



Design guide для построения IP-фабрики на коммутаторах Eltex

1	Цель.....	3
2	Используемые термины и сокращения	4
3	Архитектура Spine-Leaf.....	5
4	Установка лицензий.....	7
5	Настройка underlay с использованием протокола IS-IS.....	8
5.1	Настройка Spine	9
5.2	Настройка Leaf	12
5.3	Проверка настроек underlay	15
5.4	Ожидаемый результат	16
6	Настройка underlay с использованием протокола OSPF	17
6.1	Настройка Spine	17
6.2	Настройка Leaf	21
6.3	Проверка настроек underlay	23
6.4	Ожидаемый результат	25
7	Настройка overlay.....	26
7.1	Настройка VXLAN.....	26
7.2	Проверка настройки VXLAN	27
7.3	Ожидаемый результат	30
8	Сеть управления	31
8.1	Схема сети OOB.....	31
8.2	Конфигурации устройств	32
9	Приложение 1	37
9.1	Конфигурации с использованием протокола IS-IS	37
9.2	Конфигурации с использованием протокола OSPF	45

1 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 использование оборудования производства Eltex.

2 Используемые термины и сокращения

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.

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.

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

Leaf — устройство уровня доступа в IP-фабрике.

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

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

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

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

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

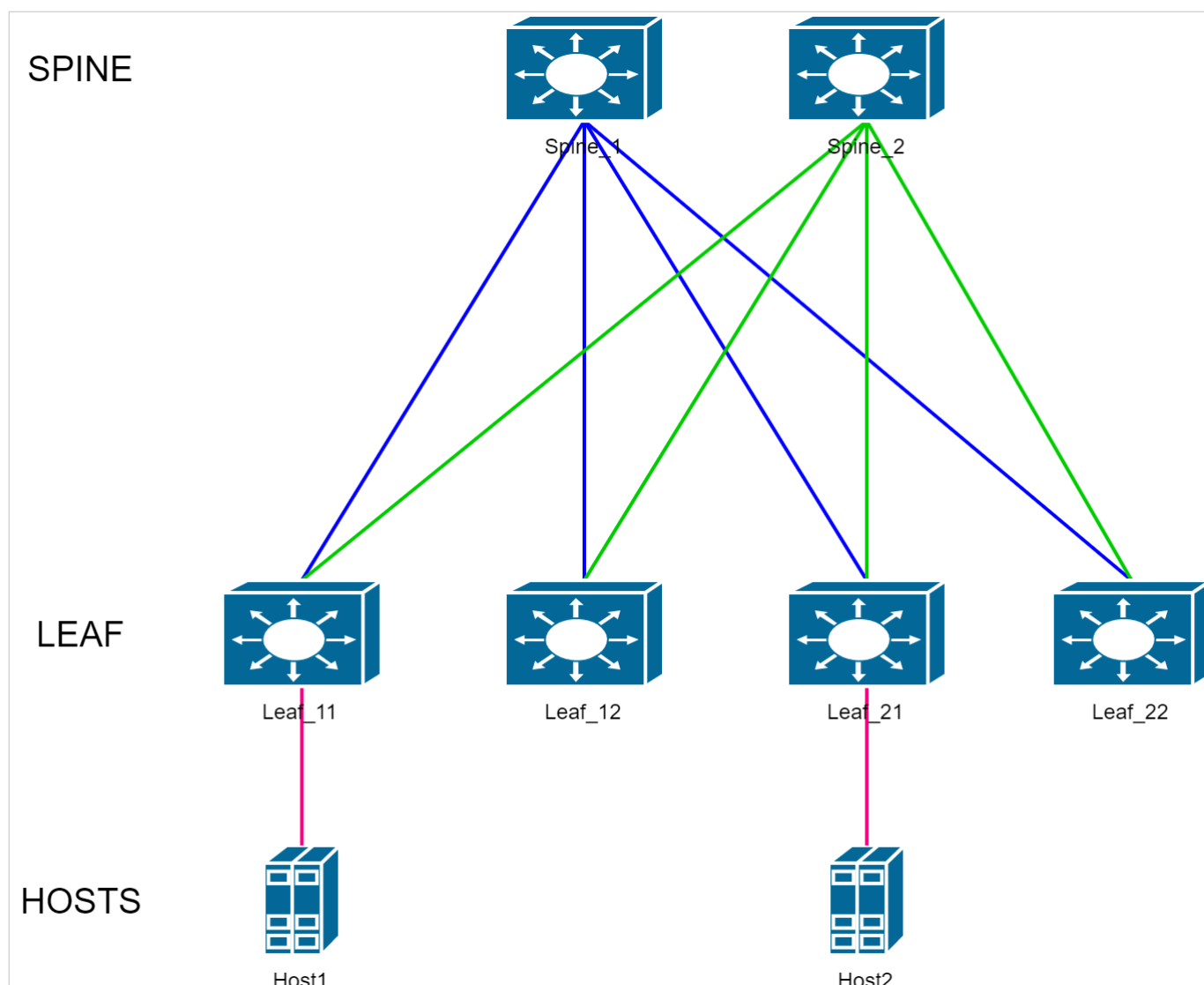
VNI (Virtual Network Index) — идентификатор сети в рамках VXLAN. Имеет длину 24 бита.

