/2
  ip vrf forwarding testvpn
  ip address 192.168.201.1/24
!
. . .
!
router isis TEST
  is-type level-1-2
  net 49.0000.0000.0001.00
  redistribute connected
!
. . .
!
router bgp 100
  bgp router-id 192.168.1.1
  neighbor 192.168.1.2 remote-as 100
  neighbor 192.168.1.3 remote-as 100
  neighbor 192.168.1.2 update-source 192.168.1.1
  neighbor 192.168.1.3 update-source 192.168.1.1
  !
  address-family vpnv4 unicast
  neighbor 192.168.1.2 activate
  neighbor 192.168.1.3 activate
  exit-address-family
!
```

```
address-family ipv4 vrf testvpn
redistribute connected
exit-address-family
!
. . .
```

### Переход в конфигурационный режим и создание VRF на BR2.

```
BR2#configure terminal
BR2(config)#ip vrf testvpn
BR2(config-vrf)#
```

### Присвоение идентификаторов Route Distinguisher и Route Target для VRF.

```
BR2(config-vrf)#rd 100:1
BR2(config-vrf)#route-target both 100:1
BR2(config-vrf)#exit
```

### Включение интерфейса к клиентской сети в VRF.

```
BR2(config)#interface xe2/2
BR2(config-if)#ip vrf forwarding testvpn
BR2(config-if)#ip address 192.168.202.1/24
BR2(config-if)#exit
```

### Активация процесса BGP и назначение router id.

```
BR2(config)#router bgp 100
BR2(config-router)#bgp router-id 192.168.1.2
```

### Назначение соседей для протокола BGP.

```
BR2(config-router)#neighbor 192.168.1.1 remote-as 100
BR2(config-router)#neighbor 192.168.1.3 remote-as 100
```

Назначение IP адреса с которого будет производиться взаимодействие с соседями.

```
BR2(config-router)#neighbor 192.168.1.1 update-source 192.168.1.2  
BR2(config-router)#neighbor 192.168.1.3 update-source 192.168.1.2
```

Активация адресного семейства `vpn4 unicast` для обмена информацией о подключенных VRF. Указание соседей по обмену данными для адресного семейства `vpn4 unicast`. Выход из режима настройки адресного семейства `vpn4 unicast`.

```
BR2(config-router)#address-family vpn4 unicast  
BR2(config-router-af)#neighbor 192.168.1.1 activate  
BR2(config-router-af)#neighbor 192.168.1.3 activate  
BR2(config-router-af)#exit
```

Активация адресного семейства `ipv4` для VRF для обмена маршрутной информацией внутри L3VPN.

```
BR2(config-router)#address-family ipv4 vrf testvpn
```

Редистрибуция маршрутов о присоединенных сетях для `ipv4` в VRF. Выход из режима настройки BGP. Выход из конфигурационного режима.

```
BR2(config-router-af)#redistribute connected  
BR2(config-router-af)#exit  
BR2(config-router)#exit  
BR2(config)#exit  
BR2#
```

Верификация настроек L3VPN на BR2.

```
BR2#show running-config
. . .
!
ip vrf testvpn
  rd 100:1
  route-target both 100:1
!
. . .
!
router ldp
  router-id 192.168.1.2
  transport-address ipv4 192.168.1.2
!
. . .
!
interface xe2/0
  ip address 192.168.101.2/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
interface xe2/1
  ip address 192.168.102.2/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
interface xe2/2
  ip vrf forwarding testvpn
  ip address 192.168.202.1/24
!
. . .
!
router isis TEST
  is-type level-1-2
  net 49.0000.0000.0002.00
  redistribute connected
!
. . .
!
router bgp 100
  bgp router-id 192.168.1.2
  neighbor 192.168.1.1 remote-as 100
  neighbor 192.168.1.3 remote-as 100
  neighbor 192.168.1.1 update-source 192.168.1.2
  neighbor 192.168.1.3 update-source 192.168.1.2
!
  address-family vpnv4 unicast
  neighbor 192.168.1.1 activate
  neighbor 192.168.1.3 activate
  exit-address-family
!
```

```
address-family ipv4 vrf testvpn
redistribute connected
exit-address-family
!
. . .
```

### Переход в конфигурационный режим и создание VRF на BR3.

```
BR3#configure terminal
BR3(config)#ip vrf testvpn
BR3(config-vrf)#
```

### Присвоение идентификаторов Route Distinguisher и Route Target для VRF.

