Руководство по дизайну IP-фабрики на коммутаторах Eltex

Содержание

1 История версий

Версия документа	Дата выпуска	Содержание изменений
Версия 1.8	11.04.2025	Изменения в разделах: 9. Настройка overlay. Symmetric IRB 10. EVPN multihoming Приложение 1
Версия 1.7	25.12.2024	Изменения в разделах: 6. Настройка underlay с использованием протокола OSPF 10. EVPN multihoming Приложение 1
Версия 1.6	01.11.2024	Изменения в разделах: 7. Настройка overlay. VXLAN 9. Настройка overlay. Symmetric IRB
Версия 1.5	12.08.2024	Изменения в разделах: 9. Настройка overlay. Symmetric IRB Приложение 1
Версия 1.4	27.04.2024	Изменения в разделах: 9. Настройка overlay. Symmetric IRB Приложение 1
Версия 1.3	21.12.2023	Изменения в разделах: 9. Настройка overlay. Symmetric IRB
Версия 1.2	28.07.2023	Изменения в разделах: 2. Используемые термины и сокращения 7.1 Настройка VXLAN 7.2 Проверка настройки VXLAN Добавлены разделы: 8. Настройка overlay. Multicast VXLAN 9. Настройка overlay. Symmetric IRB 10. EVPN multihoming
Версия 1.1	30.09.2022	Первая публикация

2 Цель

Цель данного руководства – предоставить читателю основные инструменты, необходимые для построения IP-фабрики на базе оборудования Eltex. В основе данной IP-фабрики используется технология EVPN/VXLAN.

Целевой аудиторией являются сетевые специалисты, системные интеграторы, партнеры и заказчики, использующие или планирующие использовать оборудование производства Eltex.

3 Используемые термины и сокращения

Anycast gateway — механизм адресации шлюза по умолчанию, который позволяет использовать одни и те же IP- и MAC-адреса шлюза на всех устройствах Leaf, являющихся членами одного и того же L3VNI.

ARP suppression — подавление ARP. Данная функция позволяет устройству Leaf отвечать на ARP-запрос от имени удаленного хоста, не пересылая ARP-запрос через VXLAN.

BFD (Bidirectional Forwarding Detection protocol) — протокол, созданный для быстрого обнаружения неисправностей линков.

ECMP (Equal-cost multi-path routing) — технология балансировки нагрузки, позволяющая передавать пакеты одному получателю по нескольким «лучшим маршрутам». Данный функционал предназначен для распределения нагрузки и оптимизации пропускной способности сети.

ESI — ethernet segment identifier — уникальный в пределах IP-фабрики идентификатор Ethernet-сегмента. Имеет длину 10 байт.

Ethernet-segment (ES) — представляет собой совокупность линков, образующих агрегированный канал (LAG), соединяющий клиентское устройство с группой Leaf.

EVPN (Ethernet Virtual Private Network) — стандарт, определенный в RFC 7432. EVPN — это расширение протокола BGP (address-family, AFI: 25, SAFI: 70), функционирующее как плоскость управления для создания L2VPN- и L3VPN-сервисов. Расширение позволяет сети передавать информацию о конечных устройствах, такую как MAC- и IP-адреса.

IBGP (Internal BGP) — используется для соединения BGP-соседей в пределах одной автономной системы.

IGP (Interior Gateway Protocol) — протокол внутреннего шлюза (например IS-IS, OSPF). IGP-протоколы используются для передачи информации о маршрутах в пределах автономной системы.

Ingress replication — режим работы VXLAN, при котором репликация BUM-трафика осуществляется на входящем VTEP.

IP-фабрика — сетевая инфраструктура, основанная на протоколе IP и позволяющая создавать несколько симметричных путей между всеми устройствами в IP-фабрике.

L3VNI — VNI, используемый для маршрутизации.

Leaf — устройство уровня доступа в IP-фабрике.

MSDP — протокол обнаружения источников многоадресной рассылки. В рамках IP-фабрики используется для обмена информацией об источниках multicast-трафика между Spine.

Multicast VXLAN — режим работы VXLAN, при котором репликация BUM-трафика осуществляется посредством PIM multicast.

OOB-интерфейс — отдельный порт на устройстве для удаленного управления. Управление осуществляется по сети раздельно с каналом передачи данных.

Overlay-сеть — логическая сеть, созданная поверх другой, underlay-сети, и использующая её инфраструктуру как транспорт.

PIM — протокол многоадресной маршрутизации для IP-сетей.

POD (Point Of Delivery) — обособленная группа устройств в топологии Клоза (Spine первого уровня и Leaf), Spine которой имеют связи только с Leaf своей группы и не имеют связи с Leaf остальной IP-фабрики.

Route target (RT) — расширенное BGP community.

Spine — центральное устройство в IP-фабрике, имеющее подключения ко всем Leaf (к Leaf своего POD в случае наличия POD в схеме).

Underlay сеть — базовая физическая сеть, обеспечивающая возможность соединения между всеми устройствами.

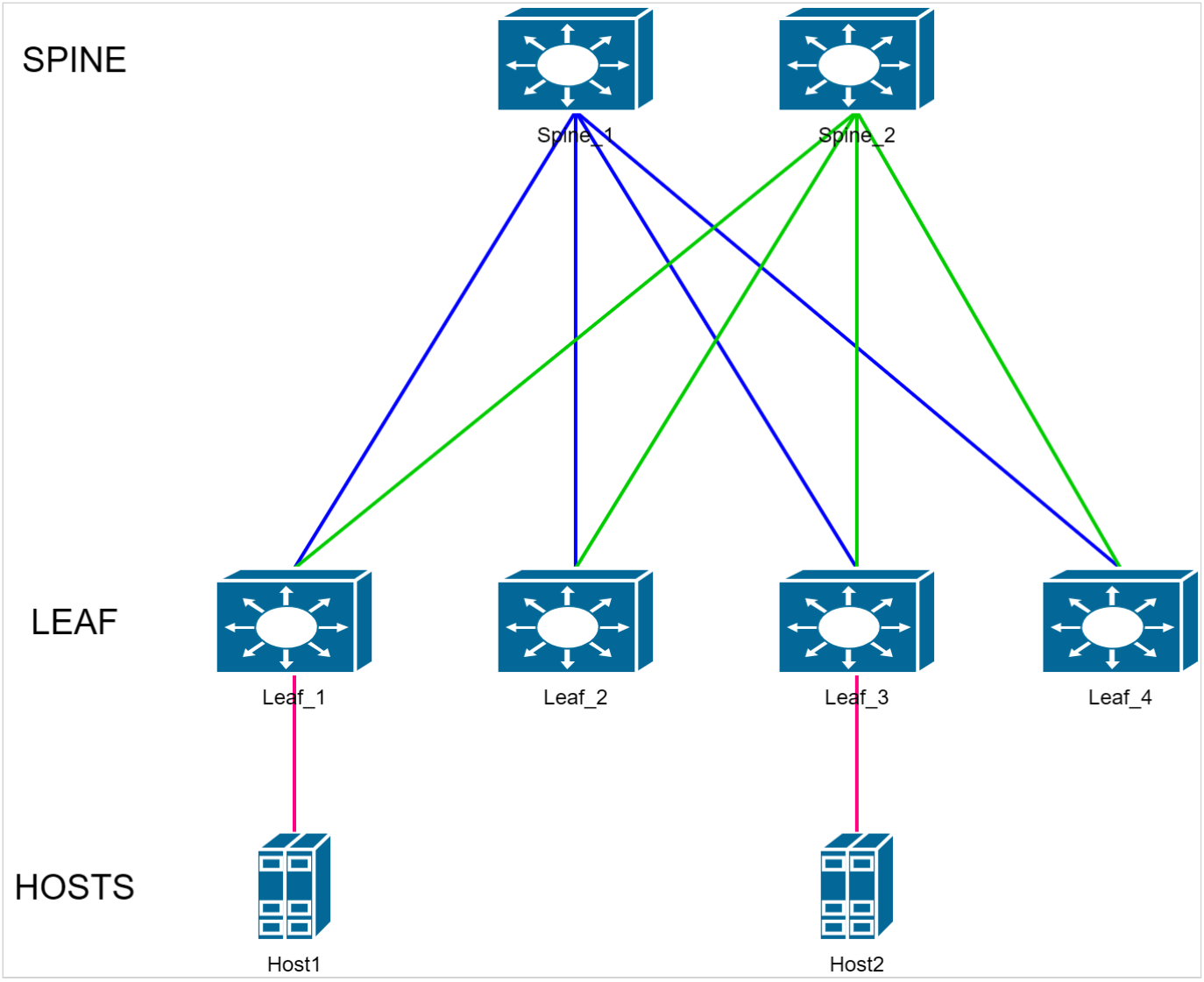
VNI (Virtual Network Identifier) — идентификатор сети в рамках VXLAN. Имеет длину 24 бита.

VTEP (Vitual Tunnel End Point) — устройство, на котором начинается или заканчивается VXLAN-тоннель. Трафик инкапсулируется в VXLAN на VTEP-источнике, а декапсуляция выполняется на удаленном VTEP.

VXLAN (Virtual eXtensible Local Area Network) — виртуальная расширенная частная сеть. Описана в стандарте RFC 7348. Это технология создания виртуальной (наложенной) сети поверх существующей IP-инфраструктуры.

4 Архитектура Spine-Leaf

Ниже представлена примерная схема IP-фабрики, построенной с использованием архитектуры Spine-Leaf.

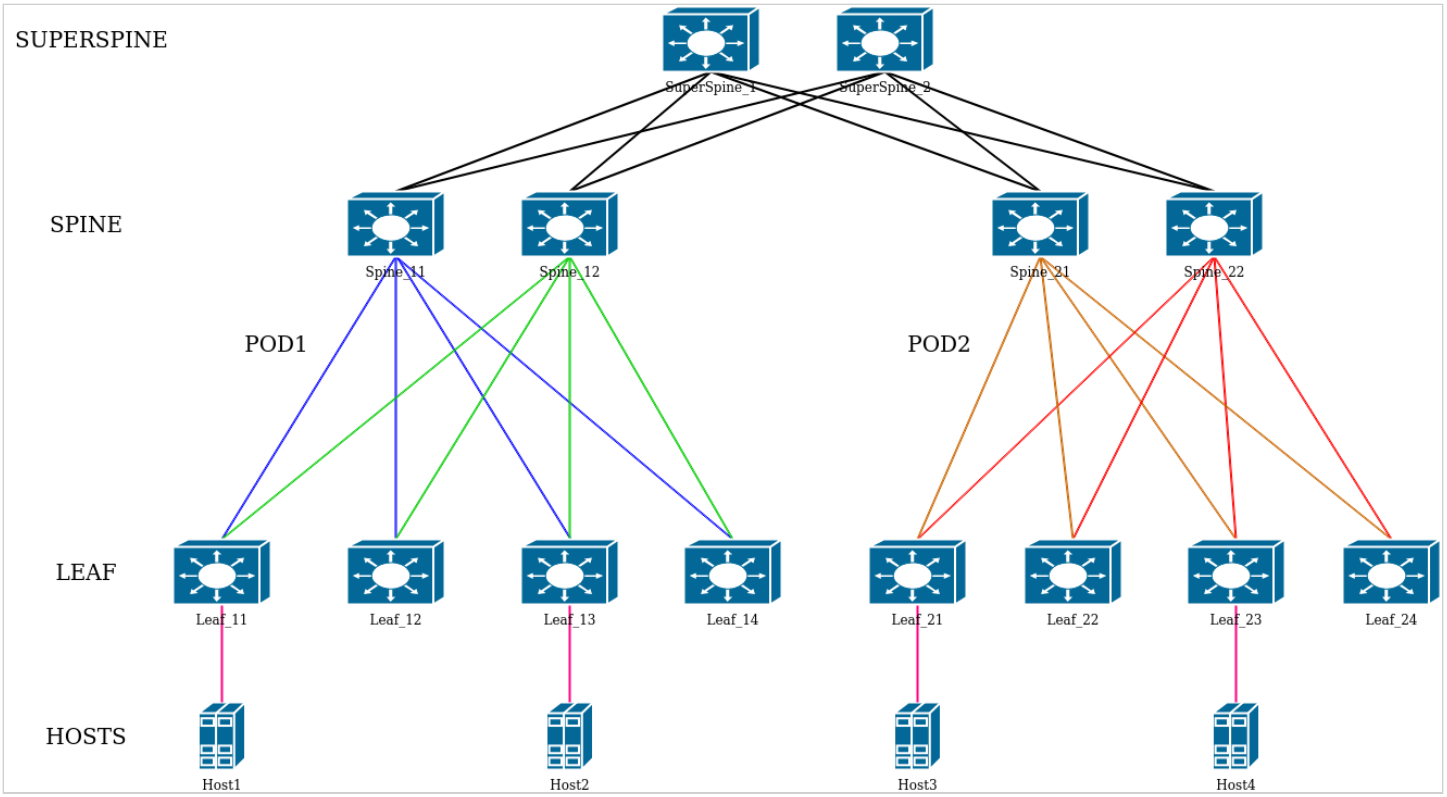


Второе название данной топологии — это Folded Clos, сложенная пополам сеть Клоза.

Устройства уровня Leaf в данной топологии выполняют роль коммутаторов доступа. К ним подключается оконечное оборудование. Leaf в свою очередь подключаются к устройствам уровня Spine (он же уровень коммутации).

Задача этого уровня — максимально быстрая маршрутизация пакетов с одного Leaf на другой. Таким образом между каждой парой Leaf существует количество равнозначных путей, равное количеству Spine.

В схеме ниже IP-фабрика, используемая для примера, увеличена в два раза.



Появилось разделение на POD (см. Используемые термины и сокращения) и дополнительный уровень коммутации — SuperSpine или Spine второго уровня. Данная IP-фабрика состоит из двух POD. На схеме видно, что POD обособлены друг от друга — у Spine первого уровня (на схеме это устройства Spine_11-22) есть соединения только с определенной группой Leaf — Leaf своего POD. Связь между POD осуществляется через Spine второго уровня.

В схеме используются следующие протоколы и технологии:

- Ввиду использования в схеме EVPN, основным протоколом маршрутизации является BGP. Сессии BGP устанавливаются между loopback-интерфейсами устройств. Все устройства имеют единый номер автономной системы, образуя пространство iBGP.
- В настройках протокола BGP задействуется address-family L2VPN EVPN. Именно обменом сообщениями в рамках этой AF и обеспечивается работа технологии EVPN.
- В качестве IGP (протокола внутреннего шлюза) в данном руководстве используются протоколы IS-IS и OSPF. Основная задача IGP обеспечить IP-связность между всеми loopback-интерфейсами схемы, так как между ними строятся BGP-сессии и VXLAN-туннели.
- Для быстрого обнаружения неисправностей линков используется протокол BFD. Он позволяет определить неисправность линка менее чем за 1 секунду. Минимально возможное настраиваемое время реакции — 150 мс.
- BGP route reflector (RR). Настройка BGP, позволяющая маршрутизатору выступать в роли ретранслятора маршрутов. Так как в топологии Клоза отсутствует полная связность и используется iBGP, распространение маршрутной информации ограничено только прямыми линками. RR позволяет коммутаторам уровня Spine ретранслировать обновления маршрутной информации между коммутаторами уровня Leaf.
- Использование технологии ECMP в топологии Клоза обязательно. Благодаря ей неиспользуемые линки в схеме отсутствуют. Нагрузка равномерно распределяется по всем линкам, доступным между любой парой устройств Leaf. Повышается отказоустойчивость схемы.
- Jumbo-frame — поддержка передачи больших фреймов, до 10200 байт.
- Протоколы семейства Spanning Tree выключены на всех устройствах IP-фабрики.

5 Установка лицензий

Поддержка протокола BGP и технологии EVPN/VXLAN предоставляется по лицензии. Убедитесь в наличии соответствующих лицензий. Если лицензии отсутствуют, необходимо их установить.

1. Вывод команды **show license** в случае отсутствия установленных лицензий:

```
console#show license
Features installed:
                    Licenses  Licenses
     Feature        installed used      Active
------------------ --------- --------- -------

Licenses installed:
```

2. Для установки лицензии необходимо загрузить файл лицензии на устройство с помощью команды **boot license** *source_url*. Пример:

```
console#boot license tftp://192.168.1.1/licensefile

console#boot license tftp://192.168.1.1/licensefile
02-Jun-2022 12:01:49 %COPY-I-FILECPY: Files Copy - source URL tftp://192.168.1.1/licensefile
destination URL flash://system/licenses/licensefile
02-Jun-2022 12:01:49 %LICENSE-I-INSTALL: License file licensefile was installed
02-Jun-2022 12:01:49 %COPY-N-TRAP: The copy operation was completed successfully

Copy: 1181 bytes copied in 00:00:01 [hh:mm:ss]
```

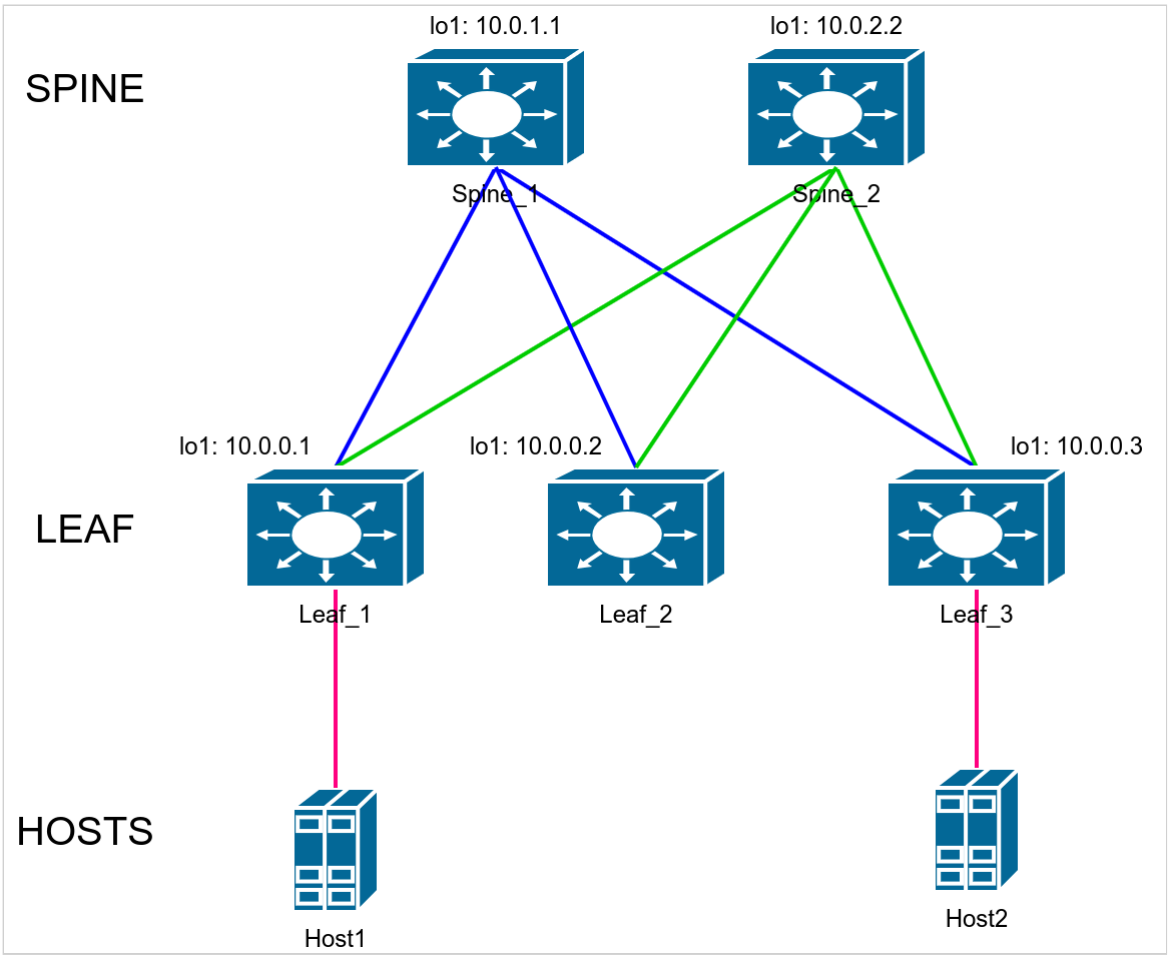
3. Перезагрузите устройство после успешной загрузки файла лицензии для ее применения.

4. Вывод команды **show license** в случае успешно установленных лицензий:

```
console#show license
Features installed:
                    Licenses  Licenses
     Feature        installed used      Active
------------------ --------- --------- -------
BGP                 1         1         Yes
EVPN                1         1         Yes

Licenses installed:

  License name: licensefile
  License version: 1.0
  Valid for device: ES7A000000 (e0:d9:e3:00:00:00)
  Status: Active
  Features:
    BGP, EVPN
```

6 Настройка underlay с использованием протокола IS-IS

Ниже представлена схема для практической части.



> ⚠ IP-адресация в конфигурациях в данном руководстве используется для примера.