VTEP (Virtual 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.

3 Архитектура Spine-Leaf

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

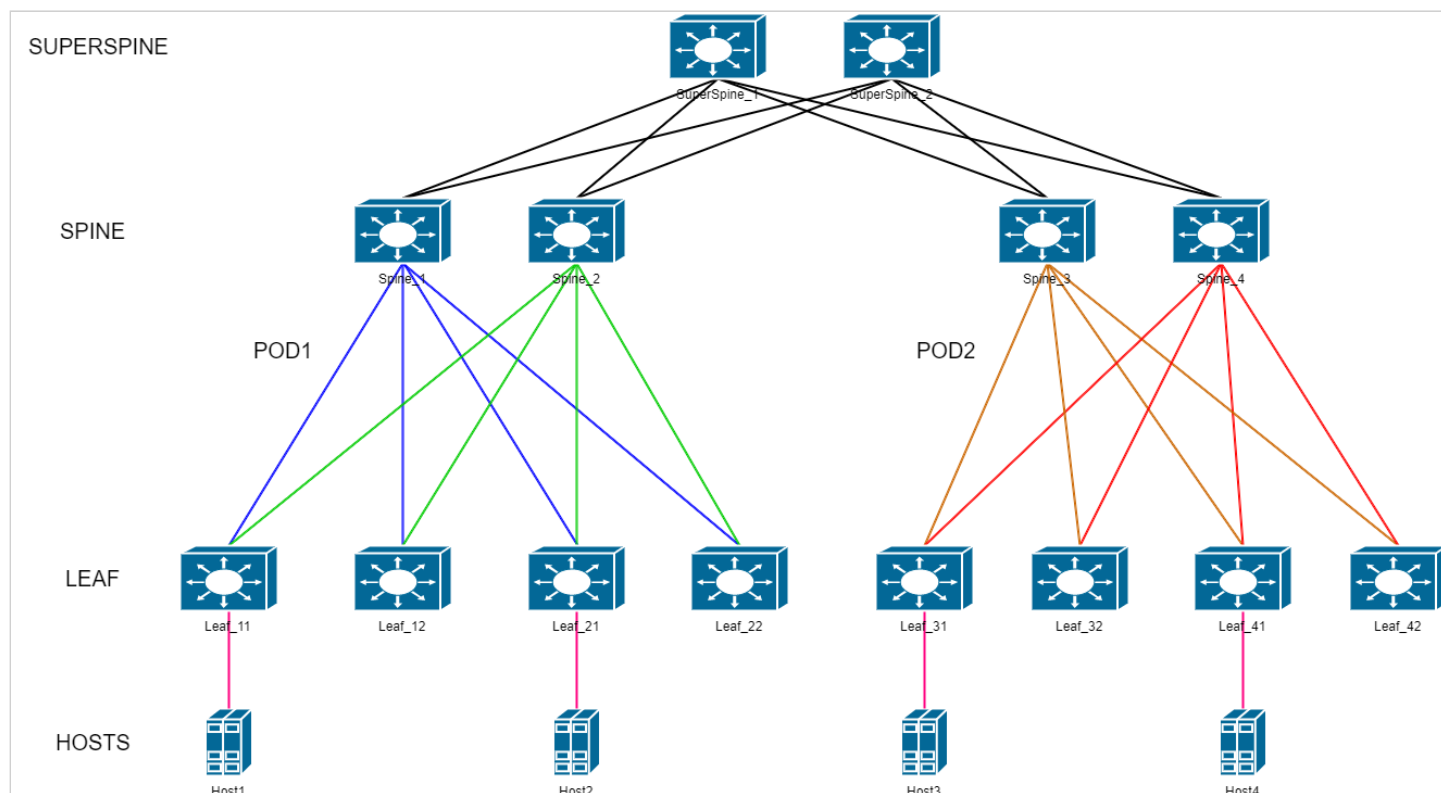


Второе название данной топологии — это Folded Clos, сложенная пополам сеть Клоза.