```
BR3(config-vrf)#rd 100:1
BR3(config-vrf)#route-target both 100:1
BR3(config-vrf)#exit
```

### Включение интерфейса к клиентской сети в VRF.

```
BR3(config)#interface xe2/2
BR3(config-if)#ip vrf forwarding testvpn
BR3(config-if)#ip address 192.168.203.1/24
BR3(config-if)#exit
```

### Активация процесса BGP и назначение router id.

```
BR3(config)#router bgp 100
BR3(config-router)#bgp router-id 192.168.1.3
```

### Назначение соседей для протокола BGP.

```
BR3(config-router)#neighbor 192.168.1.1 remote-as 100
BR3(config-router)#neighbor 192.168.1.2 remote-as 100
```

Назначение IP адреса с которого будет производиться взаимодействие с соседями.

```
BR3(config-router)#neighbor 192.168.1.1 update-source 192.168.1.3  
BR3(config-router)#neighbor 192.168.1.2 update-source 192.168.1.3
```

Активация адресного семейства `vpn4 unicast` для обмена информацией о подключенных VRF. Указание соседей по обмену данными для адресного семейства `vpn4 unicast`. Выход из режима настройки адресного семейства `vpn4 unicast`.

```
BR3(config-router)#address-family vpn4 unicast  
BR3(config-router-af)#neighbor 192.168.1.1 activate  
BR3(config-router-af)#neighbor 192.168.1.2 activate  
BR3(config-router-af)#exit
```

Активация адресного семейства `ipv4` для VRF для обмена маршрутной информацией внутри L3VPN.

```
BR3(config-router)#address-family ipv4 vrf testvpn
```

Редистрибуция маршрутов о присоединенных сетях для `ipv4` в VRF. Выход из режима настройки BGP. Выход из конфигурационного режима.

```
BR3(config-router-af)#redistribute connected  
BR3(config-router-af)#exit  
BR3(config-router)#exit  
BR3(config)#exit  
BR3#
```

Верификация настроек L3VPN на BR3.

```
BR3#show running-config
. . .
!
ip vrf testvpn
  rd 100:1
  route-target both 100:1
!
. . .
!
router ldp
  router-id 192.168.1.3
  transport-address ipv4 192.168.1.3
!
. . .
!
interface xe2/0
  ip address 192.168.103.2/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
interface xe2/1
  ip address 192.168.102.1/30
  label-switching
  ip router isis TEST
  enable-ldp ipv4
!
interface xe2/2
  ip vrf forwarding testvpn
  ip address 192.168.203.1/24
!
. . .
!
router isis TEST
  is-type level-1-2
  net 49.0000.0000.0003.00
  redistribute connected
!
. . .
!
router bgp 100
  bgp router-id 192.168.1.3
  neighbor 192.168.1.1 remote-as 100
  neighbor 192.168.1.2 remote-as 100
  neighbor 192.168.1.1 update-source 192.168.1.3
  neighbor 192.168.1.3 update-source 192.168.1.3
!
  address-family vpnv4 unicast
  neighbor 192.168.1.1 activate
  neighbor 192.168.1.2 activate
  exit-address-family
!
```

```

address-family ipv4 vrf testvpn
redistribute connected
exit-address-family
!
. . .

```

### Проверка маршрутов в таблице маршрутизации L3VPN на BR1.

```

BR1#show ip route vrf testvpn
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "testvpn"
C       192.168.201.0/24 is directly connected, virt0/2, 1d16h08m
B       192.168.202.0/24 [200/0] via 192.168.1.2, 1d16h02m
B       192.168.203.0/24 [200/0] via 192.168.1.3, 18:56:22
BR1#

```

### Проверка маршрутов в таблице маршрутизации L3VPN на BR2.

```

BR2#show ip route vrf testvpn
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "testvpn"
B       192.168.201.0/24 [200/0] via 192.168.1.1, 1d16h16m
C       192.168.202.0/24 is directly connected, virt0/2, 1d16h07m
B       192.168.203.0/24 [200/0] via 192.168.1.3, 19:04:17
BR2#

```

### Проверка маршрутов в таблице маршрутизации L3VPN на BR3.