Адреса loopback-интерфейсов (обозначены на схеме):

Spine_1: 10.0.1.1

Spine_2: 10.0.2.2

Leaf_1: 10.0.0.1

Leaf_2: 10.0.0.2

Leaf_3: 10.0.0.3

Линковочные сети:

Spine_1-Leaf_1: 172.16.1.0/30

Spine_1-Leaf_2: 172.16.2.0/30

Spine_1-Leaf_3: 172.16.3.0/30

Spine_2-Leaf_1: 172.16.1.4/30

Spine_2-Leaf_2: 172.16.2.4/30

Spine_2-Leaf_3: 172.16.3.4/30

6.1 Настройка Spine

Выполнение первичной настройки коммутатора:

```
console(config)#no spanning-tree
console(config)#port jumbo-frame
This setting will take effect only after copying running configuration to startup configuration
and resetting the device
console(config)#ip maximum-paths 32
Warning! New value will be applied only after reboot
console(config)#hostname Spine_1
Spine_1(config)#
```

Где:

- `no spanning-tree` – выключение протокола `STP`;
- `port jumbo-frame` – включение поддержки передачи больших фреймов;
- `ip maximum-paths 32` – задание максимального количество путей, которые могут быть установлены в `FIB` для каждого маршрута, с помощью чего задействуется `ECMP`;
- `hostname Spine_1` – задание имени устройства.

⚠ Настройки **port jumbo-frame** и **ip maximum-paths 32** вступают в силу только после перезагрузки устройства. Для этого необходимо сохранить конфигурацию и выполнить перезагрузку:
Spine_1#write
Overwrite file [startup-config].... (Y/N)[N] ?Y
23-Jun-2022 07:13:16 %COPY-I-FILECPY: Files Copy - source URL running-config destination URL flash://system/configuration/startup-config
23-Jun-2022 07:13:16 %COPY-N-TRAP: The copy operation was completed successfully
Copy succeeded
Spine_1#reload
This command will reset the whole system and disconnect your current session. Do you want to continue ? (Y/N)[N] Y
Shutting down ...

Проконтролировать применение настроек после перезагрузки можно в выводе следующих команд show. Пример:

```
Spine_1#show ports jumbo-frame

 Jumbo frames are enabled
 Jumbo frames will be enabled after reset

Spine_1#show ip route
Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)
Load balancing: src-dst-mac-ip
IP Forwarding: enabled
Codes: > - best, C - connected, S - static,
       R - RIP,
       O - OSPF intra-area, OIA - OSPF inter-area,
       OE1 - OSPF external 1, OE2 - OSPF external 2,
       B - BGP, i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1,
       L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
```

Строки **Jumbo frames are enabled** и **Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)** указывают на успешное включении соответствующих настроек.

Выполните настройку интерфейсов.

Для упрощения процедуры настройки через консоль сначала можно использовать функцию **terminal no prompt**, отключающую необходимость подтверждения перед выполнением некоторых команд:

```
Spine_1#terminal no prompt
```

Настройка интерфейсов:

```
Spine_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/1
Spine_1(config-if)# description Leaf_1
Spine_1(config-if)# ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
Spine_1(config-if)# ip router isis
Spine_1(config-if)# isis network point-to-point
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Spine_1(config-if)#exit
Spine_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/2
Spine_1(config-if)# description Leaf_2
Spine_1(config-if)# ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
Spine_1(config-if)# ip router isis
Spine_1(config-if)# isis network point-to-point
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Spine_1(config-if)#exit
Spine_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/3
Spine_1(config-if)# description Leaf_3
Spine_1(config-if)# ip address 172.16.3.2 255.255.255.252
Spine_1(config-if)# ip router isis
Spine_1(config-if)# isis network point-to-point
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Spine_1(config-if)#exit
Spine_1(config)#interface loopback1
Spine_1(config-if)# ip address 10.0.1.1 255.255.255.255
Spine_1(config-if)#exit
```

Задействование протокола маршрутизации IS-IS:

```
Spine_1(config)#router isis
Spine_1(router-isis)# address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-isis-af)# redistribute connected
Spine_1(router-isis-af)# exit
Spine_1(router-isis)# net 49.0001.1111.1111.1111.00
Spine_1(router-isis)#exit
```

Задействование протокола BGP:

⚠ Поддержка протокола BGP предоставляется по лицензии (см. Установка лицензий).

```
Spine_1(config)#router bgp 65500
Spine_1(router-bgp)# bgp router-id 10.0.1.1
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Spine_1(router-bgp)# address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-bgp-af)# exit
Spine_1(router-bgp)# address-family l2vpn evpn
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Spine_1(router-bgp-af)# exit
Spine_1(router-bgp)# peer-group LEAF_GROUP
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)#  remote-as 65500
This action will reset connection with all neighbors in peer group.
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)#  update-source loopback 1
```

```
This action will reset connection with all neighbors in peer group.
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)#  fall-over bfd
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)#  route-reflector-client
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)# exit
Spine_1(router-bgp)# neighbor 10.0.0.1
Spine_1(router-bgp-nbr)#  peer-group LEAF_GROUP
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)# exit
Spine_1(router-bgp)# neighbor 10.0.0.2
Spine_1(router-bgp-nbr)#  peer-group LEAF_GROUP
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)# exit
Spine_1(router-bgp)# neighbor 10.0.0.3
Spine_1(router-bgp-nbr)#  peer-group LEAF_GROUP
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)# exit
Spine_1(router-bgp)#exit
```

Настройка остальных устройств Spine в схеме выполняется аналогично, с внесением необходимых изменений согласно схеме и плану IP-адресации.

Изменению от устройства к устройству подлежат следующие параметры:

- Hostname устройства;
- Description на интерфейсах;
- IP-адреса интерфейсов (физических + loopback);
- IS-IS net идентификатор;
- BGP router-id;
- IP-адреса BGP-соседей.

6.2 Настройка Leaf

Выполните первичную настройку коммутатора:

```
console(config)#no spanning-tree
console(config)#port jumbo-frame
This setting will take effect only after copying running configuration to startup configuration
and resetting the device
console(config)#ip maximum-paths 32
Warning! New value will be applied only after reboot
console(config)#hostname Leaf_1
Leaf_1(config)#
```

Где:

- `no spanning-tree` – выключение протокола `STP`;
- `port jumbo-frame` – включение поддержки передачи больших фреймов;
- `ip maximum-paths 32` – задание максимального количества путей, которые могут быть установлены в `FIB` для каждого маршрута, с помощью чего задействуется `ECMP`;
- `hostname Leaf_1` – задание имя устройства.

⚠ Настройки **port jumbo-frame** и **ip maximum-paths 32** вступают в силу только после перезагрузки устройства. Для этого необходимо сохранить конфигурацию и выполнить перезагрузку:
Leaf_1#write
Overwrite file [startup-config].... (Y/N)[N] ?Y
23-Jun-2022 07:13:16 %COPY-I-FILECPY: Files Copy - source URL running-config destination URL flash://system/configuration/startup-config
23-Jun-2022 07:13:16 %COPY-N-TRAP: The copy operation was completed successfully
Copy succeeded
Leaf_1#reload
This command will reset the whole system and disconnect your current session. Do you want to continue ? (Y/N)[N] Y
Shutting down ...

Проконтролировать применение настроек после перезагрузки можно в выводе следующих show-команд. Пример:

```
Leaf_1#show ports jumbo-frame

 Jumbo frames are enabled
 Jumbo frames will be enabled after reset

Leaf_1#show ip route
Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)
Load balancing: src-dst-mac-ip
IP Forwarding: enabled
Codes: > - best, C - connected, S - static,
       R - RIP,
       O - OSPF intra-area, OIA - OSPF inter-area,
       OE1 - OSPF external 1, OE2 - OSPF external 2,
       B - BGP, i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1,
       L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
```

Строки **Jumbo frames are enabled** и **Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)** говорят об успешном включении соответствующих настроек.

Выполните настройку интерфейсов.

Для упрощения процедуры настройки через консоль сначала можно использовать функцию **terminal no prompt**, отключающую необходимость подтверждения перед выполнением некоторых команд:

```
Leaf_1#terminal no prompt
```

Настройка интерфейсов:

```
Leaf_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/1
Leaf_1(config-if)# description Spine_1
Leaf_1(config-if)# ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
Leaf_1(config-if)# ip router isis
Leaf_1(config-if)# isis network point-to-point
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Leaf_1(config-if)#exit
Leaf_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/2
Leaf_1(config-if)# description Spine_2
Leaf_1(config-if)# ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
Leaf_1(config-if)# ip router isis
Leaf_1(config-if)# isis network point-to-point
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Leaf_1(config-if)#exit
Leaf_1(config)#interface loopback1
Leaf_1(config-if)# ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
Leaf_1(config-if)#exit
```

Задействование протокола маршрутизации IS-IS:

```
Leaf_1(config)#router isis
Leaf_1(router-isis)# address-family ipv4 unicast
Leaf_1(router-isis-af)#  redistribute connected
Leaf_1(router-isis-af)# exit
Leaf_1(router-isis)# net 49.0001.0001.0001.0001.00
Leaf_1(router-isis)#exit
```

Задействование протокола BGP.

⚠ Поддержка протокола BGP предоставляется по лицензии (см. Установка лицензий).

```
Leaf_1(config)#router bgp 65500
Leaf_1(router-bgp)# bgp router-id 10.0.0.1
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Leaf_1(router-bgp)# address-family ipv4 unicast
Leaf_1(router-bgp-af)# exit
Leaf_1(router-bgp)# address-family l2vpn evpn
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Leaf_1(router-bgp-af)# exit
Leaf_1(router-bgp)# peer-group SPINE_GROUP
Leaf_1(router-bgp-nbrgrp)#  remote-as 65500
This action will reset connection with all neighbors in peer group.
Leaf_1(router-bgp-nbrgrp)#  update-source loopback 1
This action will reset connection with all neighbors in peer group.
Leaf_1(router-bgp-nbrgrp)#  fall-over bfd
Leaf_1(router-bgp-nbrgrp)# exit
Leaf_1(router-bgp)# neighbor 10.0.1.1
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  peer-group SPINE_GROUP
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)# exit
Leaf_1(router-bgp)# neighbor 10.0.2.2
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  peer-group SPINE_GROUP
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
```

```
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)# exit
Leaf_1(router-bgp)#exit
```

Настройка остальных устройств Leaf в схеме выполняется аналогично, с внесением необходимых изменений согласно схемы и плану IP-адресации.

Изменению от устройства к устройству подлежат следующие параметры:

- Hostname устройства;
- Description на интерфейсах;
- IP-адреса интерфейсов (физических + loopback);
- IS-IS net идентификатор;
- BGP router-id;
- IP-адреса BGP-соседей.

6.3 Проверка настроек underlay

После выполнения вышеописанных настроек необходимо выполнить проверку установления соседства протоколов IS-IS, BGP и BFD.

Используемые команды:

```
show isis neighbors
show ip bgp neighbors
show ip bfd neighbors
```

Пример выполнения вышеуказанных show-команд на устройстве Spine_1:

```
Spine_1#show isis neighbors

   System Id       Interface    Type        SNPA        State   Holdtime (s)    Circuit Id
---------------- ------------- ------ ---------------- ------- -------------- ---------------
    Leaf_1          hu1/0/1     L1-2   e0d9.e326.d600    Up          29
    Leaf_2          hu1/0/2     L1-2   e0d9.e3f8.6e00    Up          29
    Leaf_3          hu1/0/3     L1-2   e0d9.e3d7.ea80    Up          27

Spine_1#show ip bgp neighbors

  BGP neighbor     Remote AS      Router ID       State        Uptime      Hold Time   Keepalive
--------------- -------------- -------------- ------------- ------------- ---------- -----------
    10.0.0.1        65500        10.0.0.1      ESTABLISHED    00,00:01:15     90          30
    10.0.0.2        65500        10.0.0.2      ESTABLISHED    00,00:00:58     90          30
    10.0.0.3        65500        10.0.0.3      ESTABLISHED    00,00:00:44     90          30

Spine_1#show ip bfd neighbors

   Neighbor          Local           State              Last Down Diag
--------------- --------------- --------------- ------------------------------
   10.0.0.1        10.0.1.1          Up               No Diagnostic
   10.0.0.2        10.0.1.1          Up               No Diagnostic
   10.0.0.3        10.0.1.1          Up               No Diagnostic
```

Пример выполнения вышеуказанных show-команд на устройстве Leaf_1:

```
Leaf_1#show isis neighbors

   System Id       Interface    Type        SNPA        State   Holdtime (s)    Circuit Id
---------------- ------------ ------ ---------------- ------- -------------- --------------
    Spine_1         hu1/0/1     L1-2   cc9d.a253.d680    Up          29
    Spine_2         hu1/0/2     L1-2   e0d9.e317.6b40    Up          28

Leaf_11#show ip bgp neighbors

   BGP neighbor     Remote AS      Router ID       State        Uptime      Hold Time
Keepalive
---------------- -------------- -------------- ------------- --------------- --------- -----------

   10.0.1.1         65500         10.0.1.1     ESTABLISHED     00,00:01:25     90          30
   10.0.2.2         65500         10.0.2.2     ESTABLISHED     00,00:01:23     90          30

Leaf_11#show ip bfd neighbors

   Neighbor          Local           State              Last Down Diag
---------------- --------------- --------------- ------------------------------
   10.0.1.1        10.0.0.1          Up                No Diagnostic
   10.0.2.2        10.0.0.1          Up                No Diagnostic
```

В случае успешного установления всех соседств в схеме должна быть обеспечена IP-связность между всеми устройствами. Проверить это можно, выполнив команду ICMP ping с любого устройства до любого другого, указав в качестве src и dst IP-адреса loopback-интерфейсов устройств.

Пример выполнения ping с Leaf_1 до Leaf_3:

```
Leaf_1#ping 10.0.0.3 source 10.0.0.1
Pinging 10.0.0.3 with 18 bytes of data:

18 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=1. time=0 ms
18 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=2. time=0 ms
18 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=3. time=0 ms
18 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=4. time=0 ms

----10.0.0.3 PING Statistics----
4 packets transmitted, 4 packets received, 0% packet loss
round-trip (ms) min/avg/max = 0/0/0
```

6.4 Ожидаемый результат

- Все соседства протокола IS-IS и BFD в состоянии UP. Соседства протокола BGP в состоянии ESTABLISHED.
- IP-связность между всеми устройствами схемы установлена.

7 Настройка underlay с использованием протокола OSPF

Схема аналогична используемой в разделе Настройка underlay с использованием протокола IS-IS.

7.1 Настройка Spine

Выполните первичную настройку коммутатора:

```
console(config)#no spanning-tree
console(config)#port jumbo-frame
This setting will take effect only after copying running configuration to startup configuration
and resetting the device
console(config)#ip maximum-paths 32
Warning! New value will be applied only after reboot
console(config)#hostname Spine_1
Spine_1(config)#
```

Где:

- `no spanning-tree` – выключение протокола `STP`;
- `port jumbo-frame` – включение поддержки передачи больших фреймов;
- `ip maximum-paths 32` – задание максимального количества путей, которые могут быть установлены в `FIB` для каждого маршрута, с помощью чего задействуется `ECMP`;
- `hostname Spine_1` – задание имя устройства.

⚠ Настройки **port jumbo-frame** и **ip maximum-paths 32** вступают в силу только после перезагрузки устройства. Для этого необходимо сохранить конфигурацию и выполнить перезагрузку:
Spine_1#write
Overwrite file [startup-config].... (Y/N)[N] ?Y
23-Jun-2022 07:13:16 %COPY-I-FILECPY: Files Copy - source URL running-config destination URL flash://system/configuration/startup-config
23-Jun-2022 07:13:16 %COPY-N-TRAP: The copy operation was completed successfully
Copy succeeded
Spine_1#reload
This command will reset the whole system and disconnect your current session. Do you want to continue ? (Y/N)[N] Y
Shutting down ...

Проконтролировать применение настроек после перезагрузки можно в выводе следующих show-команд. Пример:

```
Spine_1#show ports jumbo-frame

 Jumbo frames are enabled
 Jumbo frames will be enabled after reset

Spine_1#show ip route
Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)
Load balancing: src-dst-mac-ip
IP Forwarding: enabled
Codes: > - best, C - connected, S - static,
       R - RIP,
       O - OSPF intra-area, OIA - OSPF inter-area,
       OE1 - OSPF external 1, OE2 - OSPF external 2,
       B - BGP, i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1,
       L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
```

Строки **Jumbo frames are enabled** и **Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)** говорят об успешном включении соответствующих настроек.

Выполните настройку интерфейсов.

Для упрощения процедуры настройки через консоль сначала можно использовать функцию **terminal no prompt**, отключающую необходимость подтверждения перед выполнением некоторых команд:

```
Spine_1#terminal no prompt
```

Настройка интерфейсов:

```
Spine_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/1
Spine_1(config-if)# description Leaf_1
Spine_1(config-if)# ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Spine_1(config-if)#exit
Spine_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/2
Spine_1(config-if)# description Leaf_2
Spine_1(config-if)# ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Spine_1(config-if)#exit
Spine_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/3
Spine_1(config-if)# description Leaf_3
Spine_1(config-if)# ip address 172.16.3.2 255.255.255.252
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Spine_1(config-if)#exit
Spine_1(config)#interface loopback1
Spine_1(config-if)# ip address 10.0.1.1 255.255.255.255
Spine_1(config-if)#exit
```

Задействование протокола маршрутизации OSPF:

> ⚠ В целях минимизации перерыва в передаче трафика при изменении состояния линков Spine-Leaf, рекомендуется использовать настройку протокола OSPF **timers spf delay 0**. Она позволяет убрать задержку перед очередным расчетом SPF. Соответственно убирает задержку перед обновлением таблицы маршрутизации при изменениях в топологии OSPF.

```
Spine_1(config)#router ospf 1
Spine_1(router_ospf_process)# network 172.16.1.2 area 0.0.0.0
Spine_1(router_ospf_process)# network 172.16.2.2 area 0.0.0.0
Spine_1(router_ospf_process)# network 172.16.3.2 area 0.0.0.0
Spine_1(router_ospf_process)# router-id 10.0.1.1
Spine_1(router_ospf_process)# timers spf delay 0
Spine_1(router_ospf_process)# redistribute connected subnets
Spine_1(router_ospf_process)#exit
Spine_1(config)#interface ip 172.16.1.2
Spine_1(config-ip)# ip ospf network point-to-point
Spine_1(config-ip)#exit
Spine_1(config)#interface ip 172.16.2.2
Spine_1(config-ip)# ip ospf network point-to-point
Spine_1(config-ip)#exit
Spine_1(config)#interface ip 172.16.3.2
Spine_1(config-ip)# ip ospf network point-to-point
Spine_1(config-ip)#exit
```

Задействование протокола BGP:

> ⚠ Поддержка протокола BGP предоставляется по лицензии (см. Установка лицензий).

```
Spine_1(config)#router bgp 65500
Spine_1(router-bgp)# bgp router-id 10.0.1.1
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Spine_1(router-bgp)# address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-bgp-af)# exit
Spine_1(router-bgp)# address-family l2vpn evpn
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Spine_1(router-bgp-af)# exit
Spine_1(router-bgp)# peer-group LEAF_GROUP
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)#  remote-as 65500
This action will reset connection with all neighbors in peer group.
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)#  update-source loopback 1
This action will reset connection with all neighbors in peer group.
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)#  fall-over bfd
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)#  route-reflector-client
Spine_1(router-bgp-nbrgrp)# exit
Spine_1(router-bgp)# neighbor 10.0.0.1
Spine_1(router-bgp-nbr)#  peer-group LEAF_GROUP
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)# exit
Spine_1(router-bgp)# neighbor 10.0.0.2
Spine_1(router-bgp-nbr)#  peer-group LEAF_GROUP
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)# exit
Spine_1(router-bgp)# neighbor 10.0.0.3
Spine_1(router-bgp-nbr)#  peer-group LEAF_GROUP
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Spine_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Spine_1(router-bgp-nbr)# exit
Spine_1(router-bgp)#exit
```

Настройка остальных устройств Spine в схеме выполняется аналогично, с внесением необходимых изменений согласно схемы и плану IP-адресации.

Изменению от устройства к устройству подлежат следующие параметры:

- Hostname устройства;
- Description на интерфейсах;
- IP-адреса интерфейсов (физических + loopback);
- IP-интерфейсы, на которых включен OSPF;
- OSPF router-id;
- BGP router-id;
- IP-адреса BGP-соседей.

7.2 Настройка Leaf

Выполните первичную настройку коммутатора:

```
console(config)#no spanning-tree
console(config)#port jumbo-frame
This setting will take effect only after copying running configuration to startup configuration
and resetting the device
console(config)#ip maximum-paths 32
Warning! New value will be applied only after reboot
console(config)#hostname Leaf_1
Leaf_1(config)#
```

Где:

- `no spanning-tree` – выключение протокола `STP`;
- `port jumbo-frame` – включение поддержки передачи больших фреймов;
- `ip maximum-paths 32` – задание максимального количества путей, которые могут быть установлены в `FIB` для каждого маршрута, с помощью чего задействуется `ECMP`;
- `hostname Leaf_1` – задание имя устройства.