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'ы (см. [Используемые термины и сокращения](#)) и дополнительный уровень коммутации — SuperSpine или Spine'ы второго уровня. Данная IP-фабрика состоит из двух POD'ов. На схеме видно, что POD'ы обособлены друг от друга — у спайнов первого уровня (на схеме это устройства Spine_1-4) есть соединения только с определенной группой Leaf-Leaf-ами своего POD'а. Связь между POD'ами осуществляется через Spine'ы 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.

4 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:

      Feature          Licenses  Licenses
      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:

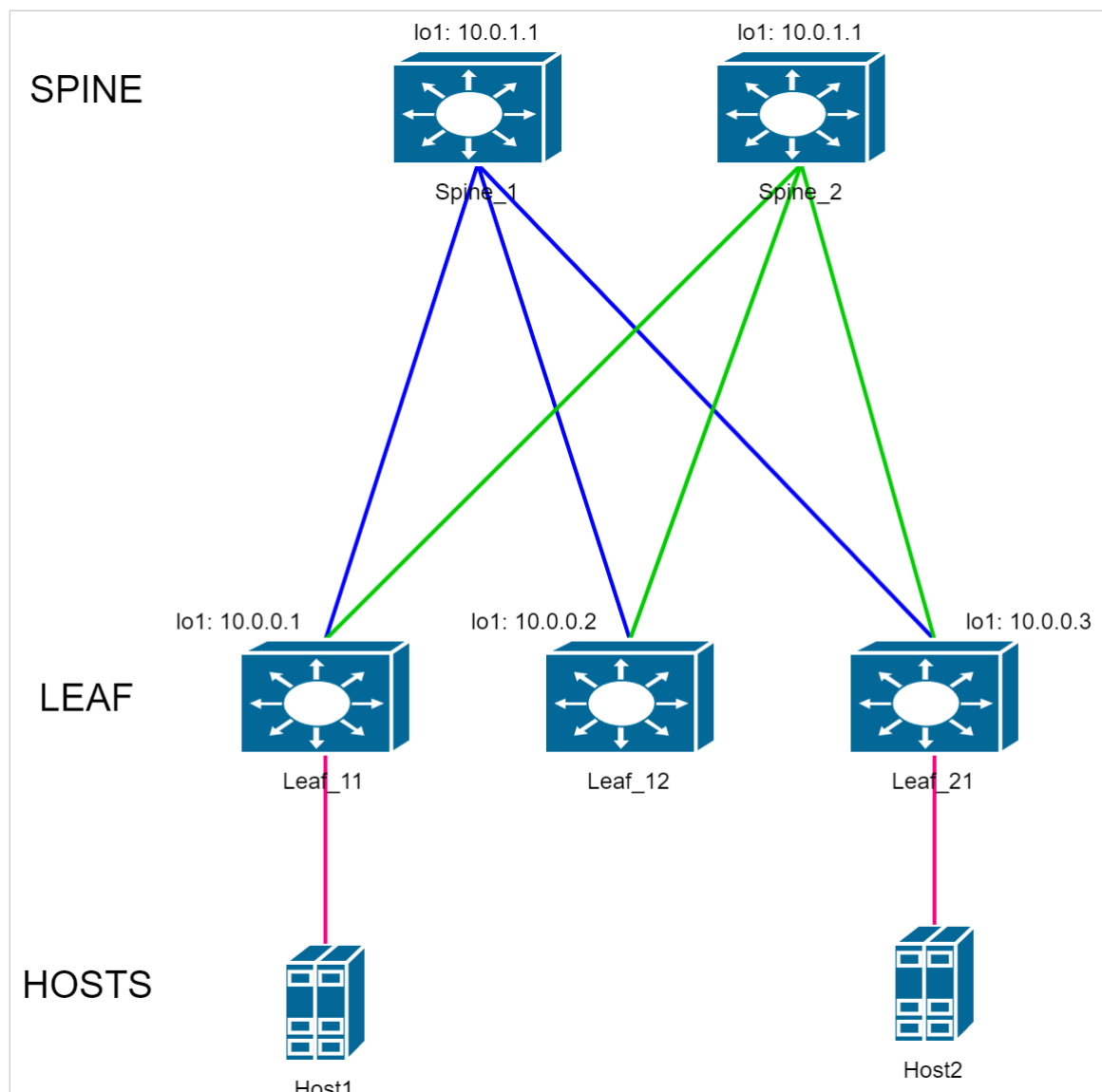
      Feature          Licenses  Licenses
      installed used      Active
-----
BGP          1          1          Yes
EVPN         1          1          Yes

Licenses installed:

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

5 Настройка underlay с использованием протокола IS-IS

Ниже представлен примера варианта схемы для практической части.