```
BR3#show ip route vrf testvpn
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       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
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2,
       ia - IS-IS inter area, E - EVPN,
       v - vrf leaked
       * - candidate default

IP Route Table for VRF "testvpn"
B       192.168.201.0/24 [200/0] via 192.168.1.1, 19:12:22
B       192.168.202.0/24 [200/0] via 192.168.1.2, 19:06:15
C       192.168.203.0/24 is directly connected, virt0/2, 19:19:06
BR3#
```

**⚠** Маршруты помеченные литерой "С" принадлежат локально присоединенным клиентским сетям.

Маршруты помеченные литерой "В" получены из удаленных VRF посредством протокола BGP.

### Проверка связанности между WS1 и WS2

```
root@WS1:~# ping 192.168.202.2
PING 192.168.202.2 (192.168.202.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.202.2: icmp_seq=1 ttl=61 time=13.3 ms
64 bytes from 192.168.202.2: icmp_seq=2 ttl=61 time=8.39 ms
64 bytes from 192.168.202.2: icmp_seq=3 ttl=61 time=6.17 ms
^C
--- 192.168.202.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 6.170/9.296/13.324/2.989 ms
root@WS1:~#
```

### Проверка связанности между WS1 и WS3

```
root@WS1:~# ping 192.168.203.1
PING 192.168.203.1 (192.168.203.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.203.1: icmp_seq=1 ttl=62 time=5.77 ms
64 bytes from 192.168.203.1: icmp_seq=2 ttl=62 time=5.65 ms
64 bytes from 192.168.203.1: icmp_seq=3 ttl=62 time=5.01 ms
^C
--- 192.168.203.1 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 5.015/5.479/5.771/0.331 ms
root@WS1:~#
```

### Проверка связанности между WS2 и WS3

```
root@WS2:~# ping 192.168.203.2
PING 192.168.203.2 (192.168.203.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.203.2: icmp_seq=1 ttl=61 time=9.67 ms
64 bytes from 192.168.203.2: icmp_seq=2 ttl=61 time=8.81 ms
64 bytes from 192.168.203.2: icmp_seq=3 ttl=61 time=7.50 ms
^C
--- 192.168.203.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 7.504/8.662/9.673/0.898 ms
root@WS2:~#
```

# 13. Настройка качества обслуживания

---

В данном разделе рассматриваются принципы настройки системы обеспечения качества обслуживания сети. Параметры качества обслуживания (QoS - Quality of Service) позволяют приоритезировать прохождение определенных типов трафика, производить перемаркировку (изменение приоритета) транзитному трафику, а также задавать полосу пропускания для разных типов трафика на различных интерфейсах. На маршрутизаторах серии BR9000 можно гибко регулировать политики прохождения трафика.

## 13.1 Общие сведения о качестве обслуживания в BulatOS-R

Механизм обеспечения качества обслуживания в BulatOS-R выполняется в несколько этапов.

- Классификация входящего трафика может выполняться на основе:
  - Поля CoS заголовка Ethernet пакета
  - Поля DSCP заголовка IP пакета
  - Поля EXP заголовка MPLS пакета

Результатом классификации является направление пакета в одну из 8 очередей в зависимости от результатов классификации.

- Перемаркировка исходящего трафика для дальнейшей обработки и приоритезации. Перемаркировка может выполняться:
  - В поле CoS заголовка Ethernet пакета
  - В поле DSCP заголовка IP пакета
  - В поле EXP заголовка MPLS пакета
- Ограничение полосы пропускания на входном и выходном портах (Policing).
- Управление очередями:
  - Выравнивание трафика (Shaping);
  - Планирование трафика (Scheduling);
  - Управление выборочным сбросом пакетов (WRED очереди);

## 13.2 Базовая настройка качества обслуживания

Включение поддержки QoS на маршрутизаторе.

```
BR1#configure terminal
BR1(config)#qos enable
```

После включения поддержки QoS для классификации входящего трафика применяются default профили.

Профиль dscp-to-queue default.