⚠ Настройки **port jumbo-frame** и **ip maximum-paths 32** вступают в силу только после перезагрузки устройства. Для этого необходимо сохранить конфигурацию и выполнить перезагрузку:
Leaf_1#write
Overwrite file [startup-config].... (Y/N)[N] ?Y
23-Jun-2022 07:13:16 %COPY-I-FILECPY: Files Copy - source URL running-config destination URL flash://system/configuration/startup-config
23-Jun-2022 07:13:16 %COPY-N-TRAP: The copy operation was completed successfully
Copy succeeded
Leaf_1#reload
This command will reset the whole system and disconnect your current session. Do you want to continue ? (Y/N)[N] Y
Shutting down ...

Проконтролировать применение настроек после перезагрузки можно в выводе следующих show-команд. Пример:

```
Leaf_1#show ports jumbo-frame

 Jumbo frames are enabled
 Jumbo frames will be enabled after reset

Leaf_1#show ip route
Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)
Load balancing: src-dst-mac-ip
IP Forwarding: enabled
Codes: > - best, C - connected, S - static,
       R - RIP,
       O - OSPF intra-area, OIA - OSPF inter-area,
       OE1 - OSPF external 1, OE2 - OSPF external 2,
       B - BGP, i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1,
       L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
```

Строки **Jumbo frames are enabled** и **Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)** говорят об успешном включении соответствующих настроек.

Выполните настройку интерфейсов.

Для упрощения процедуры настройки через консоль сначала можно использовать функцию **terminal no prompt**, отключающую необходимость подтверждения перед выполнением некоторых команд:

```
Leaf_1#terminal no prompt
```

Настройка интерфейсов:

```
Leaf_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/1
Leaf_1(config-if)# description Spine_1
Leaf_1(config-if)# ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Leaf_1(config-if)#exit
Leaf_1(config)#interface HundredGigabitEthernet1/0/2
Leaf_1(config-if)# description Spine_2
Leaf_1(config-if)# ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Leaf_1(config-if)#exit
Leaf_1(config)#interface loopback1
Leaf_1(config-if)# ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
Leaf_1(config-if)#exit
```

Задействование протокола маршрутизации OSPF:

⚠ В целях минимизации перерыва в передаче трафика при изменении состояния линков Spine-Leaf, рекомендуется использовать настройку протокола OSPF **timers spf delay 0**. Она позволяет убрать задержку перед очередным расчетом SPF. Соответственно убирает задержку перед обновлением таблицы маршрутизации при изменениях в топологии OSPF.

```
Leaf_1(config)#router ospf 1
Leaf_1(router_ospf_process)#network 172.16.1.1 area 0.0.0.0
Leaf_1(router_ospf_process)#network 172.16.1.5 area 0.0.0.0
Leaf_1(router_ospf_process)#router-id 10.0.0.1
Leaf_1(router_ospf_process)#timers spf delay 0
Leaf_1(router_ospf_process)#redistribute connected subnets
Leaf_1(router_ospf_process)#exit
Leaf_1(config)#interface ip 172.16.1.1
Leaf_1(config-ip)#ip ospf network point-to-point
Leaf_1(config-ip)#exit
Leaf_1(config)#interface ip 172.16.1.5
Leaf_1(config-ip)#ip ospf network point-to-point
Leaf_1(config-ip)#exit
```

Задействование протокола BGP:

⚠ Поддержка протокола BGP предоставляется по лицензии (см. Установка лицензий).

```
Leaf_1(config)#router bgp 65500
Leaf_1(router-bgp)# bgp router-id 10.0.0.1
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Leaf_1(router-bgp)# address-family ipv4 unicast
Leaf_1(router-bgp-af)# exit
Leaf_1(router-bgp)# address-family l2vpn evpn
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Leaf_1(router-bgp-af)# exit
Leaf_1(router-bgp)# peer-group SPINE_GROUP
Leaf_1(router-bgp-nbrgrp)#  remote-as 65500
```

```
This action will reset connection with all neighbors in peer group.
Leaf_1(router-bgp-nbrgrp)#  update-source loopback 1
This action will reset connection with all neighbors in peer group.
Leaf_1(router-bgp-nbrgrp)#  fall-over bfd
Leaf_1(router-bgp-nbrgrp)# exit
Leaf_1(router-bgp)# neighbor 10.0.1.1
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  peer-group SPINE_GROUP
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)# exit
Leaf_1(router-bgp)# neighbor 10.0.2.2
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  peer-group SPINE_GROUP
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  address-family ipv4 unicast
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)#  address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#  exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)# exit
Leaf_1(router-bgp)#exit
```

Настройка остальных устройств Leaf в схеме выполняется аналогично, с внесением необходимых изменений согласно схемы и плану IP-адресации.

Изменению от устройства к устройству подлежат следующие параметры:

- Hostname устройства;
- Description на интерфейсах;
- IP-адреса интерфейсов (физических + loopback);
- IP-интерфейсы, на которых включен OSPF;
- OSPF router-id;
- BGP router-id;
- IP-адреса BGP-соседей.

7.3 Проверка настроек underlay

После выполнения вышеописанных настроек необходимо выполнить проверку установления соседств протоколов OSPF, BGP и BFD.

Используемые команды:

```
show ip ospf neighbor
show ip bgp neighbors
show ip bfd neighbors
```

Пример выполнения вышеуказанных show-команд на устройстве Spine_1:

```
Spine_1#show ip ospf neighbor
Neighbor Addr   Neighbor ID     PID IP Interface    Pri State             Dead time Interface
--------------- --------------- --- --------------- --- ----------------- --------- ---------
172.16.1.1      10.0.0.1          1 172.16.1.2        1 full/ -           00:00:36  hu1/0/1
172.16.2.1      10.0.0.2          1 172.16.2.2        1 full/ -           00:00:34  hu1/0/2
172.16.3.1      10.0.0.3          1 172.16.3.2        1 full/ -           00:00:37  hu1/0/3

Spine_1#show ip bgp neighbors

  BGP neighbor    Remote AS     Router ID          State         Uptime     Hold Time  Keepalive
--------------- ------------- ------------- -------------- -------------- ---------- -----------
   10.0.0.1        65500        10.0.0.1     ESTABLISHED    00,00:09:03       90          30
   10.0.0.2        65500        10.0.0.2     ESTABLISHED    00,00:02:52       90          30
   10.0.0.3        65500        10.0.0.3     ESTABLISHED    00,00:01:45       90          30

Spine_1#show ip bfd neighbors

   Neighbor          Local           State              Last Down Diag
--------------- --------------- --------------- ------------------------------
   10.0.0.1        10.0.1.1          Up                No Diagnostic
   10.0.0.2        10.0.1.1          Up                No Diagnostic
   10.0.0.3        10.0.1.1          Up                No Diagnostic
```

Пример выполнения вышеуказанных show-команд на устройстве Leaf_11:

```
Leaf_1#show ip ospf neighbor
Neighbor Addr   Neighbor ID     PID IP Interface    Pri State             Dead time Interface
--------------- --------------- --- --------------- --- ----------------- --------- ---------
172.16.1.2      10.0.1.1          1 172.16.1.1        1 full/ -           00:00:37  hu1/0/1
172.16.1.6      10.0.2.2          1 172.16.1.5        1 full/ -           00:00:34  hu1/0/2

Leaf_1#show ip bgp neighbors

    BGP neighbor    Remote AS     Router ID      State         Uptime     Hold Time   Keepalive
--------------- ------------- ------------- -------------- -------------- ---------- -----------

  10.0.1.1          65500       10.0.1.1     ESTABLISHED    00,00:09:28       90         30
  10.0.2.2          65500       10.0.2.2     ESTABLISHED    00,00:05:11       90         30

Leaf_1#show ip bfd neighbors

   Neighbor          Local           State              Last Down Diag
--------------- --------------- --------------- ------------------------------
   10.0.1.1        10.0.0.1          Up                No Diagnostic
   10.0.2.2        10.0.0.1          Up                No Diagnostic
```

В случае успешного установления всех соседств в схеме должна быть обеспечена IP-связность между всеми устройствами. Проверить это можно, выполнив команду icmp ping с любого устройства до любого другого, указав в качестве src и dst IP-адреса loopback-интерфейсов устройств.

Пример выполнения ping с Leaf_1 до Leaf_3:

```
Leaf_1#ping 10.0.0.3 source 10.0.0.1
Pinging 10.0.0.3 with 18 bytes of data:

18 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=1. time=0 ms
18 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=2. time=0 ms
18 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=3. time=0 ms
18 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=4. time=0 ms

----10.0.0.3 PING Statistics----
4 packets transmitted, 4 packets received, 0% packet loss
round-trip (ms) min/avg/max = 0/0/0
```

7.4 Ожидаемый результат

- Все соседства протокола OSPF и BFD в состоянии UP. Соседства протокола BGP в состоянии ESTABLISHED;
- IP-связность между всеми устройствами схемы установлена.

8 Настройка overlay. VXLAN

Схема аналогична используемой в разделах Настройка underlay с использованием протокола IS-IS и Настройка underlay с использованием протокола OSPF.

Перед настройкой VXLAN выполните настройку устройств схемы согласно одному из вышеупомянутых разделов данного руководства.

8.1 Настройка VXLAN

⚠ Поддержка VXLAN предоставляется по лицензии (см. Установка лицензий).

Создайте на устройстве Leaf_1 VXLAN-инстанс с именем test_vxlan. Установите для него значение VNI 101000 и привяжите VLAN 1000. Предварительно VLAN 1000 должна быть создана и присутствовать во VLAN database.

```
Leaf_1(config)#vlan database
Leaf_1(config-vlan)#vlan 1000
Leaf_1(config-vlan)#vxlan test_vxlan
Leaf_1(config-vxlan)#vni 101000
Leaf_1(config-vxlan)#vlan 1000
```

По умолчанию созданный VXLAN-инстанс находится в состоянии no shutdown, т.е. включен. В контексте настройки vxlan его можно выключить командой shutdown. Пример:

```
Leaf_1(config-vxlan)#shutdown
```

Создайте аналогичный VXLAN на устройствах Leaf_2 и Leaf_3.

VLAN 1000 в данном примере является клиентской VLAN. Необходимо сделать интерфейсы, ведущие в сторону Host1 и Host2 членами данной VLAN:

```
Leaf_1(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/11
Leaf_1(config-if)#description Host1
Leaf_1(config-if)#switchport access vlan 1000

Leaf_3(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/11
Leaf_3(config-if)#description Host2
Leaf_3(config-if)#switchport access vlan 1000
```

⚠ В данном примере VXLAN-инстанс создается на всех устройствах Leaf в учебных целях для повышения наглядности и информативности выводов show-команд. В реальной IP-фабрике VXLAN создаются по необходимости и на определенных устройствах Leaf.

⚠ При использовании номеров автономных систем < 65535 есть возможность привязки разных VLAN к одной и той же VXLAN на разных VTEP без дополнительных настроек. В случае номеров автономных систем > 65535 для использования разных VLAN необходимо задействовать настройку RT — **route-target**. Её описание приведено далее по тексту.

Использование расширенного community route-target позволяет использовать разные VLAN на разных VTEP для AS >65535.

Пример конфигурации VXLAN для трёх Leaf с использованием RT и различных номеров VLAN (№ AS > 65535):

```
Leaf_1:

vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
 route-target both 65600:100
 route-target both 65600:200
exit

Leaf_2:

vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 500
 route-target both 65600:100
exit

Leaf_3:

vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 200
 route-target both 65600:200
exit
```

На всех трёх Leaf используются разные номера VLAN. Благодаря указанию RT Leaf_1 установит двунаправленные VXLAN туннели до Leaf_2 и до Leaf_3.

При этом между Leaf_2 и Leaf_3 туннель установлен не будет в силу разности VLAN, привязанных к VXLAN, и разности RT.

Для связности всех Leaf в VXLAN test_vxlan «каждый с каждым» необходимо использовать одинаковые RT на всех Leaf.

⚠ Максимальное количество назначенных RT в одном экземпляре VXLAN — два.

8.2 Проверка настройки VXLAN

Проконтролировать создание VXLAN можно несколькими способами:

- используя специальные show-команды;
- в информации протокола BGP;
- в выводе текущей конфигурации.

8.2.1 Show-команды

Посмотреть информацию, в.т.ч. и детальную о созданных VXLAN можно при помощи специальных команд:

- show vxlan — отображает информацию обо всех созданных экземплярах VXLAN в табличном виде;
- show vxlan WORD<1-64> — отображает детальную информацию об определенной VXLAN;
- show vxlan tunnels — отображает все установленные VXLAN-туннели;
- show vxlan tunnels WORD<1-64> — отображает установленные VXLAN-туннели для определенной VXLAN.

Примеры вывода информации вышеописанных команд представлены ниже:

```
Leaf_1#show vxlan
                                      Status
Name                    VNI      VLAN ID admin/oper BUM Forwarding  Route Distinguisher
----------------------- -------- ------- ---------- --------------- ---------------------
test_vxlan              101000   1000    UP/UP      Ingress Repl.   10.0.0.1:1000


Leaf_1#show vxlan test_vxlan

test_vxlan
  VxLAN Network ID is 101000, VLAN ID is 1000
  Administrative status is UP
  Operational status is UP

  Local Router ID is 10.0.0.1
  Route Distinguisher is 10.0.0.1:1000 (auto-assigned)
  Route Target is: 65535:268536456 (auto-assigned)

  Broadcast/Unknown Unicast/Multicast traffic
    is forwarded in Ingress Replication mode


Leaf_1#show vxlan tunnels

test_vxlan

Destination              Source                   Status
------------------------ ------------------------ ------
101000:10.0.0.2          101000:10.0.0.1          Up
101000:10.0.0.3          101000:10.0.0.1          Up


Leaf_1#show vxlan tunnels test_vxlan

test_vxlan

Destination              Source                   Status
------------------------ ------------------------ ------
101000:10.0.0.2          101000:10.0.0.1          Up
101000:10.0.0.3          101000:10.0.0.1          Up
```

8.2.2 Вывод информации протокола BGP

```
Leaf_1#show ip bgp l2vpn evpn

BGP table version is 9, local router ID is 10.0.0.1
Status codes: * - valid, > - best, i - internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network            Nexthop         Metric     LocPrf     Weight     Path

Route distinguisher: 10.0.0.1:1000
*> [3][0][32][10.0.0.1]/88
                      0.0.0.0         0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.2:1000
```

```
*>i[3][0][32][10.0.0.2]/88
                      10.0.0.2        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.2:1000
* i[3][0][32][10.0.0.2]/88
                      10.0.0.2        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.3:1000
*>i[3][0][32][10.0.0.3]/88
                      10.0.0.3        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.3:1000
* i[3][0][32][10.0.0.3]/88
                      10.0.0.3        0          100        0          ?
```

Рассмотрим первую запись:

```
    Network            Nexthop         Metric     LocPrf     Weight     Path

Route distinguisher: 10.0.0.1:1000
*> [3][0][32][10.0.0.1]/88
                      0.0.0.0         0          100        0          ?
```

Где:

- `[ 3 ]` — тип маршрута;
- `[ 0 ]` — EthTag. В текущей версии ПО не используется;
- `[ 32 ]` — длина IP-адреса источника маршрута;
- `[ 10.0.0.1 ]` — IP-адрес источника маршрута;
- `[ 88 ]` — полная длина маршрута.

Наличие этой записи говорит о создании локального маршрута типа 3, необходимого для приема BUM-трафика методом ingress-replication. Так же данный маршрут анонсируется всем BGP-соседям с включенной AF l2vpn evpn.

Остальные записи говорят о наличии маршрутов типа 3 до удаленных VTEP.

Количество маршрутов по 2 экземпляра, т.к. имеется 2 альтернативных пути до каждого другого Leaf через два Spine.

Кроме того, информацию о туннелях, предназначенных для распространения BUM-трафика, можно увидеть в выводе команды **show evpn inclusive-multicast**. Пример вывода:

```
Leaf_1#show evpn inclusive-multicast

VXLAN test_vxlan

                                                Remote Route
IP Address      VNI      Source Tunnel Address  Destinguisher          Tunnel Type
--------------- -------- ------ --------------- ---------------------- ---------------
10.0.0.1        101000   Local  10.0.0.1        10.0.0.1:1000          Ingress Repl.
10.0.0.2        101000   Remote 10.0.0.2        10.0.0.2:1000          Ingress Repl.
10.0.0.3        101000   Remote 10.0.0.3        10.0.0.3:1000          Ingress Repl.
```

8.2.3 Проверка работоспособности VXLAN

В качестве проверки работоспособности созданной VXLAN можно использовать проверку IP-связности между Host1 и Host2. Для этого их IP-интерфейсы должны быть в одной подсети.

После успешного выполнения команды ping проконтролируйте наличие изученных MAC-адресов в таблицах Leaf_1 и Leaf_3. Пример:

```
Leaf_1#show mac address-table
Flags: I - Internal usage VLAN
Aging time is 300 sec

    Vlan          Mac Address         Interface       Type
------------ --------------------- --------------- ----------
     1         e0:d9:e3:26:d6:00          0           self
    1000       0c:9d:92:61:9f:c4      te1/0/11      dynamic
    1000       e0:d9:e3:a8:45:40      10.0.0.3     evpn-vxlan
 hu1/0/1(I)    cc:9d:a2:53:d6:80       hu1/0/1      dynamic
 hu1/0/1(I)    cc:9d:a2:53:d6:81       hu1/0/1      dynamic
 hu1/0/2(I)    e0:d9:e3:17:6b:40       hu1/0/2      dynamic
 hu1/0/2(I)    e0:d9:e3:17:6b:41       hu1/0/2      dynamic
```

```
Leaf_3#show mac address-table
Flags: I - Internal usage VLAN
Aging time is 300 sec

    Vlan          Mac Address         Interface       Type
------------ --------------------- --------------- ----------
     1         e0:d9:e3:d7:ea:80          0           self
    1000       0c:9d:92:61:9f:c4      10.0.0.1     evpn-vxlan
    1000       e0:d9:e3:a8:45:40      te1/0/11      dynamic
 hu1/0/1(I)    cc:9d:a2:53:d6:80       hu1/0/1      dynamic
 hu1/0/1(I)    cc:9d:a2:53:d6:83       hu1/0/1      dynamic
 hu1/0/2(I)    e0:d9:e3:17:6b:40       hu1/0/2      dynamic
 hu1/0/2(I)    e0:d9:e3:17:6b:43       hu1/0/2      dynamic
```

MAC-адрес Host1 должен быть в таблице Leaf_3, тип evpn-vxlan. Аналогично MAC-адрес Host2 должен быть в таблице Leaf_1, тип evpn-vxlan.

В выводе информации протокола BGP можно наблюдать маршрут типа 2 с указанием изученного MAC-адреса удаленного хоста в качестве адреса назначения маршрута:

```
Leaf_1#show ip bgp l2vpn evpn

BGP table version is 14, local router ID is 10.0.0.1
Status codes: * - valid, > - best, i - internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network            Nexthop         Metric     LocPrf     Weight     Path

Route distinguisher: 10.0.0.1:1000
*> [2][0][0][48][0c:9d:92:61:9f:c4][0][0.0.0.0]/216
                      0.0.0.0         0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.3:1000
*>i[2][0][0][48][e0:d9:e3:a8:45:40][0][0.0.0.0]/216
                      10.0.0.3        0          100        0          ?
```

```
Route distinguisher: 10.0.0.3:1000
* i[2][0][0][48][e0:d9:e3:a8:45:40][0][0.0.0.0]/216
                      10.0.0.3        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.1:1000
*> [3][0][32][10.0.0.1]/88
                      0.0.0.0         0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.2:1000
*>i[3][0][32][10.0.0.2]/88
                      10.0.0.2        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.2:1000
* i[3][0][32][10.0.0.2]/88
                      10.0.0.2        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.3:1000
*>i[3][0][32][10.0.0.3]/88
                      10.0.0.3        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.3:1000
* i[3][0][32][10.0.0.3]/88
                      10.0.0.3        0          100        0          ?
```

Пример записи:

```
    Network            Nexthop         Metric     LocPrf     Weight     Path

Route distinguisher: 10.0.0.3:1000
*>i[2][0][0][48][e0:d9:e3:a8:45:40][0][0.0.0.0]/216
                      10.0.0.3        0          100        0          ?
```

Где:

- `[2]` — тип маршрута;
- `[0]` — ESI (Ethernet segment identifier);
- `[0]` — EthTag. В текущей версии ПО не используется;
- `[48]` — длина MAC-адреса;
- `[e0:d9:e3:a8:45:40]` — MAC-адрес, изученный на удаленном VTEP;
- `[0]` — длина IP-адреса. В текущей версии ПО не используется;
- `[0.0.0.0]` — IP-адрес. В текущей версии ПО не используется;
- `216` — полная длина маршрута.

Эта запись говорит о наличии маршрута типа 2. На удаленном VTEP изучен MAC-адрес e0:d9:e3:a8:45:40. Для отправки пакетов по этому маршруту необходимо использовать nexthop 10.0.0.3.