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

Адреса loopback-интерфейсов (обозначены на схеме):

Spine1: 10.0.1.1

Spine2: 10.0.2.2

Leaf11: 10.0.0.1

Leaf12: 10.0.0.2

Leaf21: 10.0.0.3

Линковочные сети:

Spine1-Leaf11: 172.16.1.0/30

Spine1-Leaf12: 172.16.2.0/30

Spine1-Leaf21: 172.16.3.0/30

Spine2-Leaf11: 172.16.1.4/30

Spine2-Leaf12: 172.16.2.4/30

Spine2-Leaf21: 172.16.3.4/30

5.1 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 TenGigabitEthernet1/0/1
Spine_1(config-if)# description Leaf_11
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 TenGigabitEthernet1/0/2
Spine_1(config-if)# description Leaf_12
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 TenGigabitEthernet1/0/3
Spine_1(config-if)# description Leaf_21
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)# neighbor 10.0.0.1
Spine_1(router-bgp-nbr)# remote-as 65500
Spine_1(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Spine_1(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Spine_1(router-bgp-nbr)# route-reflector-client
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)# remote-as 65500
Spine_1(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Spine_1(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Spine_1(router-bgp-nbr)# route-reflector-client
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)# remote-as 65500
Spine_1(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Spine_1(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Spine_1(router-bgp-nbr)# route-reflector-client
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.

5.2 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_11
Leaf_11(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_11 — 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_11#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_11#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_11#show ports jumbo-frame

Jumbo frames are enabled
Jumbo frames will be enabled after reset

Leaf_11#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_11#terminal no prompt
```

Настройка интерфейсов:

```
Leaf_11(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/1
Leaf_11(config-if)# description Spine_1
Leaf_11(config-if)# ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
Leaf_11(config-if)# ip router isis
Leaf_11(config-if)# isis network point-to-point
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Leaf_11(config-if)#exit
Leaf_11(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/2
Leaf_11(config-if)# description Spine_2
Leaf_11(config-if)# ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
Leaf_11(config-if)# ip router isis
Leaf_11(config-if)# isis network point-to-point
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Leaf_11(config-if)#exit
Leaf_11(config)#interface loopback1
Leaf_11(config-if)# ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
Leaf_11(config-if)#exit
```

Задействование протокола маршрутизации IS-IS:

```
Leaf_11(config)#router isis
Leaf_11(router-isis)# address-family ipv4 unicast
Leaf_11(router-isis-af)# redistribute connected
Leaf_11(router-isis-af)# exit
Leaf_11(router-isis)# net 49.0001.0001.0001.0001.00
Leaf_11(router-isis)#exit
```

Задействование протокола BGP.

 Поддержка протокола BGP предоставляется по лицензии (см. [Установка лицензий](#)).

```
Leaf_11(config)#router bgp 65500
Leaf_11(router-bgp)# bgp router-id 10.0.0.1
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Leaf_11(router-bgp)# address-family ipv4 unicast
Leaf_11(router-bgp-af)# exit
Leaf_11(router-bgp)# address-family l2vpn evpn
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Leaf_11(router-bgp-af)# exit
Leaf_11(router-bgp)# neighbor 10.0.1.1
Leaf_11(router-bgp-nbr)# remote-as 65500
Leaf_11(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Leaf_11(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Leaf_11(router-bgp-nbr)# address-family ipv4 unicast
Leaf_11(router-bgp-nbr-af)# exit
Leaf_11(router-bgp-nbr)# address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Leaf_11(router-bgp-nbr-af)# exit
Leaf_11(router-bgp-nbr)# exit
Leaf_11(router-bgp)# neighbor 10.0.2.2
Leaf_11(router-bgp-nbr)# remote-as 65500
Leaf_11(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Leaf_11(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Leaf_11(router-bgp-nbr)# address-family ipv4 unicast
Leaf_11(router-bgp-nbr-af)# exit
Leaf_11(router-bgp-nbr)# address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Leaf_11(router-bgp-nbr-af)# exit
Leaf_11(router-bgp-nbr)# exit
Leaf_11(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.