```
profile name: default
profile type: dscp-to-queue
configured mapping:
Detailed mapping:
  Ingress map for dscp to queue-color
  -----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  INPUT| OUTPUT          | INPUT|   OUTPUT          | INPUT|   OUTPUT          | INPUT|   OUTPUT          |
  -----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  DSCP |TC|  Color  | DSCP | TC | Color  | DSCP | TC | Color  | DSCP | TC | Color  |
  -----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  0     0  green  | 16   2  green  | 32   4  green  | 48   6  green  |
  1     0  green  | 17   2  green  | 33   4  green  | 49   6  green  |
  2     0  green  | 18   2  green  | 34   4  green  | 50   6  green  |
  3     0  green  | 19   2  green  | 35   4  green  | 51   6  green  |
  4     0  green  | 20   2  yellow | 36   4  yellow | 52   6  green  |
  5     0  green  | 21   2  green  | 37   4  green  | 53   6  green  |
  6     0  green  | 22   2  red    | 38   4  red    | 54   6  green  |
  7     0  green  | 23   2  green  | 39   4  green  | 55   6  green  |
  8     1  green  | 24   3  green  | 40   5  green  | 56   7  green  |
  9     1  green  | 25   3  green  | 41   5  green  | 57   7  green  |
 10    1  green  | 26   3  green  | 42   5  green  | 58   7  green  |
 11    1  green  | 27   3  green  | 43   5  green  | 59   7  green  |
 12    1  yellow | 28   3  yellow | 44   5  green  | 60   7  green  |
 13    1  green  | 29   3  green  | 45   5  green  | 61   7  green  |
 14    1  red    | 30   3  red    | 46   5  green  | 62   7  green  |
 15    1  green  | 31   3  green  | 47   5  green  | 63   7  green  |
```

Профиль queue-color-to-dscp default.

```

profile name: default
profile type: queue-color-to-dscp
configured mapping:
Detailed mapping:
Egress map for queue-color to dscp

```

INPUT			OUTPUT	INPUT			OUTPUT	INPUT			OUTPUT
TC	Color	DSCP		TC	Color	DSCP		TC	Color	DSCP	
0	green	0		0	yellow	0		0	red	0	
1	green	10		1	yellow	12		1	red	14	
2	green	18		2	yellow	20		2	red	22	
3	green	26		3	yellow	28		3	red	30	
4	green	34		4	yellow	36		4	red	38	
5	green	40		5	yellow	40		5	red	40	
6	green	48		6	yellow	48		6	red	48	
7	green	56		7	yellow	56		7	red	56	

### Профиль exp-to-queue default.

```

profile name: default
profile type: exp-to-queue
configured mapping:
Detailed mapping:
Ingress map for exp to queue-color

```

INPUT		OUTPUT
EXP	TC	
0	0	
1	1	
2	2	
3	3	
4	4	
5	5	
6	6	
7	7	

### Профиль queue-to-exp default.

```

profile name: default
profile type: queue-to-exp
configured mapping:
Detailed mapping:
  Egress map for queue to exp
-----+-----|
  INPUT  | OUTPUT  |
-----+-----|
  TC     | EXP     |
-----+-----|
  0      | 0       |
  1      | 1       |
  2      | 2       |
  3      | 3       |
  4      | 4       |
  5      | 5       |
  6      | 6       |
  7      | 7       |

```

При необходимости соответствия между значениями полей и номерами очередей могут быть изменены.

Изменение номера очереди для поля DSCP.

```

BR1(config)#qos profile dscp-to-queue default
BR1(config-ingress-dscp-map)#dscp 10 queue 2 color green
BR1(config-ingress-dscp-map)#exit

```

Ограничение полосы пропускания на интерфейсе 100 Mbit/sec с burst size 10 Mbit/sec для входящего трафика.

```

BR1(config)#interface xe2/3
BR1(config-int)#rate-limit input 100000 10000

```

Ограничение полосы пропускания на интерфейсе 200 Mbit/sec с burst size 20 Mbit/sec для исходящего трафика.

```

BR1(config-int)#rate-limit output 200000 20000

```

Настройка планировщика очередей на интерфейсе. Очереди 6 и 7 - strict priority. Очередь 0 - best effort. Очереди с 1, 2, 3, 4 и 5 с весами 5, 10, 15, 30 и 40 соответственно.

```
BR1(config-int)#qos scheduler be 5 10 15 30 40 sp sp
BR1(config-int)#exit
BR1(config)#exit
```

Верификация настроек параметров качества обслуживания.