Также основную информацию об изученных в VXLAN MAC-адресах можно получить в выводе show-команды **show evpn mac-ip:**

```
Leaf_1#show evpn mac-ip

VXLAN test_vxlan

VNI      VLAN MAC Address       IP              ESI                             Next Hop
-------- ---- ----------------- --------------- ------------------------------ ---------------
101000   1000 0c:9d:92:61:9f:c4 -               -                               te1/0/11
101000   1000 e0:d9:e3:a8:45:40 -               -                               10.0.0.3
```

Зеркалирование трафика

Зеркалирование трафика можно использовать как инструмент контроля на любом устройстве схемы и на любом этапе. Но в случае с инкапсулированным в VXLAN трафиком необходимо руководствоваться следующей информацией: исходящий трафик перехватывается зеркалом до инкапсуляции, поэтому трафик, упакованный в VXLAN, необходимо зеркалировать только на устройстве, для которого он является входящим.

8.3 ARP suppression

Функция ARP suppression позволяет уменьшать BUM-трафик в сети путем уменьшения количества пересылаемых через IP-фабрику пакетов ARP.

Включается командой в контексте vxlan:

```
Leaf_1#configure
Leaf_1(config)#vxlan test_vxlan
Leaf_1(config-vxlan)#arp-suppression
```

Работу данной функции обеспечивает специальный кэш, в котором хранятся соответствия MAC- и IP-адресов. Пример вывода содержимого данного кэша:

```
Leaf_1#show arp suppression-cache

Total number of entries: 2
ARP suppression-cache timeout is 300 sec


  IP address      Vtep        MAC address       VLAN        Port          Flags         Age
--------------- ---------- ------------------- ------ -------------- -------------- -----------
 192.168.13.1   0.0.0.0    e0:d9:e3:d7:ea:80    1000     te1/0/11       local        00:00:33
 192.168.13.2   10.0.0.3   e0:d9:e3:26:d6:00    1000        0           remote       00:00:08
```

Записи в кэш добавляются:

- При получении ARP request в привязанной к VXLAN VLAN (записи типа local);
- При получении BGP update с маршрутом типа 2 MAC-IP (записи типа remote).

Принцип работы: Host1 посылает ARP-запрос, чтобы узнать MAC-адрес Host2. Если Leaf_1 уже знает связку MAC-IP Host2 (в кэше есть соответствующая запись), то Leaf_1 сам ответит на ARP запрос от имени Host2, не пересылая его через IP-фабрику.

Записи удаляются из кэша:

- При получении BGP update с withdraw типа 2 MAC-IP (для записей типа remote);
- В момент удаления MAC-адреса с устройства, соответствующая запись типа local переходит в тип *local, inactive*. В этот момент отправляется BGP update с withdraw соответствующей связки MAC-IP. Запись снова может стать активной при повторном изучении MAC-адреса. Если этого не произошло, запись будет удалена по истечении половины suppression-cache timeout;
- По истечении suppression-cache timeout.

Таймер suppression-cache timeout устанавливает максимальное время жизни записей типа local в таблице arp suppression-cache:

```
Leaf_2(config)#arp suppression-cache timeout
  <30-40000000>            Seconds
```

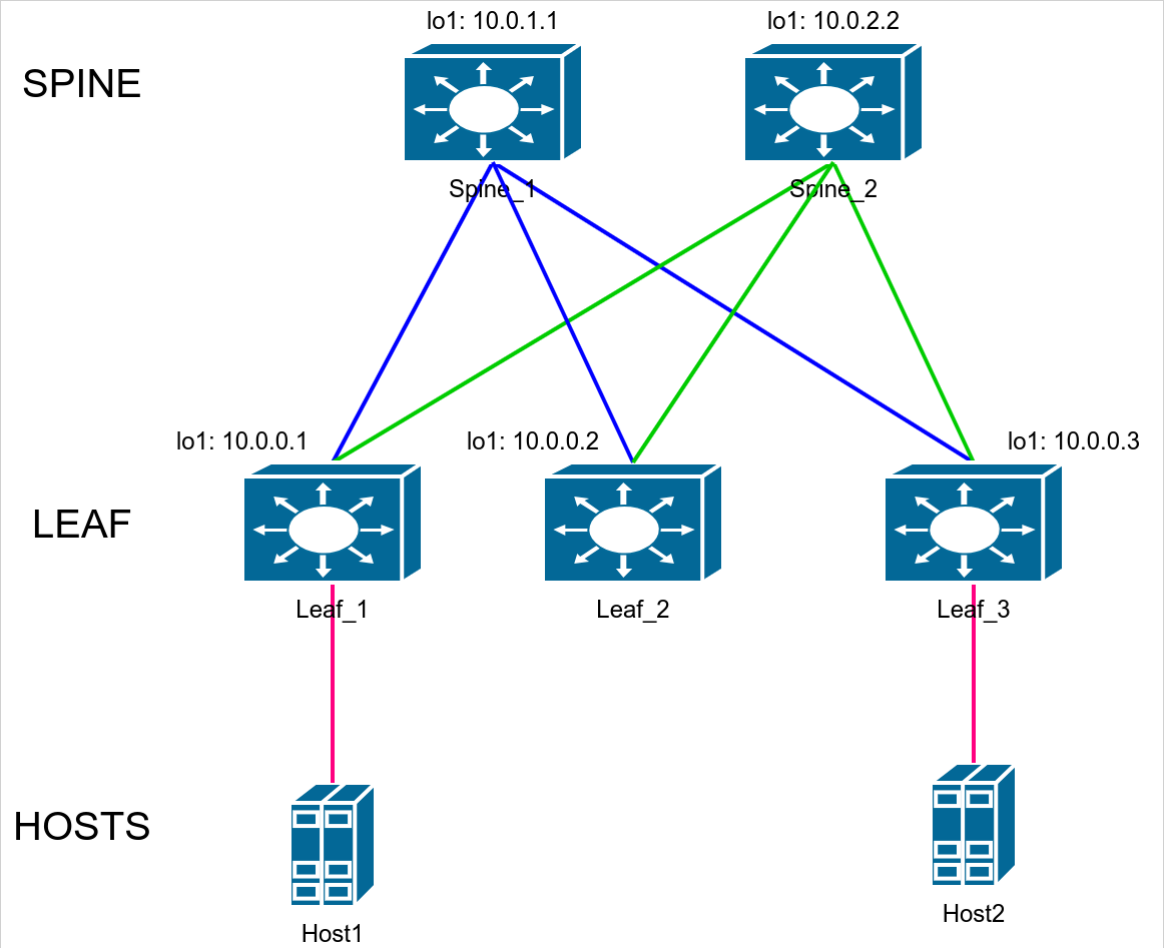
Значение по умолчанию 5 минут.

8.4 Ожидаемый результат

- VXLAN успешно создается;
- Необходимую информацию о VXLAN и об изученных MAC-адресах можно посмотреть в выводе соответствующих show-команд;
- Есть возможность передачи пользовательского трафика между портами разных Leaf через VXLAN-туннель;
- Функция ARP suppression позволяет уменьшить количество пересылаемых пакетов протокола ARP.

9 Настройка overlay. Multicast VXLAN

Используемая схема аналогична разделу Настройка overlay. VXLAN.



В качестве отправных конфигураций устройств в данном разделе используются конфигурации из приложения Конфигурации с использованием протокола OSPF.

Дополнительные настройки, необходимые для работы multicast vxlan, описаны далее в данном разделе.

В приложении 1 есть полные конфигурации устройств, получаемые по окончании данного раздела.

9.1 Настройка Spine

Настройка протокола PIM:

```
Spine_1(config)#interface range HundredGigabitEthernet1/0/1-3
Spine_1(config-if-range)#ip pim
Spine_1(config-if-range)#exit
Spine_1(config)#interface loopback2
Spine_1(config-if)# ip address 10.100.100.100 255.255.255.255
Spine_1(config-if)# description RP_IP
Spine_1(config-if)#exit
Spine_1(config)#ip multicast-routing pim
Spine_1(config)#ip pim rp-address 10.100.100.100
```

⚠ RP-адрес на всех устройствах Spine одинаковый.

Настройка протокола MSDP:

```
Spine_1(config)#router msdp
Spine_1(config-msdp)#connect-source 10.0.1.1
Spine_1(config-msdp)#originator-ip 10.100.100.100
Spine_1(config-msdp)#peer 10.0.2.2
Spine_1(config-peer)#mesh-group TESTGR
Spine_1(config-peer)#exit
Spine_1(config-msdp)#exit
```

Где:

- connect-source — исходящий адрес для установления соединения с MSDP-пирами (адрес loopback 1 на Spine);
- originator-ip — IP-адрес, используемый в качестве адреса RP в source-active сообщениях (адрес loopback 2 на Spine);
- mesh-group — имя полносвязной группы. Должно быть одинаковым для всех Spine фабрики.

Настройка остальных устройств Spine в схеме выполняется аналогично, с внесением необходимых изменений согласно схемы и плану IP-адресации.

Изменению от устройства к устройству подлежат следующие параметры:

- connect-source протокола MSDP;
- IP-адрес peer-протокола MSDP.

9.2 Настройка Leaf

Настройка протокола PIM:

```
Leaf_1(config)#interface range HundredGigabitEthernet1/0/1-2
Leaf_1(config-if-range)#ip pim
Leaf_1(config-if-range)#exit
Leaf_1(config)#interface loopback 1
Leaf_1(config-if)#ip pim
Leaf_1(config-if)#exit
Leaf_1(config)#ip multicast-routing pim
Leaf_1(config)#ip pim rp-address 10.100.100.100
Leaf_1(config)#ip multicast multipath group-paths-num
```

Настройка остальных устройств Leaf в схеме выполняется аналогично. Отличий в блоке команд, приведенном выше, от устройства к устройству нет.

Стоит отметить назначение команды **ip multicast multipath group-paths-num**. Эта команда включает балансировку пакетов PIM Join в сторону доступных RP. Кроме того она задействует метод балансировки, при котором хеш-функция, подсчитанная на основе адреса группы, делится по модулю на N, где N – количество доступных RP.

⚠ Вышеуказанный метод необходим для корректной работы балансировки при использовании EVPN/VXLAN. На практике он приводит к «синхронизации» VTEP и выбору одного и того же RP для отправки трафика конкретной группы.

Более подробно рассмотрим результат работы балансировки в следующем разделе.

9.3 Настройка multicast vxlan

Режим работы VXLAN multicast предоставляет возможность автоматического поиска удаленных VTEP. Репликация BUM-трафика осуществляется не на исходящем VTEP, как при дефолтном режиме работы VXLAN ingress replication, а посредством PIM multicast, ближе к точке назначения. Применимо к обсуждаемой топологии это означает репликацию не на исходящих Leaf, а на Spine-коммутаторах.

Создадим на устройстве Leaf_1 4 разных VXLAN-инстанса.

Пример настройки:

```
Leaf_1(config)#vlan database
Leaf_1(config-vlan)#vlan 2-5
Leaf_1(config-vlan)#exit
Leaf_1(config)#vxlan mcast2
Leaf_1(config-vxlan)# vni 102
Leaf_1(config-vxlan)# vlan 2
Leaf_1(config-vxlan)# mcast-group 233.0.0.2
Leaf_1(config-vxlan)#exit
Leaf_1(config)#vxlan mcast3
Leaf_1(config-vxlan)# vni 103
Leaf_1(config-vxlan)# vlan 3
Leaf_1(config-vxlan)# mcast-group 233.0.0.3
Leaf_1(config-vxlan)#exit
Leaf_1(config)#vxlan mcast4
Leaf_1(config-vxlan)# vni 104
Leaf_1(config-vxlan)# vlan 4
Leaf_1(config-vxlan)# mcast-group 233.0.0.4
Leaf_1(config-vxlan)#exit
Leaf_1(config)#vxlan mcast5
Leaf_1(config-vxlan)# vni 105
Leaf_1(config-vxlan)# vlan 5
Leaf_1(config-vxlan)# mcast-group 233.0.0.5
Leaf_1(config-vxlan)#exit
```

Команда **mcast-group** <IP> в контексте VXLAN включает репликацию BUM-трафика в данной VXLAN посредством PIM multicast.

BUM-трафик, пришедший на VLAN VXLAN инстанса, перехватывается на CPU и инкапсулируется в сообщение PIM Register для регистрации на RP.

После регистрации создаётся VXLAN-туннель в сторону RP и BUM-трафик отправляется инкапсулированным в VXLAN-заголовок с multicast destination ip в UDP-заголовке.

> ⚠ Все Leaf в пределах одной и той же VXLAN должны использовать один и тот же метод репликации (и один и тот же адрес группы в случае multicast-репликации).
> Одна mcast-group может быть назначена на несколько VXLAN instance. На данный момент доступно 256 уникальных multicast-групп.
> Команда **mcast-group** <IP> отключает отправку EVPN маршрутов типа 3 в пределах соответствующей VXLAN.

Настройка интерфейса loopback:

```
Leaf_1(config)#interface loopback1
Leaf_1(config-if)#ip igmp static-group 233.0.0.2
Leaf_1(config-if)#ip igmp static-group 233.0.0.3
Leaf_1(config-if)#ip igmp static-group 233.0.0.4
Leaf_1(config-if)#ip igmp static-group 233.0.0.5
```

Команда **ip igmp static-group** позволяет Leaf подписаться на указанную группу и начать её слушать. В этот момент в сторону RP отправляется сообщение join на эту группу с учетом механизма балансировки, включаемого командой **ip multicast multipath group-paths-num.** Сообщения join распределяются между RP. На каждом Spine (RP) создаются записи (*, G) для соответствующих групп. На практике в используемой схеме это будет выглядеть так:

```
Spine_1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, X - IGMP Proxy, s - SSM Group,
       C - Connected, L - Local, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, I - Received Source Specific Host Report
Timers: Uptime/Expires

(*, 233.0.0.3), uptime: 00:00:04, expires: never, RP 10.100.100.100, Flags: S
  Incoming interface: Null, RPF neighbor 10.100.100.100
  Outgoing interface list: hu1/0/1

(*, 233.0.0.5), uptime: 00:00:03, expires: never, RP 10.100.100.100, Flags: S
  Incoming interface: Null, RPF neighbor 10.100.100.100
  Outgoing interface list: hu1/0/1
```

Устройство Leaf_1 отправило в сторону Spine_1 PIM join сообщения на группы 233.0.0.3 и 233.0.0.5.

Сообщения на группы 233.0.0.2 и 233.0.0.4 были отправлены в сторону Spine_2:

```
Spine_2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, X - IGMP Proxy, s - SSM Group,
       C - Connected, L - Local, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, I - Received Source Specific Host Report
Timers: Uptime/Expires

(*, 233.0.0.2), uptime: 00:00:09, expires: never, RP 10.100.100.100, Flags: S
  Incoming interface: Null, RPF neighbor 10.100.100.100
  Outgoing interface list: hu1/0/1

(*, 233.0.0.4), uptime: 00:00:07, expires: never, RP 10.100.100.100, Flags: S
  Incoming interface: Null, RPF neighbor 10.100.100.100
  Outgoing interface list: hu1/0/1
```

Таким образом трафик различных групп будет поступать на Leaf через разные Spine, тем самым обеспечивая распределение нагрузки.

Настроим другие Leaf точно таким же образом.

Проверим теперь таблицы multicast-маршрутов на обоих Spine:

```
Spine_1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, X - IGMP Proxy, s - SSM Group,
       C - Connected, L - Local, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, I - Received Source Specific Host Report
Timers: Uptime/Expires

(*, 233.0.0.3), uptime: 00:00:37, expires: never, RP 10.100.100.100, Flags: S
  Incoming interface: Null, RPF neighbor 10.100.100.100
  Outgoing interface list: hu1/0/1, hu1/0/2, hu1/0/3
```

```
(*, 233.0.0.5), uptime: 00:00:37, expires: never, RP 10.100.100.100, Flags: S
  Incoming interface: Null, RPF neighbor 10.100.100.100
  Outgoing interface list: hu1/0/1, hu1/0/2, hu1/0/3
```

```
Spine_2#sh ip mroute
IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, X - IGMP Proxy, s - SSM Group,
       C - Connected, L - Local, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, I - Received Source Specific Host Report
Timers: Uptime/Expires

(*, 233.0.0.2), uptime: 00:01:39, expires: never, RP 10.100.100.100, Flags: S
  Incoming interface: Null, RPF neighbor 10.100.100.100
  Outgoing interface list: hu1/0/1, hu1/0/2, hu1/0/3

(*, 233.0.0.4), uptime: 00:01:39, expires: never, RP 10.100.100.100, Flags: S
  Incoming interface: Null, RPF neighbor 10.100.100.100
  Outgoing interface list: hu1/0/1, hu1/0/2, hu1/0/3
```

После настройки других Leaf аналогичным образом, они также отправили сообщения PIM join, распределив их между Spine (между RP). Таким образом интерфейсы hu1/0/2 и hu1/0/3 на обоих Spine были добавлены в Outgoing interface list обеих групп.

Осталось настроить порты на коммутаторах Leaf для подключения клиентских устройств:

```
Leaf_1(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/9
Leaf_1(config)#description Host1_mcast
Leaf_1(config-if)#switchport mode trunk
Leaf_1(config-if)#switchport trunk allowed vlan add 2-5
Leaf_1(config-if)#switchport forbidden default-vlan

Leaf_3(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/9
Leaf_3(config-if)#switchport mode trunk
Leaf_3(config-if)#switchport trunk allowed vlan add 2-5
Leaf_3(config-if)#switchport forbidden default-vlan
```

9.4 Проверка настройки multicast vxlan

Для создания multicast vxlan туннелей необходимо отправить BUM трафик в клиентские VLAN. Отправим broadcast во VLAN 2-5 в клиентский порт на Leaf_1.

Результат создания этих туннелей в show-команде **show vxlan tunnels** можно будет видеть на Leaf_2 и Leaf_3, т.к. в данном опыте broadcast однонаправленный и только Leaf_2 и Leaf_3 будут знать о существовании другого VTEP в сети (Leaf_1).

В результате в выводе соответствующих show-команд можно будет увидеть не только результат создания VXLAN локально на VTEP, но и результат создания туннелей.

Команды с примерами их выводов приведены ниже.

- show vxlan — отображает информацию обо всех созданных экземплярах VXLAN в табличном виде;
- show vxlan WORD<1-64> — отображает детальную информацию об определенной VXLAN;
- show vxlan tunnels — отображает все установленные VXLAN-туннели;
- show vxlan tunnels WORD<1-64> — отображает установленные VXLAN-туннели для определенной VXLAN.

Примеры вывода:

```
Leaf_3#show vxlan
                                        Status
Name                    VNI      VLAN ID admin/oper BUM Forwarding  Route Distinguisher
----------------------- -------- ------- ---------- --------------- --------------------
test_vxlan              101000   1000    UP/UP      Ingress Repl.   10.0.0.3:1000
mcast2                  102      2       UP/UP      Multicast VxLAN 10.0.0.3:2
mcast3                  103      3       UP/UP      Multicast VxLAN 10.0.0.3:3
mcast4                  104      4       UP/UP      Multicast VxLAN 10.0.0.3:4
mcast5                  105      5       UP/UP      Multicast VxLAN 10.0.0.3:5

Leaf_3#show vxlan mcast2

mcast2
  VxLAN Network ID is 102, VLAN ID is 2
  Administrative status is UP
  Operational status is UP

  Local Router ID is 10.0.0.3
  Route Distinguisher is 10.0.0.3:2 (auto-assigned)
  Route Target is: 65500:268435558 (auto-assigned)

  Broadcast/Unknown Unicast/Multicast traffic
    is forwarded in multicast vxlan mode
  Multicast Group address is 233.0.0.2

Leaf_3#show vxlan tunnels

test_vxlan

Destination              Source                   Status
------------------------ ------------------------ ------
101000:10.0.0.1          101000:10.0.0.3          Up
101000:10.0.0.2          101000:10.0.0.3          Up

mcast2

Destination              Source                   Status
------------------------ ------------------------ ------
```

```
102:10.0.0.1             102:10.0.0.3             Up

mcast3

Destination              Source                   Status
------------------------ ------------------------ ------
103:10.0.0.1             103:10.0.0.3             Up

mcast4

Destination              Source                   Status
------------------------ ------------------------ ------
104:10.0.0.1             104:10.0.0.3             Up

mcast5

Destination              Source                   Status
------------------------ ------------------------ ------
105:10.0.0.1             105:10.0.0.3             Up

Leaf_3#show vxlan tunnels mcast2

mcast2

Destination              Source                   Status
------------------------ ------------------------ ------
102:10.0.0.1             102:10.0.0.3             Up
```

Отправляемый на вход Leaf_1 broadcast-трафик можно наблюдать на выходе Leaf_3 в неизменном виде.

Для повышения наглядности опыта, демонстрирующего способ репликации BUM-трафика, рекомендуется оставить вещание одной VXLAN multicast-группы, т.е. отправлять клиентский broadcast в одной VLAN.