5.3 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_11	te1/0/1	L1-2	e0d9.e326.d600	Up	29	
Leaf_12	te1/0/2	L1-2	e0d9.e3f8.6e00	Up	29	
Leaf_21	te1/0/3	L1-2	e0d9.e3d7.ea80	Up	27	

Spine_1#show ip bgp neighbors

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

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_11#show isis neighbors
```

System Id	Interface	Type	SNPA	State	Holdtime (s)	Circuit Id
Spine_1	te1/0/1	L1-2	cc9d.a253.d680	Up	29	
Spine_2	te1/0/2	L1-2	e0d9.e317.6b40	Up	28	

```
Leaf_11#show ip bgp neighbors
```

BGP neighbor Keepalive	Remote AS	Router ID	State	Uptime	Hold Time
10.0.1.1	65500	10.0.1.1	ESTABLISHED	00,00:01:25	90
10.0.2.2	65500	10.0.2.2	ESTABLISHED	00,00:01:23	90

```
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_11 до Leaf_21:

```
Leaf_11#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
```

5.4 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.

6 Настройка underlay с использованием протокола OSPF

Схема аналогична используемой в разделе [Настройка underlay с использованием протокола IS-IS](#).

6.1 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 TenGigabitEthernet1/0/1
Spine_1(config-if)# description Leaf_11
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 TenGigabitEthernet1/0/2
Spine_1(config-if)# description Leaf_12
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 TenGigabitEthernet1/0/3
Spine_1(config-if)# description Leaf_21
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:

```
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)# 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)# neighbor 10.0.0.1
Spine_1(router-bgp-nbr)# remote-as 65500
Spine_1(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Spine_1(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Spine_1(router-bgp-nbr)# route-reflector-client
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)# remote-as 65500
Spine_1(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Spine_1(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Spine_1(router-bgp-nbr)# route-reflector-client
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)# remote-as 65500
Spine_1(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Spine_1(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Spine_1(router-bgp-nbr)# route-reflector-client
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.

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_11
Leaf_11(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_11 — 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_11#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_11#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_11#show ports jumbo-frame

Jumbo frames are enabled
Jumbo frames will be enabled after reset

Leaf_11#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_11#terminal no prompt
```

Настройка интерфейсов:

```
Leaf_11(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/1
Leaf_11(config-if)# description Spine_1
Leaf_11(config-if)# ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Leaf_11(config-if)#exit
Leaf_11(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/2
Leaf_11(config-if)# description Spine_2
Leaf_11(config-if)# ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
This action will reset all neighbor connections on the interface.
Leaf_11(config-if)#exit
Leaf_11(config)#interface loopback1
Leaf_11(config-if)# ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
Leaf_11(config-if)#exit
```

Задействование протокола маршрутизации OSPF:

```
Leaf_11(config)#router ospf 1
Leaf_11(router_ospf_process)#network 172.16.1.1 area 0.0.0.0
Leaf_11(router_ospf_process)#network 172.16.1.5 area 0.0.0.0
Leaf_11(router_ospf_process)#router-id 10.0.0.1
Leaf_11(router_ospf_process)#redistribute connected subnets
Leaf_11(router_ospf_process)#exit
Leaf_11(config)#interface ip 172.16.1.1
Leaf_11(config-ip)#ip ospf network point-to-point
Leaf_11(config-ip)#exit
Leaf_11(config)#interface ip 172.16.1.5
Leaf_11(config-ip)#ip ospf network point-to-point
Leaf_11(config-ip)#exit
```

Задействование протокола BGP:

 Поддержка протокола BGP предоставляется по лицензии (см. [Установка лицензий](#)).

```

Leaf_11(config)#router bgp 65500
Leaf_11(router-bgp)# bgp router-id 10.0.0.1
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Leaf_11(router-bgp)# address-family ipv4 unicast
Leaf_11(router-bgp-af)# exit
Leaf_11(router-bgp)# address-family l2vpn evpn
This action will reset all neighbor connections and clear BGP routing table.
Leaf_11(router-bgp-af)# exit
Leaf_11(router-bgp)# neighbor 10.0.1.1
Leaf_11(router-bgp-nbr)# remote-as 65500
Leaf_11(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Leaf_11(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Leaf_11(router-bgp-nbr)# address-family ipv4 unicast
Leaf_11(router-bgp-nbr-af)# exit
Leaf_11(router-bgp-nbr)# address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Leaf_11(router-bgp-nbr-af)# exit
Leaf_11(router-bgp-nbr)# exit
Leaf_11(router-bgp)# neighbor 10.0.2.2
Leaf_11(router-bgp-nbr)# remote-as 65500
Leaf_11(router-bgp-nbr)# update-source loopback 1
Leaf_11(router-bgp-nbr)# fall-over bfd
Leaf_11(router-bgp-nbr)# address-family ipv4 unicast
Leaf_11(router-bgp-nbr-af)# exit
Leaf_11(router-bgp-nbr)# address-family l2vpn evpn
This action will reset connection with the neighbor.
Leaf_11(router-bgp-nbr-af)# exit
Leaf_11(router-bgp-nbr)# exit
Leaf_11(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.

6.3 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	te1/0/1
172.16.2.1	10.0.0.2	1	172.16.2.2	1	full/ -	00:00:34	te1/0/2
172.16.3.1	10.0.0.3	1	172.16.3.2	1	full/ -	00:00:37	te1/0/3