```
BR1#show running-config qos
qos enable
!
!
qos profile dscp-to-queue default
  dscp 10 queue 1 color yellow
!
!
interface xe2/3
  qos scheduler be 5 10 15 30 40 sp sp
  rate-limit input 100000 10000
  rate-limit output 200000 20000
!
```

# 14. Настройка протокола BFD

---

В данном разделе описаны принципы настройки протокола быстрого обнаружения отказов (BFD - Bidirectional Forwarding Detection).

## 14.1 Общие сведения о протоколе

Протокол BFD служит для быстрого обнаружения отказов соединений между двумя соседними устройствами.

Маршрутизаторы семейства BR9000 имеют аппаратную поддержку BFD, что позволяет максимально быстро обнаруживать обрывы соединений и производить переключение трафика на резервные маршруты. Два устройства согласовывают и устанавливают BFD сессию, отправляют друг другу hello-сообщения. Если hello-сообщения перестают поступать от соседа, BFD-сессия разрывается и система оповещается о неполадках в коммуникациях. BFD сессия может устанавливаться на уровне физических интерфейсов, а также для детектирования сбоев канала в процессе работы протоколов маршрутизации (OSPF, IS-IS, BGP).

## 14.2 Настраиваемые параметры

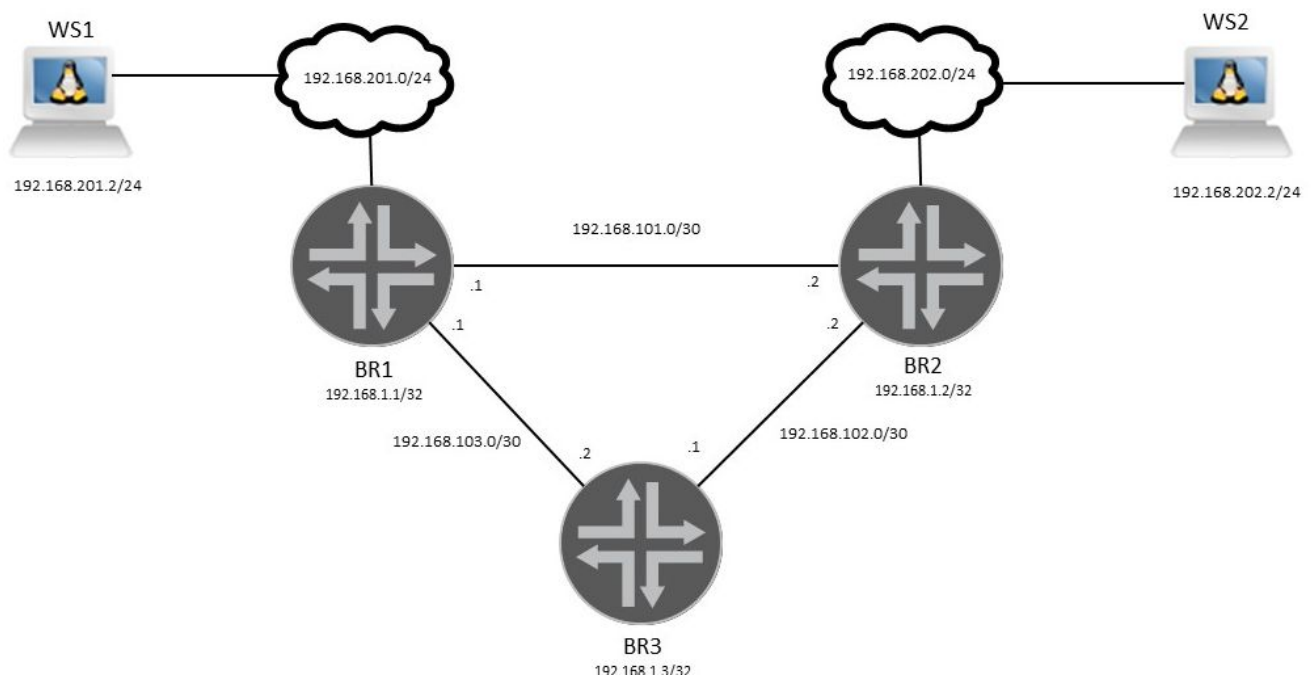
При настройке BFD сессии указываются:

- Протокол для которого включается поддержка BFD;
- Интерфейсы между которыми устанавливается сессия;
- Интервал отправки hello сообщений;
- Интервал получения hello сообщений;
- Множитель - количество неполученных hello сообщений после которых BFD сигнализирует об обрыве линии.

## 14.3 Базовая настройка протокола BFD для протокола OSPF

Пример: требуется настроить быстрое детектирование обрывов для протокола OSPF.

Рисунок 14.1 Настройка BFD для протокола OSPF



Настройки интерфейсов и протокола OSPF приведены в разделе "Настройка протокола OSPF".

Разрешить использование BFD на всех интерфейсах на которых активен протокол OSPF для BR1.

```
BR1>enable
BR1#configure terminal
BR1(config)#router ospf 100
BR1(config-router)#bfd all-interfaces
BR1(config-router)#exit
```

Установить таймеры на передачу и прием сообщений BFD и множитель для детектирования обрыва.