Посмотрим утилизацию портов на Leaf_1:

```
Leaf_1#show int utilization
  Port      Period, s    Sent, Kbit/s     Recv, Kbit/s    Frames sent   Frames recv
--------- ------------ ---------------- ---------------- ------------- -------------
te1/0/9   15           0                1103             0             15029
...
hu1/0/1   15           4                4                115           112
hu1/0/2   15           1476             4                15145         111
```

Отправляемый трафик больше, чем входящий, по причине добавления дополнительного заголовка при инкапсуляции пакетов.

Далее видно, что трафик этой группы следует в сторону Spine_2. Посмотрим утилизацию его интерфейсов:

```
Spine_2#sh int utilization
  Port      Period, s    Sent, Kbit/s     Recv, Kbit/s    Frames sent   Frames recv
--------- ------------ ---------------- ---------------- ------------- -------------
hu1/0/1   15           4                1476             113           15312
hu1/0/2   15           1476             4                15310         115
hu1/0/3   15           1476             4                15310         114
```

Как видно, копирование трафика в сторону других Leaf происходит на Spine_2.

Зеркалирование трафика

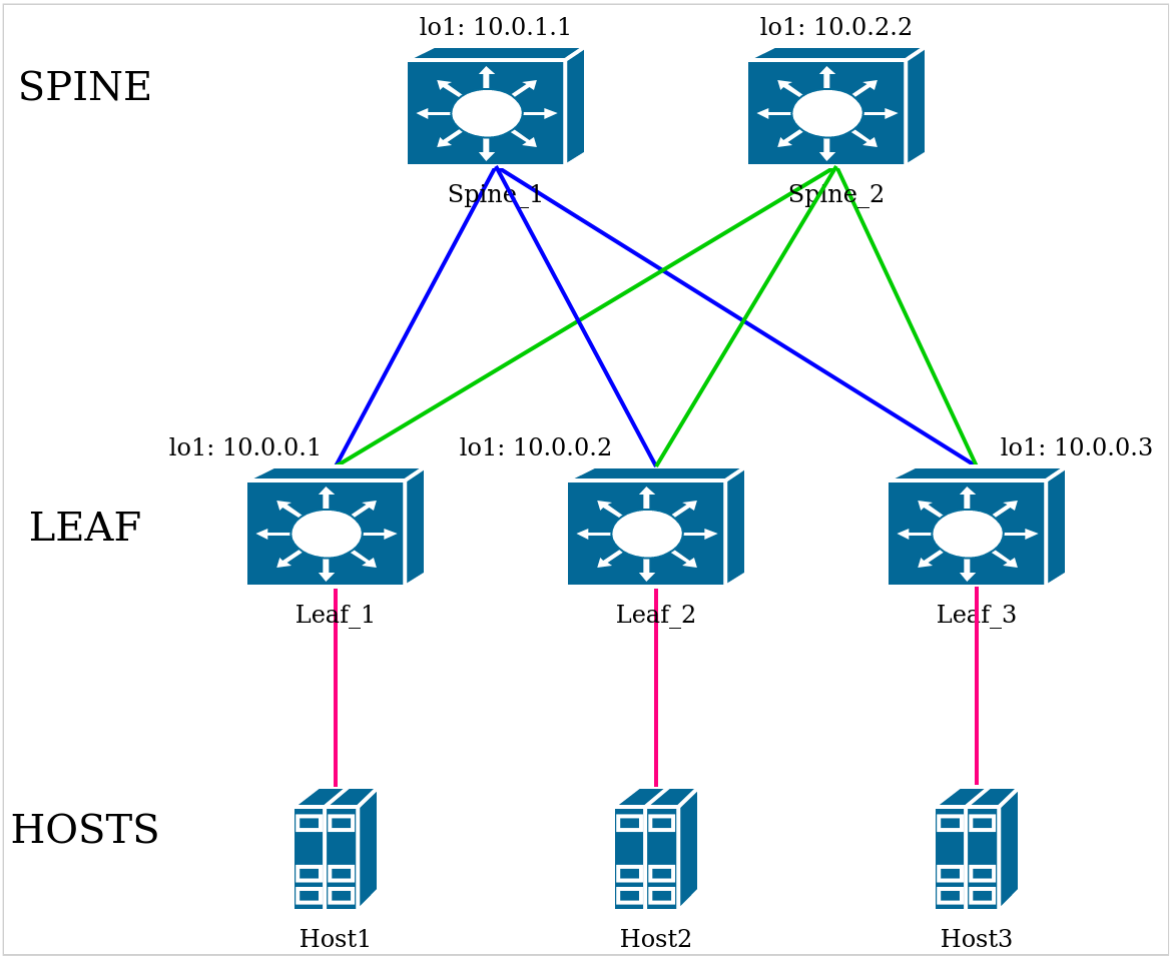
Зеркалирование трафика можно использовать как инструмент контроля на любом устройстве схемы и на любом этапе. Но в случае с инкапсулированным в VXLAN трафиком необходимо руководствоваться следующей информацией: исходящий трафик перехватывается зеркалом до инкапсуляции, поэтому трафик, упакованный в VXLAN, необходимо зеркалировать только на устройстве, для которого он является входящим.

9.5 Ожидаемый результат

- Режим работы PIM multicast успешно задействуется;
- Информацию о режиме работы и об установленных таким образом туннелях можно посмотреть в выводе соответствующих show-команд;
- Репликация BUM-трафика посредством PIM multicast осуществляется на Spine-коммутаторах.

10 Настройка overlay. Symmetric IRB

Используемая схема представлена ниже.



В качестве отправных конфигураций устройств в данном разделе используются конфигурации из приложения Конфигурации с использованием протокола OSPF без созданных VXLAN.

Дополнительные настройки, необходимые для работы L3VNI, описаны далее в данном разделе.

В приложении 1 есть полные конфигурации устройств, получаемые по окончании данного раздела.

10.1 Настройка symmetric IRB

Для EVPN/VXLAN поддержан способ организации L3VPN с использованием Symmetric IRB, в частности маршрутизация через L3VNI.

Создадим на всех Leaf схемы L3VNI и подготовим его к работе.

Пример выполнения команд на Leaf_1 для создания и подготовки L3VNI:

```
Leaf_1(config)#vlan database
Leaf_1(config-vlan)#vlan 100
Leaf_1(config-vlan)#exit
Leaf_1(config)#ip vrf VRF1
Leaf_1(config-vrf)#vni 100100
Leaf_1(config-vrf)#route-target both 65500:100100
Leaf_1(config-vrf)#exit
Leaf_1(config)#vxlan L3_vxlan
Leaf_1(config-vxlan)#vni 100100 ip-routing
Leaf_1(config-vxlan)#vlan 100
Leaf_1(config-vxlan)#exit
```

```
Leaf_1(config)#interface vlan 100
Leaf_1(config-if)#ip vrf VRF1
Leaf_1(config-if)#exit
```

Где:

- vni 100100 — L3VNI. Должен быть создан на всех VTEP, на которых необходима маршрутизация. К одной VRF может быть привязан только один L3VNI. Значения L3VNI не должны повторяться в различных VRF;
- route-target both 65500:100100 — задает значение RT community. Это расширенное community добавляется к отправляемым сообщениям update с маршрутами типа 2 (ip-mac) и 5. В свою очередь при приеме таких маршрутов по его значению определяется, в какую VRF устанавливаются принятые маршруты. Значения RT не должны повторяться в различных VRF;
- vxlan L3_vxlan — VXLAN, необходимая для активации маршрутизации в L3VNI;
- vni 100100 ip-routing — настройка, указывающая, что vni 100100 будет использоваться для маршрутизации;
- vlan 100 — совместно с L3VNI необходимо использовать VLAN. Эта VLAN не будет использоваться для передачи какого-либо трафика, т.е. привязка её к какому-либо интерфейсу не обязательна. Обязательной является привязка интерфейса данной VLAN к соответствующей VRF.

Донастроим протокол BGP:

```
Leaf_1(config)#router bgp
Leaf_1(router-bgp)#vrf VRF1
Leaf_1(router-bgp-vrf)#address-family ipv4 unicast
Leaf_1(router-bgp-af-vrf)#redistribute connected
Leaf_1(router-bgp-af-vrf)#exit
Leaf_1(router-bgp-vrf)#exit
Leaf_1(router-bgp)#exit
```

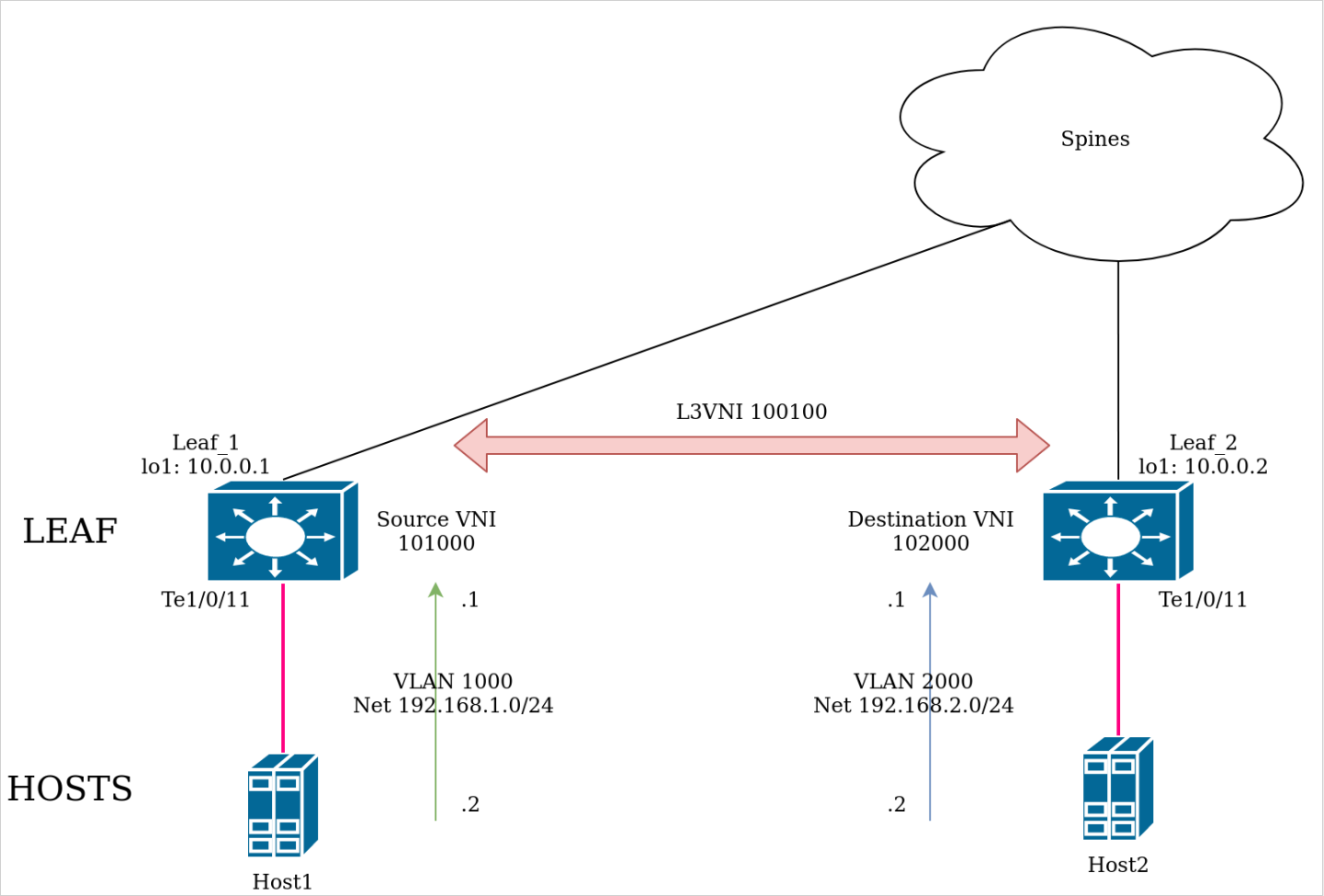
Данная настройка запускает перераспределение маршрутов до connected-сетей в созданный L3VPN. В данном случае организуемый в vrf VRF1.

> ⚠ Также возможно и перераспределение в L3VPN-маршрутов из протокола OSPF и от eBGP соседей.
> Для этого необходимо создать и запустить отдельный экземпляр протокола OSPF в соответствующей VRF, который будет работать на стыке IP-фабрики и подключаемой к ней сети.
> В случае с eBGP достаточно установить сессию с BGP-соседом в соответствующей VRF.
> Примеры конфигурации Leaf для случаев OSPF и eBGP приведены в приложении 1, в разделе symmetric IRB.

Настроенное перераспределение необходимо для отправки маршрутов типа 5, объявляющих доступность клиентких сетей в данной VRF.

Остальные Leaf в схеме настраиваются аналогично.

Настраиваемая схема маршрутизации представлена ниже.



На устройстве Leaf_1 создадим VXLAN с VNI 101000 и VLAN 1000. Необходимо добавить IP-интерфейс VLAN 1000 в VRF1, чтобы для маршрутизации пакетов клиента использовалась L3VNI. Затем назначить на этот IP-интерфейс IP-адрес.

```
Leaf_1(config)#vlan database
Leaf_1(config-vlan)#vlan 1000
Leaf_1(config-vlan)#exit
Leaf_1(config)#vxlan test_vxlan1
Leaf_1(config-vxlan)#vni 101000
Leaf_1(config-vxlan)#vlan 1000
Leaf_1(config-vxlan)#exit
Leaf_1(config)#interface vlan 1000
Leaf_1(config-if)#ip vrf VRF1
Leaf_1(config-if)#ip address 192.168.1.1 /24
Leaf_1(config-if)#exit
Leaf_1(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/11
Leaf_1(config-if)#description Host1
Leaf_1(config-if)#switchport access vlan 1000
Leaf_1(config-if)#exit
```

Создадим на устройстве Leaf_2 новую VXLAN с VNI 102000 и VLAN 2000. Аналогично необходимо разместить IP-интерфейс VLAN 2000 в VRF1.

```
Leaf_2(config)#vlan database
Leaf_2(config-vlan)#vlan 2000
Leaf_2(config-vlan)#exit
```

```
Leaf_2(config)#vxlan test_vxlan2
Leaf_2(config-vxlan)#vni 102000
Leaf_2(config-vxlan)#vlan 2000
Leaf_2(config-vxlan)#exit
Leaf_2(config)#interface vlan 2000
Leaf_2(config-if)#ip vrf VRF1
Leaf_2(config-if)#ip address 192.168.2.1 /24
Leaf_2(config-if)#exit
Leaf_2(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/11
Leaf_2(config-if)#description Host2
Leaf_2(config-if)#switchport access vlan 2000
Leaf_2(config-if)#exit
```

10.2 Проверка настройки

Для проверки работоспособности схемы достаточно проверить L3-связность между хостами. Например, достаточно выполнить команду ping с Host1 до Host2, при условии, что на хостах есть маршруты до сетей друг друга.

Трафик, отправляемый между клиентскими сетями, можно наблюдать при помощи зеркалирования на Spine_1 (на обоих Spine в случае балансировки неоднородного трафика) инкапсулированным в VXLAN, использующую настроенный L3VNI 100100.

> **Зеркалирование трафика**
>
> Зеркалирование трафика можно использовать как инструмент контроля на любом устройстве схемы и на любом этапе. Но в случае с инкапсулированным в VXLAN трафиком необходимо руководствоваться следующей информацией: исходящий трафик перехватывается зеркалом до инкапсуляции, поэтому трафик, упакованный в VXLAN, необходимо зеркалировать только на устройстве, для которого он является входящим.

Посмотреть маршрутную информацию в интересующей VRF можно следующей командой: **show ip route vrf** WORD<1-32>.

Пример выполнения команды:

```
Leaf_1#show ip route vrf VRF1
Maximum Parallel Paths: 32 (32 after reset)
Load balancing: src-dst-mac-ip
IP Forwarding: enabled
Codes: > - best, C - connected, S - static,
       R - RIP,
       O - OSPF intra-area, OIA - OSPF inter-area,
       OE1 - OSPF external 1, OE2 - OSPF external 2,
       B - BGP, i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1,
       L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
[d/m]: d - route's distance, m - route's metric

C    192.168.1.0/24 is directly connected, vlan 1000
B    192.168.2.0/24 [200/0] via 10.0.0.2, 00:04:26, VNI 100100,
router-mac e0:d9:e3:17:6b:40
B    192.168.2.2/32 [200/0] via 10.0.0.2, 00:04:26, VNI 100100,
router-mac e0:d9:e3:17:6b:40
```

⚠ Маршрут до сети 192.168.2.2/32, т.е. до Host2 был получен посредством анонса типа 2 IP-MAC. Этот анонс был отправлен с Leaf_2 в момент изучения ARP о Host2. Данный маршрут необходим для маршрутизации трафика до конкретного хоста в том случае, если клиентская сеть располагается за несколькими Leaf.

В маршруте до сети 192.168.2.0/24 указан router-mac. Это MAC-адрес роутера назначения. В нашем случае это Leaf_2.

Данный маршрут получен посредством анонса типа 5.

Маршруты типа 5 можем видеть в выводе маршрутной информации протокола BGP. В примере ниже укороченный вариант вывода, содержащий только маршруты типа 5:

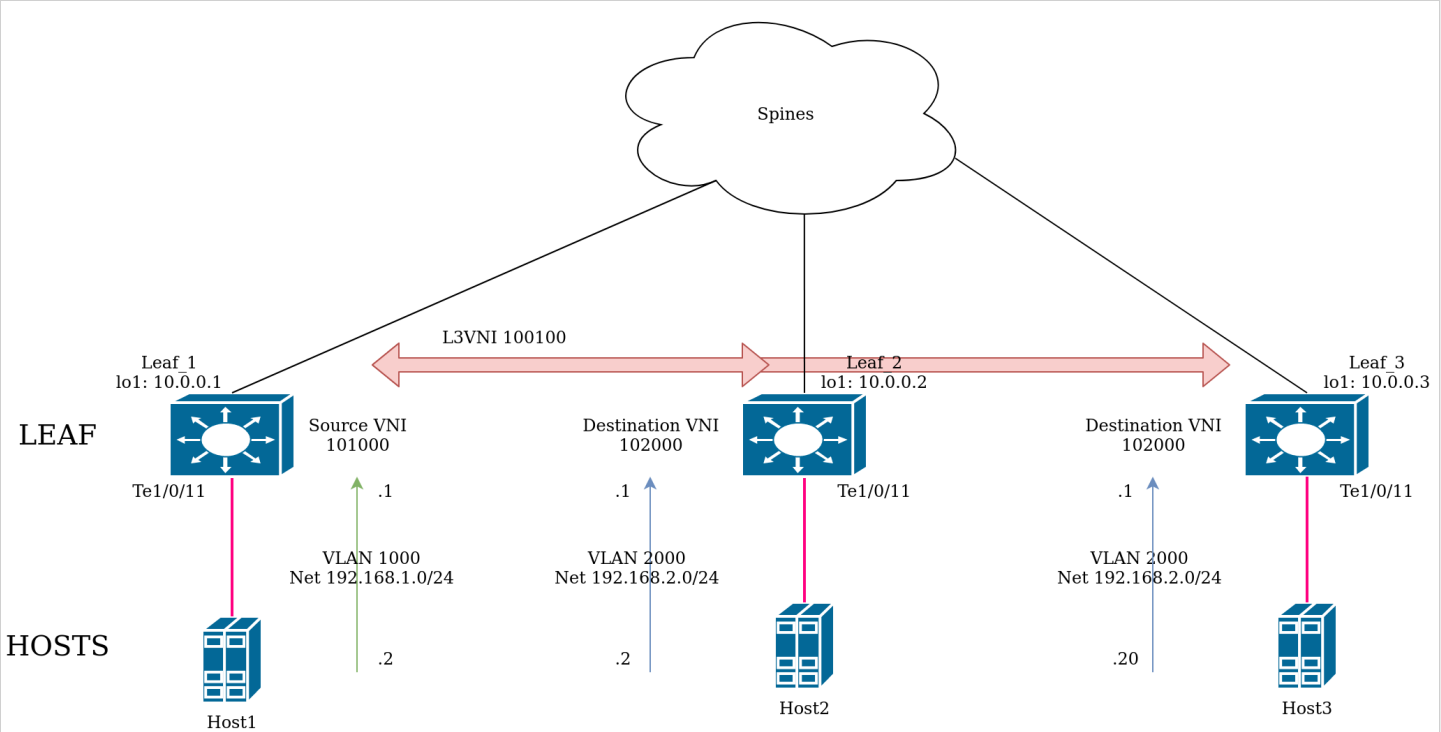
```
Leaf_1#show ip bgp l2vpn evpn

BGP routing table information for VRF default
BGP table version is 10, local router ID is 10.0.0.1
Status codes: * - valid, > - best, i - internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network            Nexthop         Metric     LocPrf     Weight     Path
.
.
.
Route distinguisher: 10.0.0.1:34564
*> [5][0][0][24][192.168.1.0]/224
                      0.0.0.0         0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.2:34564
*>i[5][0][0][24][192.168.2.0]/224
                      10.0.0.2        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.2:34564
* i[5][0][0][24][192.168.2.0]/224
                      10.0.0.2        0          100        0          ?
```

Где:

- `[5]` — тип маршрута;
- `[0]` — ESI (Ethernet segment identifier);
- `[0]` — EthTag. В текущей версии ПО не используется;
- `[24]` — длина префикса;
- `[192.168.2.0]` — IP-адрес сети назначения;
- `224` — полная длина маршрута.