```
Spine_1#show ip bgp neighbors
```

BGP neighbor Keepalive	Remote AS	Router ID	State	Uptime	Hold Time
10.0.0.1	65535	10.0.0.1	ESTABLISHED	00,00:09:03	90
10.0.0.2	65535	10.0.0.2	ESTABLISHED	00,00:02:52	90
10.0.0.3	65535	10.0.0.3	ESTABLISHED	00,00:01:45	90

```
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_11#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	te1/0/1
172.16.1.6	10.0.2.2	1	172.16.1.5	1	full/ -	00:00:34	te1/0/2

```
Leaf_11#show ip bgp neighbors
```

BGP neighbor Keepalive	Remote AS	Router ID	State	Uptime	Hold Time
10.0.1.1	65535	10.0.1.1	ESTABLISHED	00,00:09:28	90
10.0.2.2	65535	10.0.2.2	ESTABLISHED	00,00:05:11	90

```
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 `iptr ping` с любого устройства до любого другого, указав в качестве `src` и `dst` IP-адреса loopback-интерфейсов устройств.

Пример выполнения `ping` с Leaf_11 до Leaf_21:

```
Leaf_11#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 OSPF и BFD в состоянии UP. Соседства протокола BGP в состоянии ESTABLISHED.

IP-связность между всеми устройствами схемы установлена.

7 Настройка overlay

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.

7.1 Настройка VXLAN

 Поддержка VXLAN предоставляется по лицензии (см. [Установка лицензий](#)).

Создайте на устройстве Leaf_11 VXLAN-инстанс с именем test_vxlan. Установите ему значение VNI 101000 и привяжите VLAN 1000. Предварительно VLAN 1000 должна быть создана и присутствовать во VLAN database.

```
Leaf_11(config)#vlan database
Leaf_11(config-vlan)#vlan 1000
Leaf_11(config-vlan)#vxlan test_vxlan
Leaf_11(config-vxlan)#vni 101000
Leaf_11(config-vxlan)#vlan 1000
```

По умолчанию созданный VXLAN-инстанс находится в состоянии по shutdown, т.е. включен. В контексте настройки vxlan его можно выключить командой shutdown. Пример:

```
Leaf_11(config-vxlan)#shutdown
```

Создайте аналогичный VXLAN на устройствах Leaf_12 и Leaf_21.

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

```
Leaf_11(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/11
Leaf_11(config-if)#description Host1
Leaf_11(config-if)#switchport access vlan 1000

Leaf_21(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/11
Leaf_21(config-if)#description Host2
Leaf_21(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.

7.2 Проверка настройки VXLAN

Проконтролировать успешное создание VXLAN можно в выводе текущей конфигурации или в информации протокола BGP. Второй вариант представлен на примере ниже.

```
Leaf_11#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	?

Отображение первой записи:

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.

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_11 и Leaf_21. Пример:

```
Leaf_11#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
te1/0/1(I)	cc:9d:a2:53:d6:80	te1/0/1	dynamic
te1/0/1(I)	cc:9d:a2:53:d6:81	te1/0/1	dynamic
te1/0/2(I)	e0:d9:e3:17:6b:40	te1/0/2	dynamic
te1/0/2(I)	e0:d9:e3:17:6b:41	te1/0/2	dynamic

```
Leaf_21#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
te1/0/1(I)	cc:9d:a2:53:d6:80	te1/0/1	dynamic
te1/0/1(I)	cc:9d:a2:53:d6:83	te1/0/1	dynamic
te1/0/2(I)	e0:d9:e3:17:6b:40	te1/0/2	dynamic
te1/0/2(I)	e0:d9:e3:17:6b:43	te1/0/2	dynamic

MAC-адрес Host1 должен быть в таблице Leaf_21, тип evpn-vxlan. Аналогично MAC-адрес Host2 должен быть в таблице Leaf_11, 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_11#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). В текущей версии ПО не используется;
- [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.