```
BR1(config)#bfd interval 100 minrx 100 multiplier 3
BR1(config)#exit
```

Верификация настроек BFD.

```
BR1#show running-config
. . .
!
bfd interval 100 minrx 100 multiplier 3
!
. . .
!
router ospf 100
  ospf router-id 192.168.1.1
  bfd all-interfaces
  redistribute connected
  network 192.168.101.0/30 area 0.0.0.0
  network 192.168.103.0/30 area 0.0.0.0
!
. . .
```

Разрешить использование BFD на всех интерфейсах на которых активен протокол OSPF для BR2.

```
BR2>enable
BR2#configure terminal
BR2(config)#router ospf 100
BR2(config-router)#bfd all-interfaces
BR2(config-router)#exit
```

Установить таймеры на передачу и прием сообщений BFD и множитель для детектирования обрыва.

```
BR2(config)#bfd interval 100 minrx 100 multiplier 3
BR2(config)#exit
```

Верификация настроек BFD.

```
BR2#show running-config
. . .
!
bfd interval 100 minrx 100 multiplier 3
!
. . .
!
router ospf 100
  ospf router-id 192.168.1.2
  bfd all-interfaces
  redistribute connected
  network 192.168.101.0/30 area 0.0.0.0
  network 192.168.102.0/30 area 0.0.0.0
!
. . .
```

Разрешить использование BFD на всех интерфейсах на которых активен протокол OSPF для BR3.

```
BR3>enable
BR3#configure terminal
BR3(config)#router ospf 100
BR3(config-router)#bfd all-interfaces
BR3(config-router)#exit
```

Установить таймеры на передачу и прием сообщений BFD и множитель для детектирования обрыва.

```
BR3(config)#bfd interval 100 minrx 100 multiplier 3
BR3(config)#exit
```

Верификация настроек BFD.

```
BR3#show running-config
. . .
!
bfd interval 100 minrx 100 multiplier 3
!
. . .
!
router ospf 100
  ospf router-id 192.168.1.2
  bfd all-interfaces
  redistribute connected
  network 192.168.102.0/30 area 0.0.0.0
  network 192.168.103.0/30 area 0.0.0.0
!
. . .
```

### Проверка BFD сессий на BR1.

```
BR1#show bfd session

BFD process for VRF: (DEFAULT VRF)
=====
Sess Remote Lower Sess      Sess   UP   Interface  Down   Remote
Idx  Disc  Layer Type      State  Time                Reason  Addr
4    1    IPv4 Single-Hop Up    00:37:59 xe2/0      NA     192.168.101.2/32
5    2    IPv4 Single-Hop Up    00:35:31 xe2/1      NA     192.168.103.2/32

Number of Sessions:    2
```

### Проверка BFD сессий на BR2.

```
BR2#show bfd session

BFD process for VRF: (DEFAULT VRF)
=====
Sess Remote Lower Sess      Sess   UP   Interface  Down   Remote
Idx  Disc  Layer Type      State  Time                Reason  Addr
1    4    IPv4 Single-Hop Up    00:39:12 xe2/0      NA     192.168.101.1/32
2    1    IPv4 Single-Hop Up    00:36:43 xe2/1      NA     192.168.102.1/32

Number of Sessions:    2
```

### Проверка BFD сессий на BR3.

```
BR3#show bfd session
```

```
BFD process for VRF: (DEFAULT VRF)
```

```
=====
```

Sess Idx	Remote Disc	Lower Layer	Sess Type	Sess State	UP Time	Interface	Down Reason	Remote Addr
1	2	IPv4	Single-Hop	Up	00:37:24	xe2/1	NA	192.168.102.2/32
2	5	IPv4	Single-Hop	Up	00:37:25	xe2/0	NA	192.168.103.1/32

```
Number of Sessions: 2
```

# Приложение 1. Символы в регулярных выражениях

---

Символ	Значение
^	Совпадение с началом текста. Например <code>^хе</code> обозначает все строки начинающиеся с хе
\$	Совпадение с концом текста. Например <code>tag\$</code> обозначает все строки заканчивающиеся на tag
.	Одиночный символ в т.ч. пробел
*	Любое количество любых символов или отсутствие символа
+	Любое количество любых символов
?	Один символ или отсутствие символа
_	Специальный символ (пробел, запятая, фигурная скобка или начало и конец строки)
[]	Набор возможных символов
-	Диапазон возможных символов