10.3 Anycast gateway

Дополним логическую схему стенда, как показано ниже.



Anycast-gateway дополняет возможность различным Leaf выступать в роли шлюза для одной и той же сети. Хостам при переключении с одного Leaf на другой (например при миграции виртуальных машин) при использовании anycast-gateway нет необходимости обновления ARP-записи, т.к. MAC-адрес шлюза благодаря настройке не меняется от Leaf к Leaf. Подходит как для схем с multihommed-подключением, так и для случаев, когда одна и та же сеть разбита на несколько физических сегментов, подключенных к разным Leaf.

Донастроим Leaf_3. VXLAN на Leaf_3, полностью аналогична Leaf_2, поэтому используем тот же блок настроек. Сеть та же, 192.168.2.0/24.

```
Leaf_3(config)#vlan database
Leaf_3(config-vlan)#vlan 2000
Leaf_3(config-vlan)#exit
Leaf_3(config)#vxlan test_vxlan2
Leaf_3(config-vxlan)#vni 102000
Leaf_3(config-vxlan)#vlan 2000
Leaf_3(config-vxlan)#exit
Leaf_3(config)#interface vlan 2000
Leaf_3(config-if)#ip vrf VRF1
Leaf_3(config-if)#ip address 192.168.2.1 /24
Leaf_3(config-if)#exit
Leaf_3(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/11
Leaf_3(config-if)#description Host3
Leaf_3(config-if)#switchport access vlan 2000
Leaf_3(config-if)#exit
```

Настройка anycast-gateway состоит из двух частей.

1. Задать виртуальный MAC-адрес, который заменит базовый MAC-адрес коммутатора в ARP-пакетах, исходящих с интерфейсов, на которых задействована данная функция. Пример для Leaf_2 и VLAN 2000:

```
Leaf_2(config)#anycast-gateway mac-address 00:00:00:11:11:11
```

2. Включить anycast gateway на VLAN-интерфейсе:

```
Leaf_2(config)#interface vlan 2000
Leaf_2(config-if)#anycast-gateway
```

3. Аналогичным образом настроить Leaf_3, используя тот же виртуальный mac-адрес.

Посмотреть выполненные настройки можно show-командой:

```
Leaf_2#show ip anycast-gateway
Anycast-gateway virtual MAC address: 00:00:00:11:11:11

Anycast-gateway is configured on interfaces:

Vlans:
  2000
```

Проверка настройки anycast-gateway

1. Выполнить ping между всеми хостами. В результате:
   есть L3 связность между Host1 и двумя другими хостами;
   есть L2 связность между Host2 и Host3;
2. В ARP-таблице хостов 2 и 3 присутствует соответствие настроенного адреса шлюза и виртуального MAC-адреса anycast-gateway. Пример просмотра таблицы на Host3:

```
Host3#sh arp

Total number of entries: 1


  VLAN    Interface    IP address       HW address       status    IP Unnumbered I/F
--------------------- -------------- ------------------ ---------- --------------------
vlan 1    te1/0/1    192.168.2.1    00:00:00:11:11:11   dynamic
```

10.4 Gateway-ip для маршрутов типа 5

Данная функция позволяет установить значение поля IP-v4 Gateway address в NLRI отправляемых EVPN-маршрутов типа 5.

Установка происходит посредством привязки к соседу route-map с соответствующим действием set.

> ⚠ Route-map с данной настройкой следует использовать в контексте address-family l2vpn evpn BGP-соседа и только в направлении out.

Т.к. в случае IP-фабрики соседями для Leaf являются Spine-коммутаторы, для корректной работы фабрики необходимо настраивать данную route-map в сторону всех Spine.

Пример настройки для Leaf_1:

```
Leaf_1(config)#route-map TESTMAP 10 permit
Leaf_1(config-route-map)#set evpn gateway-ip 192.168.50.1
Leaf_1(config-route-map)#exit
Leaf_1(config)#router bgp 65500
Leaf_1(router-bgp)#neighbor 10.0.1.1
Leaf_1(router-bgp-nbr)#address-family l2vpn evpn
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#route-map TESTMAP out
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)#exit
Leaf_1(router-bgp)#neighbor 10.0.2.2
Leaf_1(router-bgp-nbr)#address-family l2vpn evpn
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#route-map TESTMAP out
Leaf_1(router-bgp-nbr-af)#exit
Leaf_1(router-bgp-nbr)#exit
```

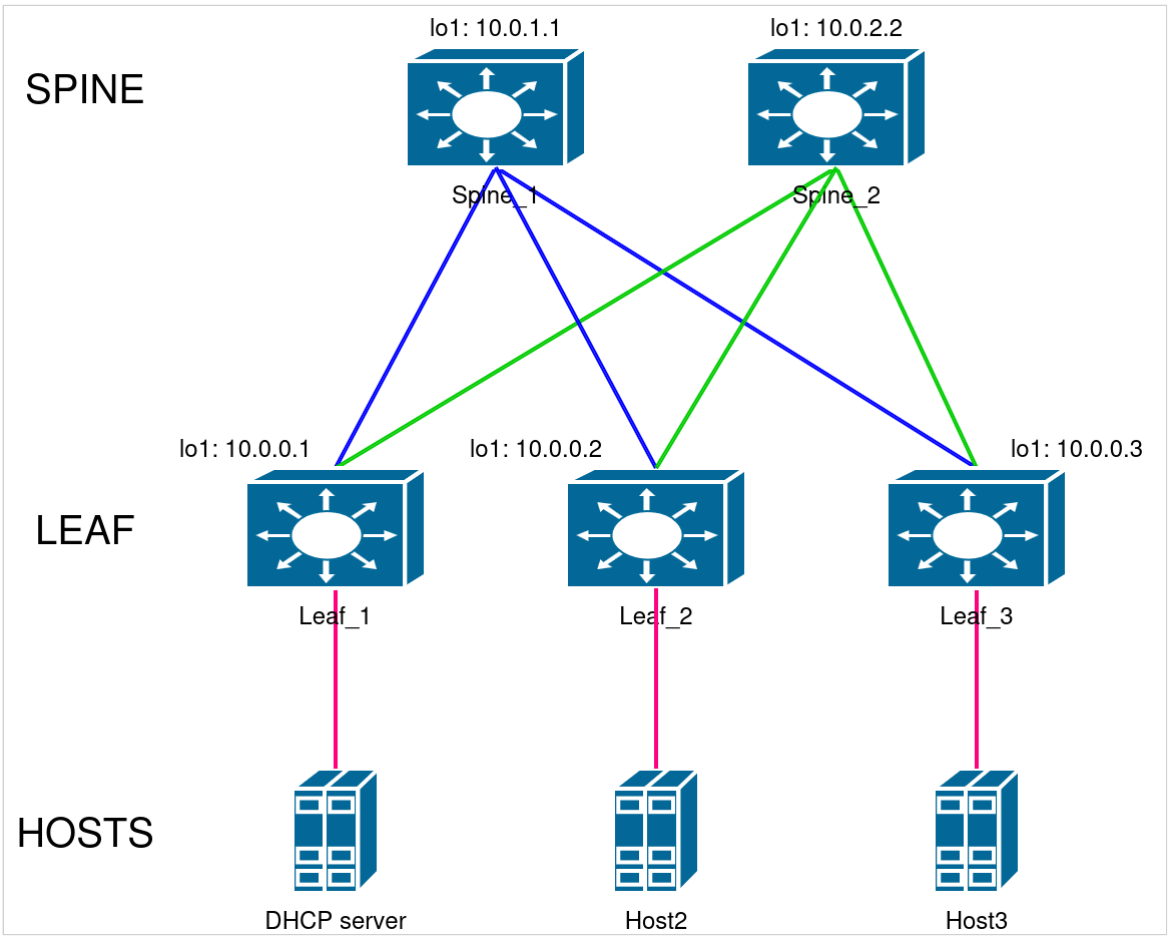
Результат можем наблюдать в поле IP-v4 Gateway address в NLRI отправляемых маршрутов типа 5:

```
EVPN NLRI: IP Prefix route
    Route Type: IP Prefix route (5)
    Length: 34
    Route Distinguisher: 00010a0000018704 (10.0.0.1:34564)
    ESI: 00:00:00:00:00:00:00:00:00:00
    Ethernet Tag ID: 0
    IP prefix length: 24
    IPv4 address: 192.168.1.0
    IPv4 Gateway address: 192.168.50.1
```

Удаленные Leaf будут устанавливать полученные маршруты в таблицы маршрутизации с учетом указанного значения IP-v4 Gateway address и доступности указанного шлюза.

10.5 DHCP relay

Используемая схема представлена ниже.



В качестве отправных конфигураций устройств в данном разделе используются конфигурации из приложения Конфигурации для Symmetric IRB.

Дополнительные настройки, необходимые для работы DHCP relay агента, описаны далее в данном разделе.

10.5.1 Настройка DHCP relay

На Leaf_1 со стороны сервера DHCP дополнительных настроек не требуется. Разместим сервер в существующей VLAN 1000, интерфейс TenGigabitEthernet1/0/11.

⚠ Сценарий 1. Host2 и Host3 находятся в одной сети, но на разных Leaf. DHCP-сервер находится в другой сети. Соответственно необходимо решить задачу отправки ответа от сервера DHCP на нужный Leaf, при этом выдав IP-адрес хосту из нужного пула адресов.

В примере ниже настроим Leaf_2.

Первым делом необходимо создать дополнительный loopback интерфейс в VRF "VRF1", который будет являться интерфейсом-источником для DHCP-запросов, переадресуемых на DHCP-сервер. Адреса этих loopback так же должны быть уникальны для каждого Leaf. Именно это позволит ответам от DHCP-сервера возвращаться на нужный Leaf.

```
Leaf_2(config)#interface loopback2
Leaf_2(config-if)#ip vrf VRF1
Leaf_2(config-if)#ip address 10.0.0.102 255.255.255.255
Leaf_2(config-if)#exit
```

На DHCP-сервере необходимо наличие маршрутов до этих loopback-интерфейсов или наличие маршрута по умолчанию для возможности отправки ответов на DHCP-запросы.

Включим функцию DHCP relay-агента на VLAN, в которую включен Host2. В нашем случае VLAN 2000:

```
Leaf_2(config)#interface vlan 2000
Leaf_2(config-if)#ip dhcp relay enable
Leaf_2(config-if)#exit
```

Теперь выполним все необходимые настройки в режиме глобальной конфигурации:

```
Leaf_2(config)#ip dhcp relay address 192.168.11.2 vrf VRF1
Leaf_2(config)#ip dhcp relay enable
Leaf_2(config)#ip dhcp relay source-interface loopback 2 vrf VRF1
Leaf_2(config)#ip dhcp information option
Leaf_2(config)#ip dhcp information option vpn link-selection
```

- *ip dhcp relay address 192.168.11.2 vrf VRF1* — задает адрес DHCP-сервера, куда будут перенаправляться DHCP-запросы в пределах VRF. При передаче между Leaf, эти пакеты будут инкапсулированы в VXLAN с использованием L3 VNI. В нашем случае VNI 100100;
- *ip dhcp relay enable* — включает функцию DHCP relay-агента глобально на устройстве;
- *ip dhcp relay source-interface loopback 2 vrf VRF1* — задает интерфейс-источник для DHCP-запросов, переадресуемых на DHCP-сервер, в пределах VRF. При этом в DHCP-пакетах в сторону сервера будет заменяться src ip и giaddr (Relay agent IP address) на адрес интерфейса loopback2;
- *ip dhcp information option* — включает добавление опции 82 в DHCP-запрос;
- *ip dhcp information option vpn link-selection* — включает добавление подопции 5 в опцию 82 DHCP-запроса. При указании только параметра *vpn* будут добавлены все подопции: 5, 11 и 151.

Подопция 5

Link Selection. Содержит адрес сети клиента. Позволяет разделять giaddr (Relay agent IP address) и сеть клиента, тем самым давая возможность DHCP-серверу выдавать IP-адреса на основании значения этой подопции.

Подопция 11

Server ID Override. Содержит IP-адрес интерфейса, на котором включен relay-агент. При включении этой подопции, устройство перезаписывает опцию 54 (DHCP Server Identifier) в ответах от DHCP-сервера, подставляя туда значение из подопции 11.

Подопция 151

Virtual Subnet Selection. Содержит имя VRF на клиентском интерфейсе. Также может использоваться для выдачи адресов DHCP-сервером из определенного пула.

Leaf_3 настраивается аналогичным образом за исключением IP-адреса на интерфейсе loopback2.

⚠ Пример настройки isc-dhcp-server для обработки подопции 5 в конце данного раздела.

Ожидаемое поведение

- DHCP запросы от Host2 и 3 будут перехватываться на Leaf DHCP Relay-агентом;
- При отправке в сторону DHCP-сервера в пакеты будет добавлена опция 82 с подопцией 5 с соответствующим содержанием;

```
Option: (82) Agent Information Option
    Length: 38
    Option 82 Suboption: (1) Agent Circuit ID
    Option 82 Suboption: (2) Agent Remote ID
    Option 82 Suboption: (5) Link selection (192.168.2.0)
        Length: 4
        Link selection: 192.168.2.0
```

- В поле Relay agent IP address будет вставлен IP-адрес интерфейса loopback2;
- DHCP-сервер может выдавать IP-адреса из различных пулов, используя подопцию 5 опции 82;
- Ответы от DHCP-сервера направляются на Leaf, с Relay-агента которого поступил запрос, благодаря уникальным адресам интерфейсов Loopback 2, которые используются в качестве Relay agent IP address в DHCP-запросах.

⚠ Сценарий 2. Host2 и Host3 находятся в разных сетях. Каждая клиентская сеть имеет подключение только к одному коммутатору Leaf. Соответственно IP-адреса всех Relay-агентов будут уникальные.

Интерфейсы в сторону хостов на Leaf выглядят следующим образом:

```
Leaf_2:

interface vlan 2000
 ip vrf VRF1
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 ip dhcp relay enable
 anycast-gateway
!

Leaf_3:

interface vlan 2000
 ip vrf VRF1
 ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
 ip dhcp relay enable
 anycast-gateway
!
```

При данном сценарии настройку Leaf можно упростить. Для корректной работы DHCP Relay достаточно следующих настроек в режиме глобальной конфигурации:

```
Leaf_2(config)#ip dhcp relay address 192.168.11.2 vrf VRF1
Leaf_2(config)#ip dhcp relay enable
```

Создание дополнительных Loopback-интерфейсов на Leaf не требуется.

На DHCP-сервере необходимо наличие маршрутов до клиентских сетей или наличие маршрута по умолчанию для возможности отправки ответов на DHCP-запросы.

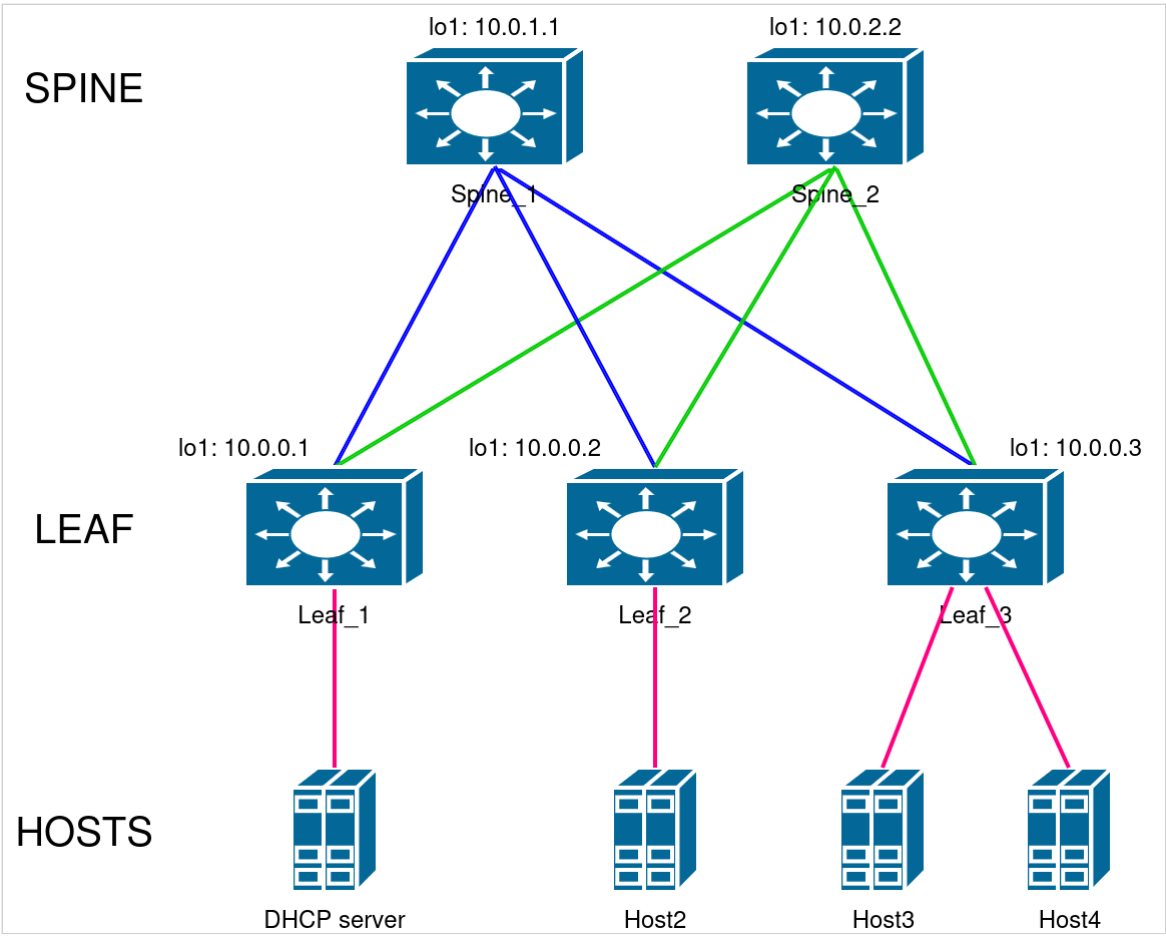
⚠ Пример настройки isc-dhcp-server для обработки подопции 5 в конце данного раздела.

Ожидаемое поведение

- DHCP запросы от Host2 и 3 будут перехватываться на Leaf DHCP Relay агентом;
- При этом в DHCP-пакетах в сторону сервера будет заменяться src ip и giaddr (Relay agent IP address) на адрес, настроенный на клиентских интерфейсах, откуда поступил DHCP-запрос. Для Leaf_2 это адрес 192.168.2.1, для Leaf_3 это 192.168.3.1;
- DHCP-сервер может выдавать IP-адреса из различных пулов согласно значению поля Relay agent IP address в DHCP-запросах.

⚠ Сценарий 3. Host2 и Host3 находятся в одной сети, но на разных Leaf. Host_4 находится в другой сети.

Схема



Для Host4 создан свой VXLAN. Интерфейс для сети Host4 так же должен находиться в VRF1:

```
vxlan test_vxlan4
 vni 102004
 vlan 2004
exit
!
interface vlan 2004
 ip vrf VRF1
 ip address 192.168.4.1 255.255.255.0
 ip dhcp relay enable
exit
!
```

Решением данной задачи будет являться настройка по сценарию 1.

Благодаря уникальным адресам интерфейсов Loopback 2, ответы от DHCP-сервера будут направляться на тот Leaf, с Relay-агента которого поступил запрос. А благодаря подопции 5 опции 82 будет возможность выдавать адреса из определенного пула.

Пример настройки isc-dhcp-server для обработки подопции 5

⚠ Данный пример приведен для случая, когда версия isc-dhcp-server не поддерживает автоматическое распознавание подопции 5 опции 82. В противном случае нет необходимости в настройках "class" и "allow members".

```
class "192.168.2.0" {
    match if binary-to-ascii (10, 8, ".", option agent.link-selection) = "192.168.2.0";
}

class "192.168.3.0" {
    match if binary-to-ascii (10, 8, ".", option agent.link-selection) = "192.168.3.0";
}

class "192.168.4.0" {
    match if binary-to-ascii (10, 8, ".", option agent.link-selection) = "192.168.4.0";
}

#------------For Leaf_2--------------------
subnet 192.168.2.0 netmask 255.255.255.0 {
 pool {
  allow members of "192.168.2.0";
  range 192.168.2.10 192.168.2.254;
  option subnet-mask 255.255.255.0;
  option routers 192.168.2.1;
  }
 }

#------------For Leaf_3--------------------
subnet 192.168.3.0 netmask 255.255.255.0 {
 pool {
  allow members of "192.168.3.0";
  range 192.168.3.10 192.168.3.254;
  option subnet-mask 255.255.255.0;
  option routers 192.168.3.1;
  }
 }

#------------For Leaf_3_2------------------
subnet 192.168.4.0 netmask 255.255.255.0 {
 pool {
  allow members of "192.168.4.0";
  range 192.168.4.10 192.168.4.254;
  option subnet-mask 255.255.255.0;
  option routers 192.168.4.1;
  }
 }
```

Классы позволяют осуществлять выборку по значению подопции 5 опции 82.