7.3 Ожидаемый результат

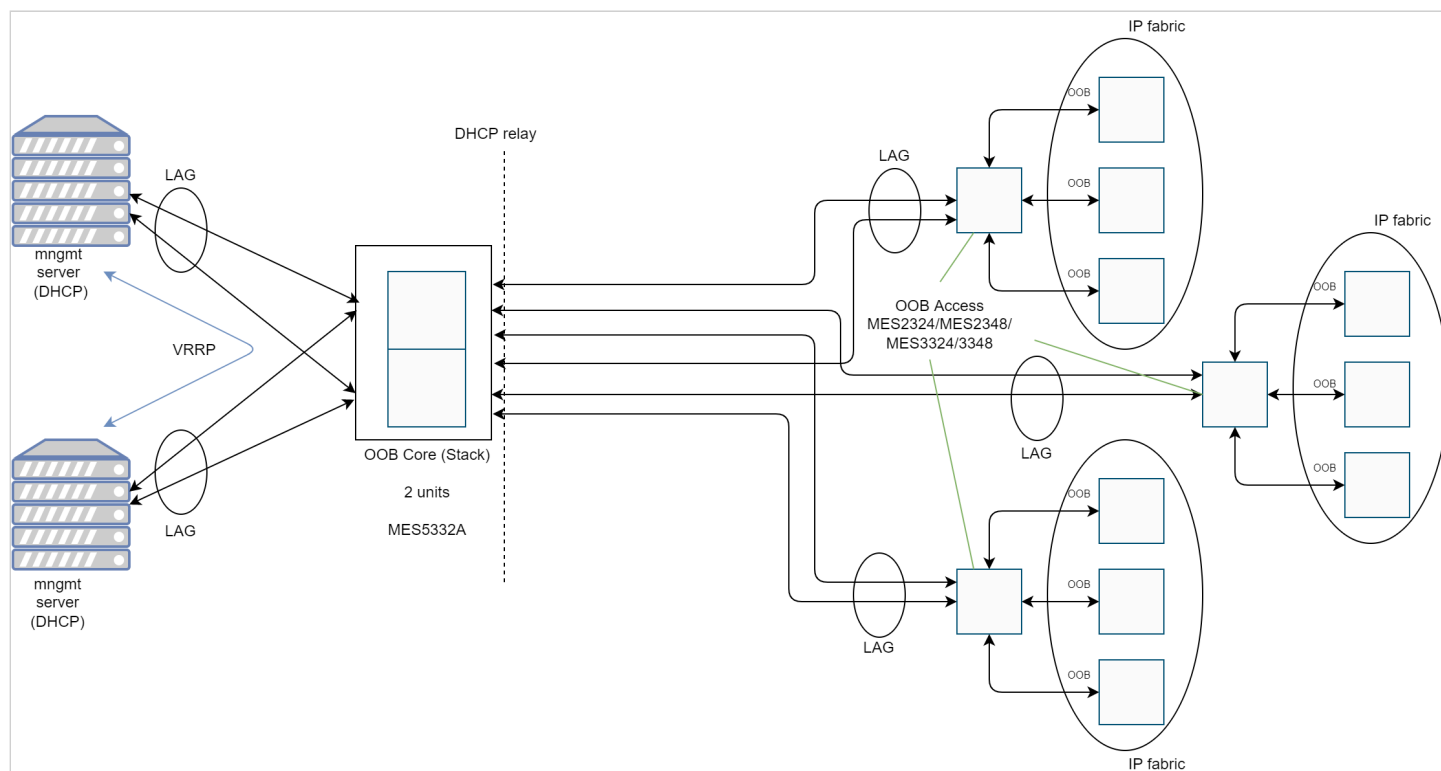
VXLAN успешно создается.

Есть возможность передачи пользовательского трафика между портами разных Leaf через VXLAN-туннель.

8 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.

8.1 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.

8.2 Конфигурации устройств

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

```

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 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/3
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/4
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/5
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/6
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/7
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/8
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/9
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/10
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/11
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/12
description 00B
switchport access vlan 2
```

```
exit
!
interface gigabitethernet1/0/13
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/14
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/15
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/16
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/17
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/18
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/19
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/20
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/21
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/22
description 00B
switchport access vlan 2
exit
!
interface gigabitethernet1/0/23
description 00B
switchport access vlan 2
```

```
exit
!
interface gigabitethernet1/0/24
description 00B
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 00B_Core
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan add 2
switchport forbidden default-vlan
exit
!
interface vlan 1
shutdown
exit
!
!
end
```