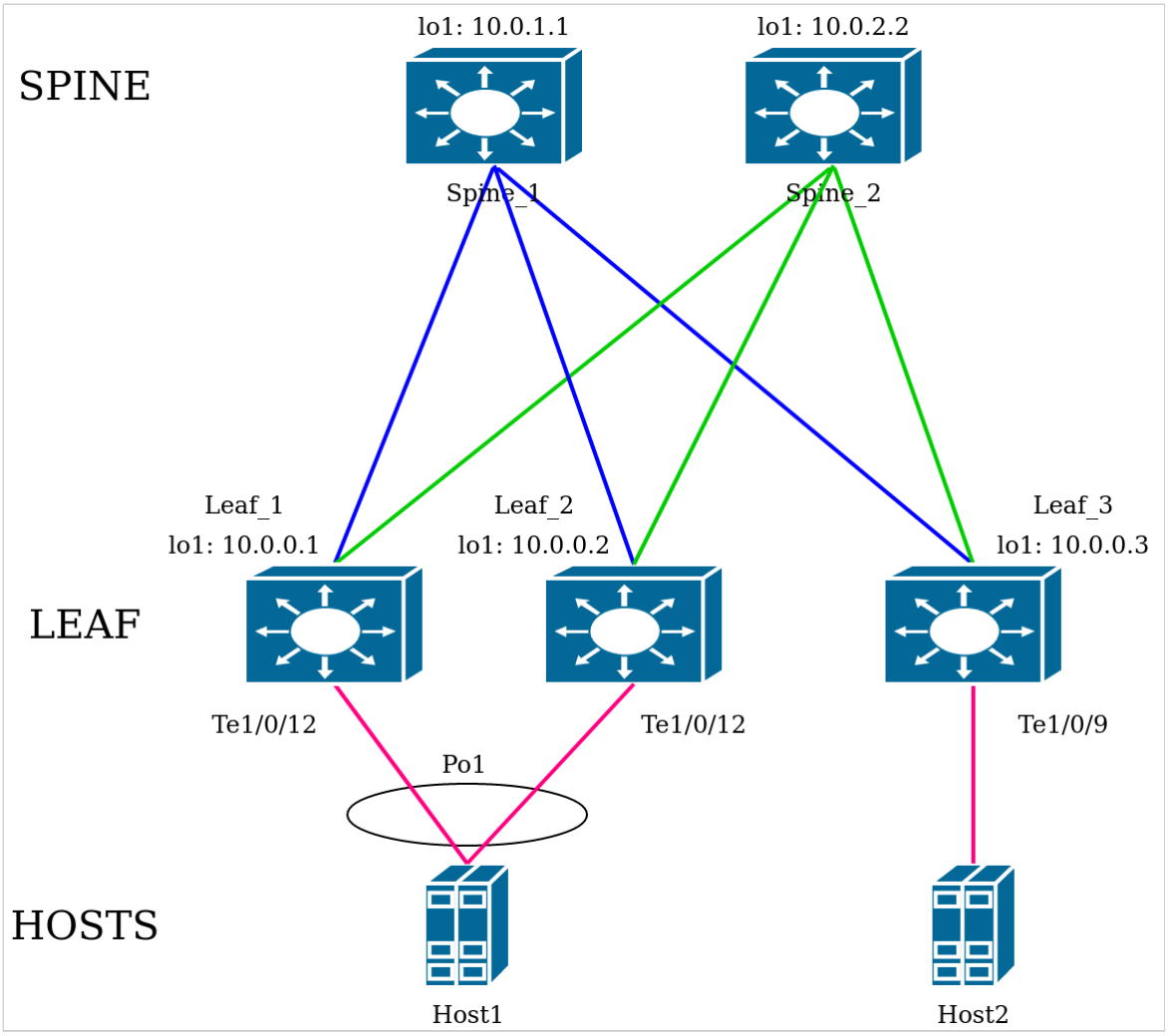
Условием выдачи адреса из определенного пула является принадлежность запроса определенному классу.

10.6 Ожидаемый результат

- L3VNI обеспечивает симметричную маршрутизацию между клиентскими сетями, размещенными на разных Leaf и в разных VXLAN;
- Функция anycast-gateway позволяет подменять MAC-адрес шлюза, создаваемого на устройствах Leaf;
- Есть возможность установить значение поля IP-v4 Gateway address в EVPN маршрутах типа 5;
- Функция DHCP Relay-агента позволяет перенаправлять DHCP-пакеты на сервер и обратно, добавляя к запросу необходимые опции.

11 EVPN multihoming

Используемая схема представлена ниже.



В качестве отправных конфигураций устройств в данном разделе используются конфигурации из приложения Конфигурации для multicast VXLAN.

> ⚠ Работу EVPN multihoming в данном разделе рассматриваем на примере multicast VXLAN, поскольку такой вариант является более ёмкий в плане настроек.
> Так же можно использовать и режим ingress replication. В таком случае настройки в части multicast не требуются.

Дополнительные настройки, необходимые для работы EVPN multihoming, описаны далее в данном разделе.

> ⚠ Для уменьшения времени сходимости топологии при multihomed-подключении к IP-фабрике рекомендуется использовать уменьшенные интервалы между отправкой update-сообщений протокола BGP на всех Leaf-коммутаторах.
> Настраиваются они в контексте конфигурации BGP-соседа.

Пример настройки BGP для Leaf_1:

```
Leaf_1(config)#router bgp 65500
Leaf_1(router-bgp)#neighbor 10.0.1.1
Leaf_1(router-bgp-nbr)#advertisement-interval 1 withdraw 1
Leaf_1(router-bgp-nbr)#exit
Leaf_1(router-bgp)#neighbor 10.0.2.2
Leaf_1(router-bgp-nbr)#advertisement-interval 1 withdraw 1
```

В приложении 1 есть полные конфигурации устройств, получаемые по окончании данного раздела.

⚠ Работа EVPN/VXLAN в связке с MLAG (VPC) не поддержана в текущей версии ПО.

11.1 Настройка EVPN multihoming

Host1 будет выступать в роли multihomed-клиента. Соединение с парой Leaf_1-2 осуществляется посредством port-channel с использованием LACP.

Выполним донастройку Leaf_1 и Leaf_2:

```
Leaf_1(config)#interface port-channel 1
Leaf_1(config-if)#description Host1_LAG
Leaf_1(config-if)#switchport mode trunk
Leaf_1(config-if)#switchport trunk allowed vlan add 2-5
Leaf_1(config-if)#ethernet-segment 1000
Leaf_1(config-es)#system-mac 11:22:33:44:55:66
Leaf_1(config-es)#exit
Leaf_1(config-if)#interface TenGigabitEthernet1/0/12
Leaf_1(config-if)#channel-group 1 mode auto
Leaf_1(config-if)#exit
```

Где:

- ethernet-segment 1000 — создает Ethernet-сегмент с номером 1000;
- system-mac 11:22:33:44:55:66 — задает MAC-адрес, используемый в качестве System ID протокола LACP.

Настройки Leaf_2 идентичны.

Следующие функции работают по умолчанию и не требуют дополнительных настроек.

- Фильтрация Split horizon BUM-трафика — исключает возможность возвращения BUM-трафика, вышедшего из Ethernet-сегмента в этот же сегмент через другие Leaf, имеющие соединение с этим сегментом;
- Designated forwarder — только устройство, выбранное DF, обладает правом отправлять BUM-трафик в Ethernet-сегмент;
- Local bias — если Ethernet-сегмент источника и Ethernet-сегмент назначения имеют соединение с одним и тем же Leaf, то трафик между ними не отправляется в сторону Spine;
- Fast convergence —VTEP отправляет сообщение BGP withdraw типа 1 при потере линка в Ethernet-сегменте. Механизм fast convergence позволяет удаленным VTEP удалить MAC-адреса, изученные на этом VTEP/ES при получении BGP withdraw типа 1.

11.2 Проверка настройки

⚠ Поскольку интерфейсы Po1 на коммутаторах Leaf настроены в режиме trunk, интерфейсы Host1 и Host2 также должны быть настроены в режиме trunk с указанием VLAN 2.

Со стороны Host1 необходимо проверить, что оба соединения с Leaf были добавлены в port-channel.

На Leaf аналогично можно проверить состояние настроенного port-channel:

```
Leaf_1#show interfaces Port-Channel1
Port-Channel1 is up (connected)
  Interface index is 1000
  Hardware is aggregated ethernet interface(s), MAC address is cc:9d:a2:53:d6:81
  Description: Host1_LAG
  Interface MTU is 9000
  Link is up for 0 days, 0 hours, 20 minutes and 13 seconds
    Link aggregation type is LACP
    No. of members in this port-channel: 1 (active 1)
      TenGigabitEthernet1/0/12, full-duplex, LACP active, 10000Mbps (active)
    Active bandwidth is 10000Mbps
  15 second input rate is 0 Kbit/s
  15 second output rate is 0 Kbit/s
      83 packets input, 7936 bytes received
      0 broadcasts, 83 multicasts
      0 input errors, 0 FCS
      0 oversize, 0 internal MAC
      0 pause frames received
      184 packets output, 45824 bytes sent
      101 broadcasts, 83 multicasts
      0 output errors, 0 collisions
      N/S excessive collisions, 0 late collisions
      0 pause frames transmitted
```

Проверим теперь состояние ethernet-segment:

```
Leaf_1#show evpn ethernet-segment

Interface Status     ES Number   Ethernet Segment ID (ESI)   Remote members
          admin/oper
--------- ---------- --------- ----------------------------- ---------------
   Po1      UP/UP      1000    03:11:22:33:44:55:66:00:03:e8    10.0.0.2
```

```
Leaf_1#show evpn ethernet-segment 03:11:22:33:44:55:66:00:03:e8 detailed

Ethernet Segment: Po1
  ESI: 03:11:22:33:44:55:66:00:03:e8
    ES number is 1000
    ES system MAC address is 11:22:33:44:55:66
  Administrative status is up
  Operational status is up

  All-Active multi-homing mode
  Route Distinguisher is 10.0.0.1:0 (auto-assigned)
  Route Target is 1122.3344.5566 (auto-assigned)
  Designated Forwarder election delay is 3 seconds
  Members:

    Router ID        Type
```

```
    ---------------- ------
    10.0.0.1         local
    10.0.0.2         remote

  Connected VXLANs:

    VNI      VLAN ID Designated Forwarder Name
    -------- ------- -------------------- --------------------------------
    102      2       10.0.0.1             mcast2
    103      3       10.0.0.2             mcast3
    104      4       10.0.0.1             mcast4
    105      5       10.0.0.2             mcast5
-------------------------------------------------------------------------
```

В выводе детальной информации можно увидеть настроенные ES number и ES system MAC address, а также сгенерированный на их основе ESI: 03:11:22:33:44:55:66:00:03:e8.

Кроме того, можно видеть информацию обо всех устройствах-членах Ethernet-сегмента. В данном случае о Router ID 10.0.0.1 и 10.0.0.2.

Выбор Designated Forwarder может отличаться для различных VXLAN, что можно видеть в таблице Connected VXLANs. Именно DF отвечает за отправку BUM-трафика в конкретный Ethernet-сегмент в пределах конкретной VLAN.

В таблице MAC-адресов Leaf_3 должен присутствовать MAC-адрес Host1 (вывод информации сокращен для наглядности примера):

```
Leaf_3#show mac address-table
Flags: I - Internal usage VLAN
Aging time is 300 sec

    Vlan          Mac Address         Interface       Type
------------ --------------------- --------------- ----------
     2         e0:d9:e3:a8:45:40      10.0.0.2     evpn-vxlan
                                      10.0.0.1
```

Где:

- e0:d9:e3:a8:45:40 — MAC-адрес Host1. В поле интерфейс указаны IP-адреса Leaf_1 и Leaf_2, что говорит о доступности этого MAC-адреса через два туннеля.

В выводе маршрутной информации BGP будут маршруты типа 2 с указанным ESI (вывод информации сокращен для наглядности примера):

```
Leaf_3#show ip bgp l2vpn evpn

BGP routing table information for VRF default
BGP table version is 60, local router ID is 10.0.0.3
Status codes: * - valid, > - best, i - internal
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network            Nexthop         Metric     LocPrf     Weight     Path

Route distinguisher: 10.0.0.2:2
*>i[2][03:11:22:33:44:55:66:00:03:e8][0][48][e0:d9:e3:a8:45:40][0][0.0.0.0]/216
                      10.0.0.2        0          100        0          ?

Route distinguisher: 10.0.0.2:2
* i[2][03:11:22:33:44:55:66:00:03:e8][0][48][e0:d9:e3:a8:45:40][0][0.0.0.0]/216
                      10.0.0.2        0          100        0          ?
```

Где:

- `[2]` — тип маршрута;
- `[03:11:22:33:44:55:66:00:03:e8]` — ESI (Ethernet segment identifier). Создается на основе настроенных номера Ethernet-сегмента и system mac;
- `[0]` — EthTag. В текущей версии ПО не используется;
- `[48]` — длина MAC-адреса;
- `[e0:d9:e3:a8:45:40]` — MAC-адрес Host1, изученный на удаленном VTEP;
- `[0]` — длина IP-адреса. В текущей версии ПО не используется;
- `[0.0.0.0]` — IP-адрес. В текущей версии ПО не используется;
- `216` — полная длина маршрута.

В качестве проверки работоспособности схемы с multihoming подключением можно использовать проверку IP-связности между Host1 и Host2. Для этого их IP-интерфейсы во VLAN 2 должны быть в одной подсети.

Поочередное отключение линков между Host1 и Leaf-ами не приведет к потере IP-связности.

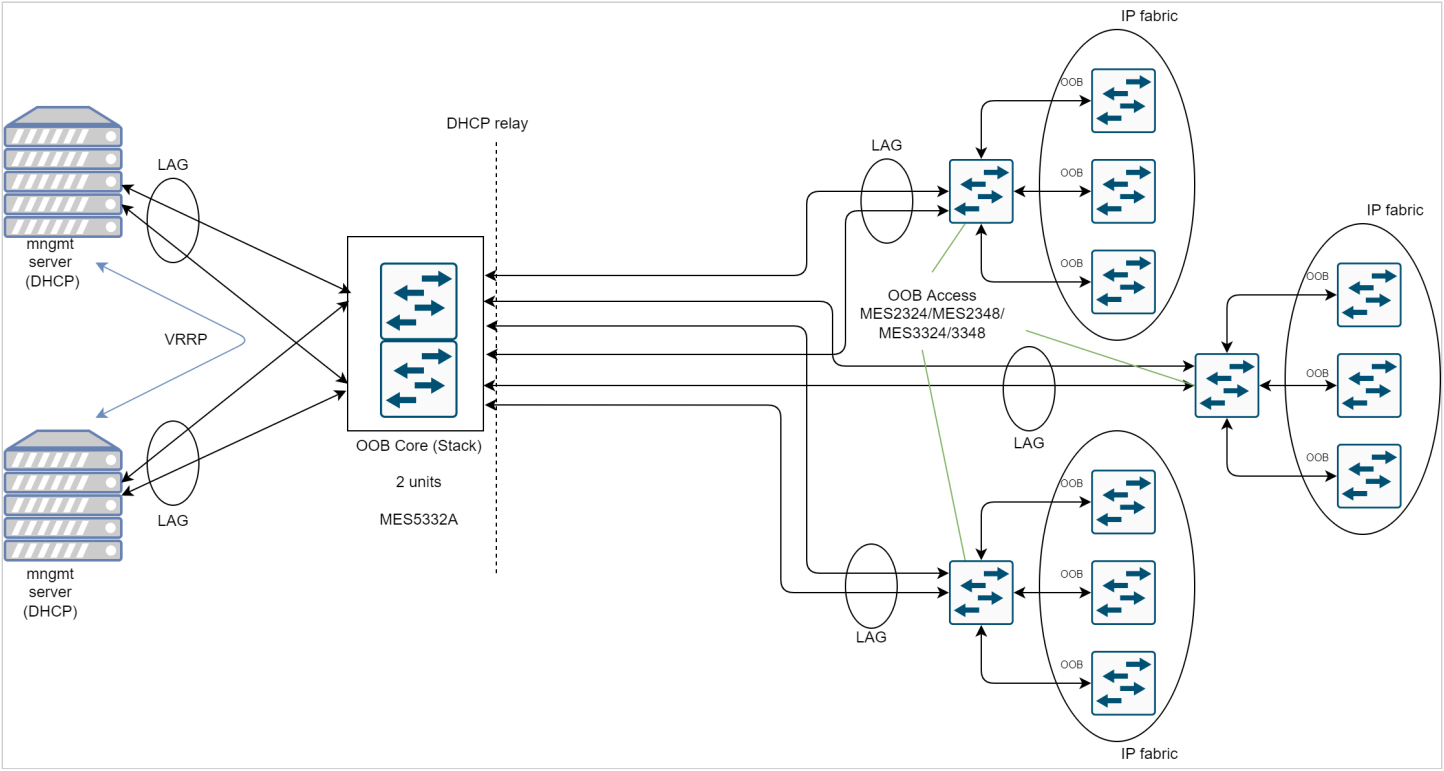
11.3 Ожидаемый результат

- Есть возможность подключения клиентского устройства посредством LAG к нескольким Leaf;
- Передача пользовательского трафика между multihomed и singlhomed-клиентами успешна;
- Благодаря различным механизмам фильтрации BUM-трафика не возникает петель при обмене данными с multihomed-клиентом.

12 Сеть управления

Подход out-of-band management (внеполосное управление) подразумевает передачу управляющей информации отдельно от передачи данных. Применимо к IP-фабрике это означает организацию сети, обеспечивающей доступ к OOB-интерфейсам всех её (фабрики) устройств и при этом не пересекающейся с самой сетью IP-фабрики. Такой подход позволяет обеспечить управление устройствами вне зависимости от состояния сети, передающей коммерческую информацию.

12.1 Схема сети OOB



⚠ Указанные на схеме модели устройств являются рекомендуемыми.

- OOB core — стек из коммутаторов агрегации, выполняющий функции маршрутизации и DHCP relay. Служит для подключения к сети управления коммутаторов OOB access посредством LAG для повышения отказоустойчивости.
- Коммутаторы OOB access выполняют роль коммутаторов доступа к сети управления, обеспечивая подключение к ней управляемых устройств (IP-фабрики) посредством OOB-интерфейсов.

Используемые в схеме протоколы и технологии:

- LAG (link aggregation group) — группы агрегации каналов. Каждая группа портов должна состоять из интерфейсов Ethernet с одинаковой скоростью, работающих в дуплексном режиме. Объединение портов в группу увеличивает пропускную способность канала между взаимодействующими устройствами и повышает отказоустойчивость. Группа портов является для коммутатора одним логическим портом.
- LACP (link aggregation control protocol) — позволяет объединять несколько физических каналов в один, таким образом создавая вышеописанную LAG.
- Протокол VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) — позволяет зарезервировать шлюз по умолчанию, который используют все устройства IP-фабрики для обмена информацией с системой управления, мониторинга, синхронизации времени и т.д.
- DHCP Relay агент. Задачей DHCP Relay агента является передача DHCP-пакетов от клиента к серверу и обратно в случае, если DHCP-сервер находится в одной сети, а клиент — в другой.

Другой функцией является добавление дополнительных опций в DHCP-запросы клиента (например, опции 82).

- Stack — коммутаторы OOB core объединены в стек. Стекирование позволяет им функционировать как единое устройство, тем самым повышая отказоустойчивость и облегчая управление. Рекомендуется использовать кольцевую топологию для повышения отказоустойчивости стека.

12.2 Конфигурации устройств

12.2.1 OOB core

```
no spanning-tree
!
vlan database
vlan 2,111
exit
!
ip dhcp relay address 192.168.11.1
ip dhcp relay enable
ip dhcp snooping
ip dhcp snooping vlan 2
!
hostname OOB_Core
!
interface TenGigabitEthernet1/0/1
channel-group 1 mode auto
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2
channel-group 2 mode auto
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/3
channel-group 3 mode auto
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
description Server
switchport access vlan 111
exit
!
interface TenGigabitEthernet2/0/1
channel-group 1 mode auto
exit
!
interface TenGigabitEthernet2/0/2
channel-group 2 mode auto
exit
!
interface TenGigabitEthernet2/0/3
channel-group 3 mode auto
exit
!
interface TenGigabitEthernet2/0/11
description Server
switchport access vlan 111
exit
!
interface Port-Channel1
description OOB_access_1
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan add 2
switchport forbidden default-vlan
exit
```

```
!
interface Port-Channel2
description OOB_access_2
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan add 2
switchport forbidden default-vlan
exit
!
interface Port-Channel3
description OOB_access_3
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan add 2
switchport forbidden default-vlan
exit
!
interface vlan 1
shutdown
exit
!
interface vlan 2
ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
ip dhcp relay enable
exit
!
interface vlan 111
ip address 192.168.11.10 255.255.255.0
exit
!
!
end
```

12.2.2 OOB access

```
no spanning-tree
!
vlan database
vlan 2
exit
!
hostname OOB_Access_1
!
interface gigabitethernet1/0/1
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/2
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/3
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/4
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/5
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/6
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/7
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/8
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/9
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/10
description OOB
switchport access vlan 2
```

```
exit
!
interface gigabitethernet1/0/11
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/12
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/13
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/14
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/15
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/16
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/17
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/18
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/19
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/20
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/21
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/22
description OOB
switchport access vlan 2
```

```
exit
!
interface gigabitethernet1/0/23
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/24
description OOB
switchport access vlan 2
exit
!
interface tengigabitethernet1/0/1
channel-group 1 mode auto
exit
!
interface tengigabitethernet1/0/2
channel-group 1 mode auto
exit
!
interface Port-channel1
description OOB_Core
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan add 2
switchport forbidden default-vlan
exit
!
interface vlan 1
shutdown
exit
!
!
end
```

13 Приложение 1

В приложении содержатся полные конфигурации устройств, используемые в данном руководстве.

13.1 Конфигурации с использованием протокола IS-IS

13.1.1 Spine_1

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_1
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
description Leaf_1
ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
description Leaf_2
ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
description Leaf_3
ip address 172.16.3.2 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface loopback1
ip address 10.0.1.1 255.255.255.255
exit
!
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.1.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
```

```
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
router isis
address-family ipv4 unicast
redistribute connected
exit
net 49.0001.1111.1111.1111.00
exit
!
!
end
```

13.1.2 Spine_2

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_2
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
description Leaf_1
ip address 172.16.1.6 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
description Leaf_2
ip address 172.16.2.6 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
description Leaf_3
ip address 172.16.3.6 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface loopback1
ip address 10.0.2.2 255.255.255.255
exit
!
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.2.2
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
```

```
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
router isis
address-family ipv4 unicast
redistribute connected
exit
net 49.0001.2222.2222.2222.00
exit
!
!
end
```

13.1.3 Leaf_1

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_1
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host1
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
 ip router isis
 isis network point-to-point
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
 ip router isis
 isis network point-to-point
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
exit
!
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
```

```
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
router isis
 address-family ipv4 unicast
  redistribute connected
 exit
 net 49.0001.0001.0001.0001.00
exit
!
!
end
```

13.1.4 Leaf_2

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_2
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.2.1 255.255.255.252
 ip router isis
 isis network point-to-point
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.2.5 255.255.255.252
 ip router isis
 isis network point-to-point
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.2 255.255.255.255
exit
!
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.2
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
```

```
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
router isis
 address-family ipv4 unicast
  redistribute connected
 exit
 net 49.0001.0002.0002.0002.00
exit
!
!
end
```

13.1.5 Leaf_3

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_3
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host1
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
 ip router isis
 isis network point-to-point
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
 ip router isis
 isis network point-to-point
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.3 255.255.255.255
exit
!
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.3
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
```

```
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
router isis
 address-family ipv4 unicast
  redistribute connected
 exit
 net 49.0001.0003.0003.0003.00
exit
!
!
end
```

13.2 Конфигурации с использованием протокола OSPF

13.2.1 Spine_1

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_1
!
line console
 exec-timeout 0
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Leaf_1
 ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Leaf_2
 ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
 description Leaf_3
 ip address 172.16.3.2 255.255.255.252
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.1.1 255.255.255.255
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.2 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.2 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.2 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.1.1
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
```

```
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.1.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.2.2 Spine_2

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_2
!
line console
 exec-timeout 0
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Leaf_1
 ip address 172.16.1.6 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Leaf_2
 ip address 172.16.2.6 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
 description Leaf_3
 ip address 172.16.3.6 255.255.255.252
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.2.2 255.255.255.255
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.6 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.6 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.6 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.2.2
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.2.2
 address-family ipv4 unicast
```

```
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.2.3 Leaf_1

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_1
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host1
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.1.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.1
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.1.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.1
```

```
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.2.4 Leaf_2

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_2
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.2.1 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.2.5 255.255.255.252
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.2 255.255.255.255
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.2.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.2
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.2.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.2
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
```

```
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.2.5 Leaf_3

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_3
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host2
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.3 255.255.255.255
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.3.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.3
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.3.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.3
```

```
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.3 Конфигурации для multicast VXLAN

13.3.1 Spine_1

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_1
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Leaf_1
 ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Leaf_2
 ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
 description Leaf_3
 ip address 172.16.3.2 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.1.1 255.255.255.255
exit
!
interface loopback2
 ip address 10.100.100.100 255.255.255.255
 description Anycast_RP_IP
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.2 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.2 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.2 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.1.1
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
```

```
interface ip 172.16.3.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.1.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
router msdp
 connect-source 10.0.1.1
 originator-ip 10.100.100.100
 !
 peer 10.0.2.2
  mesh-group TESTGR
 exit
exit
```

```
!
end
```

13.3.2 Spine_2

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_2
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Leaf_1
 ip address 172.16.1.6 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Leaf_2
 ip address 172.16.2.6 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
 description Leaf_3
 ip address 172.16.3.6 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.2.2 255.255.255.255
exit
!
interface loopback2
 ip address 10.100.100.100 255.255.255.255
 description Anycast_RP_IP
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.6 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.6 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.6 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.2.2
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.6
 ip ospf network point-to-point
exit
```

```
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.2.2
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
router msdp
 connect-source 10.0.2.2
 originator-ip 10.100.100.100
 !
 peer 10.0.1.1
  mesh-group TESTGR
 exit
exit
!
end
```

13.3.3 Leaf_1

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 2-5,1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
vxlan mcast2
 vni 102
 vlan 2
 mcast-group 233.0.0.2
exit
!
vxlan mcast3
 vni 103
 vlan 3
 mcast-group 233.0.0.3
exit
!
vxlan mcast4
 vni 104
 vlan 4
 mcast-group 233.0.0.4
exit
!
vxlan mcast5
 vni 105
 vlan 5
 mcast-group 233.0.0.5
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_1
!
interface TenGigabitEthernet1/0/9
 description Host1_mcast
 switchport mode trunk
 switchport trunk allowed vlan add 2-5
 switchport forbidden default-vlan
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host1
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
```

```
 ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
 ip pim
 ip igmp static-group 233.0.0.2
 ip igmp static-group 233.0.0.3
 ip igmp static-group 233.0.0.4
 ip igmp static-group 233.0.0.5
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.1.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.1
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.1.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
```

```
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
ip multicast multipath group-paths-num
!
end
```

13.3.4 Leaf_2

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 2-5,1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
vxlan mcast2
 vni 102
 vlan 2
 mcast-group 233.0.0.2
exit
!
vxlan mcast3
 vni 103
 vlan 3
 mcast-group 233.0.0.3
exit
!
vxlan mcast4
 vni 104
 vlan 4
 mcast-group 233.0.0.4
exit
!
vxlan mcast5
 vni 105
 vlan 5
 mcast-group 233.0.0.5
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_2
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.2.1 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.2.5 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.2 255.255.255.255
```

```
 ip pim
 ip igmp static-group 233.0.0.2
 ip igmp static-group 233.0.0.3
 ip igmp static-group 233.0.0.4
 ip igmp static-group 233.0.0.5
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.2.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.2
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.2.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.2
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
```

```
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
ip multicast multipath group-paths-num
!
end
```

13.3.5 Leaf_3

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 2-5,1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
vxlan mcast2
 vni 102
 vlan 2
 mcast-group 233.0.0.2
exit
!
vxlan mcast3
 vni 103
 vlan 3
 mcast-group 233.0.0.3
exit
!
vxlan mcast4
 vni 104
 vlan 4
 mcast-group 233.0.0.4
exit
!
vxlan mcast5
 vni 105
 vlan 5
 mcast-group 233.0.0.5
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_3
!
interface TenGigabitEthernet1/0/9
 description Host2_mcast
 switchport mode trunk
 switchport trunk allowed vlan add 2-5
 switchport forbidden default-vlan
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host2
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
```

```
 ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.3 255.255.255.255
 ip pim
 ip igmp static-group 233.0.0.2
 ip igmp static-group 233.0.0.3
 ip igmp static-group 233.0.0.4
 ip igmp static-group 233.0.0.5
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.3.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.3
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.3.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.3
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
```

```
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
ip multicast multipath group-paths-num
!
end
```

13.4 Конфигурации для Symmetric IRB

13.4.1 Spine_1

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_1
!
line console
 exec-timeout 0
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Leaf_1
 ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Leaf_2
 ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
 description Leaf_3
 ip address 172.16.3.2 255.255.255.252
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.1.1 255.255.255.255
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.2 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.2 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.2 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.1.1
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
```

```
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.1.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.4.2 Spine_2

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_2
!
line console
 exec-timeout 0
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Leaf_1
 ip address 172.16.1.6 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Leaf_2
 ip address 172.16.2.6 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
 description Leaf_3
 ip address 172.16.3.6 255.255.255.252
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.2.2 255.255.255.255
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.6 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.6 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.6 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.2.2
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.2.2
 address-family ipv4 unicast
```

```
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.4.3 Leaf_1

```
ip vrf VRF1
 vni 100100
 route-target both 65500:100100
exit
!
!
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 100,1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan L3_vxlan
 vni 100100 ip-routing
 vlan 100
exit
!
vxlan test_vxlan1
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_1
!
line console
 exec-timeout 0
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host1
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
exit
!
interface vlan 100
 ip vrf VRF1
exit
!
interface vlan 1000
 ip vrf VRF1
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
exit
```

```
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
exit
!
!
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.1.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.1
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.1.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 vrf VRF1
  address-family ipv4 unicast
   redistribute connected
  exit
```

```
 exit
exit
!
!
end
```

13.4.4 Leaf_2

```
ip vrf VRF1
 vni 100100
 route-target both 65500:100100
exit
!
!
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 100,2000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan L3_vxlan
 vni 100100 ip-routing
 vlan 100
exit
!
vxlan test_vxlan2
 vni 102000
 vlan 2000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
anycast-gateway mac-address 00:00:00:11:11:11
!
hostname Leaf_2
!
line console
 exec-timeout 0
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host2
 switchport access vlan 2000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.2.1 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.2.5 255.255.255.252
exit
!
interface vlan 100
 ip vrf VRF1
exit
!
interface vlan 2000
 ip vrf VRF1
```

```
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 anycast-gateway
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.2 255.255.255.255
exit
!
!
!
!
router ospf 1
 network 172.16.2.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.2
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.2.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.2
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 vrf VRF1
```

```
  address-family ipv4 unicast
   redistribute connected
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.4.5 Leaf_3

```
ip vrf VRF1
 vni 100100
 route-target both 65500:100100
exit
!
!
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 100,2000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan L3_vxlan
 vni 100100 ip-routing
 vlan 100
exit
!
vxlan test_vxlan2
 vni 102000
 vlan 2000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
anycast-gateway mac-address 00:00:00:11:11:11
!
hostname Leaf_3
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host3
 switchport access vlan 2000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
exit
!
interface vlan 100
 ip vrf VRF1
exit
!
interface vlan 2000
 ip vrf VRF1
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 anycast-gateway
exit
!
```

```
interface loopback1
 ip address 10.0.0.3 255.255.255.255
exit
!
!
!
!
router ospf 1
 network 172.16.3.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.3
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.3.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.3
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 vrf VRF1
  address-family ipv4 unicast
   redistribute connected
  exit
 exit
```

```
exit
!
!
end
```

13.4.6 Leaf_3 + OSPF

```
ip vrf VRF1
 vni 100100
 route-target both 65500:100100
exit
!
!
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 100,2000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan L3_vxlan
 vni 100100 ip-routing
 vlan 100
exit
!
vxlan test_vxlan2
 vni 102000
 vlan 2000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_3
!
line console
 exec-timeout 0
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host3
 switchport access vlan 2000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
exit
!
interface vlan 100
 ip vrf VRF1
exit
!
interface vlan 2000
 ip vrf VRF1
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
exit
```

```
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.3 255.255.255.255
exit
!
!
!
!
router ospf 1
 network 172.16.3.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.3
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
router ospf 2 vrf VRF1
 network 192.168.2.1 area 10.10.10.10
 router-id 192.168.2.1
 redistribute bgp subnets
exit
!
interface ip 172.16.3.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.3
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
```

```
 exit
 !
 vrf VRF1
  address-family ipv4 unicast
   redistribute connected
   redistribute ospf 2 match internal
   redistribute ospf 2 match external-1
   redistribute ospf 2 match external-2
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.4.7 Leaf_3 + eBGP

```
ip vrf VRF1
 vni 100100
 route-target both 65500:100100
exit
!
!
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 100,2000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan L3_vxlan
 vni 100100 ip-routing
 vlan 100
exit
!
vxlan test_vxlan2
 vni 102000
 vlan 2000
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_3
!
line console
 exec-timeout 0
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host3
 switchport access vlan 2000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
exit
!
interface vlan 100
 ip vrf VRF1
exit
!
interface vlan 2000
 ip vrf VRF1
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
exit
```

```
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.3 255.255.255.255
exit
!
!
!
!
router ospf 1
 network 172.16.3.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.3
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.3.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.3
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.2.2
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 vrf VRF1
  address-family ipv4 unicast
   redistribute connected
   redistribute bgp
```

```
  exit
  !
  neighbor 192.168.2.2
   remote-as 65600
   address-family ipv4 unicast
   exit
  exit
 exit
exit
!
!
end
```

13.5 Конфигурации для EVPN multihoming

13.5.1 Spine_1

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_1
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Leaf_1
 ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Leaf_2
 ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
 description Leaf_3
 ip address 172.16.3.2 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.1.1 255.255.255.255
exit
!
interface loopback2
 ip address 10.100.100.100 255.255.255.255
 description Anycast_RP_IP
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.2 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.2 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.2 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.1.1
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
```

```
interface ip 172.16.3.2
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.1.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
router msdp
 connect-source 10.0.1.1
 originator-ip 10.100.100.100
 !
 peer 10.0.2.2
  mesh-group TESTGR
 exit
exit
```

```
!
end
```

13.5.2 Spine_2

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_2
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Leaf_1
 ip address 172.16.1.6 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Leaf_2
 ip address 172.16.2.6 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/3
 description Leaf_3
 ip address 172.16.3.6 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.2.2 255.255.255.255
exit
!
interface loopback2
 ip address 10.100.100.100 255.255.255.255
 description Anycast_RP_IP
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.6 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.6 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.6 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.2.2
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
```

```
interface ip 172.16.3.6
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.2.2
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group LEAF_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
  route-reflector-client
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.1
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.2
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
 neighbor 10.0.0.3
  peer-group LEAF_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
router msdp
 connect-source 10.0.2.2
 originator-ip 10.100.100.100
 !
 peer 10.0.1.1
  mesh-group TESTGR
 exit
exit
```

```
!
end
```

13.5.3 Leaf_1

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 2-5,1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
vxlan mcast2
 vni 102
 vlan 2
 mcast-group 233.0.0.2
exit
!
vxlan mcast3
 vni 103
 vlan 3
 mcast-group 233.0.0.3
exit
!
vxlan mcast4
 vni 104
 vlan 4
 mcast-group 233.0.0.4
exit
!
vxlan mcast5
 vni 105
 vlan 5
 mcast-group 233.0.0.5
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_1
!
interface TenGigabitEthernet1/0/9
 description Host1_mcast
 switchport mode trunk
 switchport trunk allowed vlan add 2-5
 switchport forbidden default-vlan
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host1
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/12
 channel-group 1 mode auto
```

```
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface Port-Channel1
 description Host1_LAG
 switchport mode trunk
 switchport trunk allowed vlan add 2-5
 ethernet-segment 1000
  system-mac 11:22:33:44:55:66
 exit
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
 ip pim
 ip igmp static-group 233.0.0.2
 ip igmp static-group 233.0.0.3
 ip igmp static-group 233.0.0.4
 ip igmp static-group 233.0.0.5
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.1.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.1.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.1
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.1.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.1.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.1
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
```

```
   fall-over bfd
  exit
  !
  neighbor 10.0.1.1
   advertisement-interval 1 withdraw 1
   peer-group SPINE_GROUP
   address-family ipv4 unicast
   exit
   !
   address-family l2vpn evpn
   exit
  exit
  !
  neighbor 10.0.2.2
   advertisement-interval 1 withdraw 1
   peer-group SPINE_GROUP
   address-family ipv4 unicast
   exit
   !
   address-family l2vpn evpn
   exit
  exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
ip multicast multipath group-paths-num
!
end
```

13.5.4 Leaf_2

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 2-5,1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
vxlan mcast2
 vni 102
 vlan 2
 mcast-group 233.0.0.2
exit
!
vxlan mcast3
 vni 103
 vlan 3
 mcast-group 233.0.0.3
exit
!
vxlan mcast4
 vni 104
 vlan 4
 mcast-group 233.0.0.4
exit
!
vxlan mcast5
 vni 105
 vlan 5
 mcast-group 233.0.0.5
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_2
!
interface TenGigabitEthernet1/0/12
 channel-group 1 mode auto
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
 ip address 172.16.2.1 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.2.5 255.255.255.252
 ip pim
```

```
exit
!
interface Port-Channel1
 description Host1_LAG
 switchport mode trunk
 switchport trunk allowed vlan add 2-5
 ethernet-segment 1000
  system-mac 11:22:33:44:55:66
 exit
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.2 255.255.255.255
 ip pim
 ip igmp static-group 233.0.0.2
 ip igmp static-group 233.0.0.3
 ip igmp static-group 233.0.0.4
 ip igmp static-group 233.0.0.5
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.2.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.2.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.2
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.2.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.2.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.2
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  advertisement-interval 1 withdraw 1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
```

```
 !
 neighbor 10.0.2.2
  advertisement-interval 1 withdraw 1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
ip multicast multipath group-paths-num
!
end
```

13.5.5 Leaf_3

```
no spanning-tree
!
vlan database
 vlan 2-5,1000
exit
!
port jumbo-frame
!
vxlan test_vxlan
 vni 101000
 vlan 1000
exit
!
vxlan mcast2
 vni 102
 vlan 2
 mcast-group 233.0.0.2
exit
!
vxlan mcast3
 vni 103
 vlan 3
 mcast-group 233.0.0.3
exit
!
vxlan mcast4
 vni 104
 vlan 4
 mcast-group 233.0.0.4
exit
!
vxlan mcast5
 vni 105
 vlan 5
 mcast-group 233.0.0.5
exit
!
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Leaf_3
!
interface TenGigabitEthernet1/0/9
 description Host2_mcast
 switchport mode trunk
 switchport trunk allowed vlan add 2-5
 switchport forbidden default-vlan
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
 description Host2
 switchport access vlan 1000
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/1
 description Spine_1
```

```
 ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface HundredGigabitEthernet1/0/2
 description Spine_2
 ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
 ip pim
exit
!
interface loopback1
 ip address 10.0.0.3 255.255.255.255
 ip pim
 ip igmp static-group 233.0.0.2
 ip igmp static-group 233.0.0.3
 ip igmp static-group 233.0.0.4
 ip igmp static-group 233.0.0.5
exit
!
!
router ospf 1
 network 172.16.3.1 area 0.0.0.0
 network 172.16.3.5 area 0.0.0.0
 router-id 10.0.0.3
 timers spf delay 0
 redistribute connected subnets
exit
!
interface ip 172.16.3.1
 ip ospf network point-to-point
exit
!
interface ip 172.16.3.5
 ip ospf network point-to-point
exit
!
router bgp 65500
 bgp router-id 10.0.0.3
 address-family ipv4 unicast
 exit
 !
 address-family l2vpn evpn
 exit
 !
 peer-group SPINE_GROUP
  remote-as 65500
  update-source loopback 1
  fall-over bfd
 exit
 !
 neighbor 10.0.1.1
  advertisement-interval 1 withdraw 1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
 !
```

```
 neighbor 10.0.2.2
  advertisement-interval 1 withdraw 1
  peer-group SPINE_GROUP
  address-family ipv4 unicast
  exit
  !
  address-family l2vpn evpn
  exit
 exit
exit
!
!
ip multicast-routing pim
!
ip pim rp-address 10.100.100.100
!
ip multicast multipath group-paths-num
!
end
```

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Для получения технической консультации по вопросам эксплуатации оборудования ТОО «ЭлтексАлатау» Вы можете обратиться в Сервисный центр компании:

050032, Республика Казахстан, г. Алматы, мкр-н. Алатау, ул. Ибрагимова 9
Телефон:
+7(727) 339-76-10

E-mail: post@eltexalatau.kz

На официальном сайте компании Вы можете найти техническую документацию и программное обеспечение для продукции ТОО «ЭлтексАлатау», обратиться к базе знаний, проконсультироваться у инженеров Сервисного центра на техническом форуме.

Официальный сайт компании: http://eltexalatau.kz

Услуги технической поддержки оказываются посредством обращения на портал технической поддержки по адресу: https://helpdesk.eltexalatau.kz/

Логин и пароль необходимо запросить у менеджера в отделе продаж через почту post@eltexalatau.kz или по телефону +7 701 467 3649