9 Приложение 1

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

9.1 Конфигурации с использованием протокола IS-IS

Spine_1

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_1
!
interface TenGigabitEthernet1/0/1
description Leaf_11
ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2
description Leaf_12
ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/3
description Leaf_21
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
!
neighbor 10.0.0.1
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
```

```

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

```

Spine_2

```

no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_2
!

```

```

interface TenGigabitEthernet1/0/1
description Leaf_1
ip address 172.16.1.6 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2
description Leaf_2
ip address 172.16.2.6 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/3
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
!
neighbor 10.0.0.1
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.0.2
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn

```

```

exit
exit
!
neighbor 10.0.0.3
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
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

```

Leaf_11

```

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_11
!
interface TenGigabitEthernet1/0/1
description Spine_1
ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2

```

```
description Spine_2
ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
description Host1
switchport access vlan 1000
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
!
neighbor 10.0.1.1
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.2.2
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
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
```

Leaf_12

```
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_12  
!  
interface TenGigabitEthernet1/0/1  
description Spine_1  
ip address 172.16.2.1 255.255.255.252  
ip router isis  
isis network point-to-point  
exit  
!  
interface TenGigabitEthernet1/0/2  
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  
!  
neighbor 10.0.1.1  
remote-as 65500  
update-source loopback 1
```

```

fall-over bfd
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.2.2
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
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

```

Leaf_21

```

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_21
!
interface TenGigabitEthernet1/0/1
description Spine_1
ip address 172.16.3.1 255.255.255.252

```

```
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2
description Spine_2
ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
ip router isis
isis network point-to-point
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
description Host1
switchport access vlan 1000
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
!
neighbor 10.0.1.1
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.2.2
remote-as 65500
update-source loopback 1
fall-over bfd
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
```

9.2 Конфигурации с использованием протокола OSPF

Spine_1

```
no spanning-tree
!
port jumbo-frame
!
ip maximum-paths 32
!
hostname Spine_1
!
line console
exec-timeout 0
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/1
description Leaf_11
ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2
description Leaf_12
ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/3
description Leaf_21
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
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 65535
bgp router-id 10.0.1.1
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
!
neighbor 10.0.0.1
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.0.2
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.0.3
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
exit
```

```
!  
!  
end
```

Spine_2

```
no spanning-tree  
!  
port jumbo-frame  
!  
ip maximum-paths 32  
!  
hostname Spine_2  
!  
line console  
exec-timeout 0  
exit  
!  
interface TenGigabitEthernet1/0/1  
description Leaf_1  
ip address 172.16.1.6 255.255.255.252  
exit  
!  
interface TenGigabitEthernet1/0/2  
description Leaf_2  
ip address 172.16.2.6 255.255.255.252  
exit  
!  
interface TenGigabitEthernet1/0/3  
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  
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 65535
bgp router-id 10.0.2.2
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
!
neighbor 10.0.0.1
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.0.2
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.0.3
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
route-reflector-client
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
exit
!
!
end
```

Leaf_11

```
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_11
!
interface TenGigabitEthernet1/0/1
description Spine_1
ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2
description Spine_2
ip address 172.16.1.5 255.255.255.252
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
description Host1
switchport access vlan 1000
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
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 65535
  bgp router-id 10.0.0.1
  address-family ipv4 unicast
  exit
!
  address-family l2vpn evpn
  exit
!
  neighbor 10.0.1.1
    remote-as 65535
    update-source loopback 1
    fall-over bfd
    address-family ipv4 unicast
    exit
!
    address-family l2vpn evpn
    exit
  exit
!
  neighbor 10.0.2.2
    remote-as 65535
    update-source loopback 1
    fall-over bfd
    address-family ipv4 unicast
    exit
!
    address-family l2vpn evpn
    exit
  exit
  exit
!
!
end

```

Leaf_12

```

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_12
!
interface TenGigabitEthernet1/0/1
description Spine_1
ip address 172.16.2.1 255.255.255.252
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2
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
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 65535
bgp router-id 10.0.0.2
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
!
neighbor 10.0.1.1
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.2.2
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd

```

```
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
exit
!
!
end
```

Leaf_21

```
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_21
!
interface TenGigabitEthernet1/0/1
description Spine_1
ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/2
description Spine_2
ip address 172.16.3.5 255.255.255.252
exit
!
interface TenGigabitEthernet1/0/11
description Host1
switchport access vlan 1000
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
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 65535
bgp router-id 10.0.0.3
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
!
neighbor 10.0.1.1
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
!
neighbor 10.0.2.2
remote-as 65535
update-source loopback 1
fall-over bfd
address-family ipv4 unicast
exit
!
address-family l2vpn evpn
exit
exit
exit
!
!
end
```