

使用Cisco IOS和Cisco IOS-XR配置AS间选项C MPLS VPN

目录

[简介](#)

[先决条件](#)

[要求](#)

[使用的组件](#)

[背景信息](#)

[配置](#)

[网络图](#)

[配置](#)

[解释](#)

[验证](#)

[从CE1 ping CE2，反之亦然](#)

[交换更新和MPLS标签的说明](#)

[通过Traceroutes进行验证](#)

[从CE1到CE2的Traceroute](#)

[从CE2到CE1的Traceroute](#)

[故障排除](#)

简介

本文档介绍如何配置和验证AS间第3层多协议标签交换(MPLS)VPN选项C功能。Cisco IOS®和Cisco IOS-XR平台用于解释和验证。示例网络场景及其配置和输出已显示，以便更好地了解。

先决条件

要求

本文档没有任何特定的要求。但是，MPLS的基本知识和Cisco IOS-XR平台的工作知识将很有帮助。

使用的组件

本文档不限于特定的软件和硬件版本。

本文档中的信息都是基于特定实验室环境中的设备编写的。本文档中使用的所有设备最初均采用原始（默认）配置。如果您使用的是真实网络，请确保您已经了解所有命令的潜在影响。

背景信息

MPLS广泛部署在全球的互联网服务提供商(ISP)中。ISP为客户提供大量服务，其中一项服务是

MPLS第3层VPN。MPLS第3层VPN主要将客户的路由边界从一个地理位置延伸到另一个地理位置。ISP主要用作中转。在一个地理位置和另一个地理位置上与ISP对等完成，然后在客户边缘(CE)设备上从PE (提供商边缘/ISP) 设备接收客户特定路由。

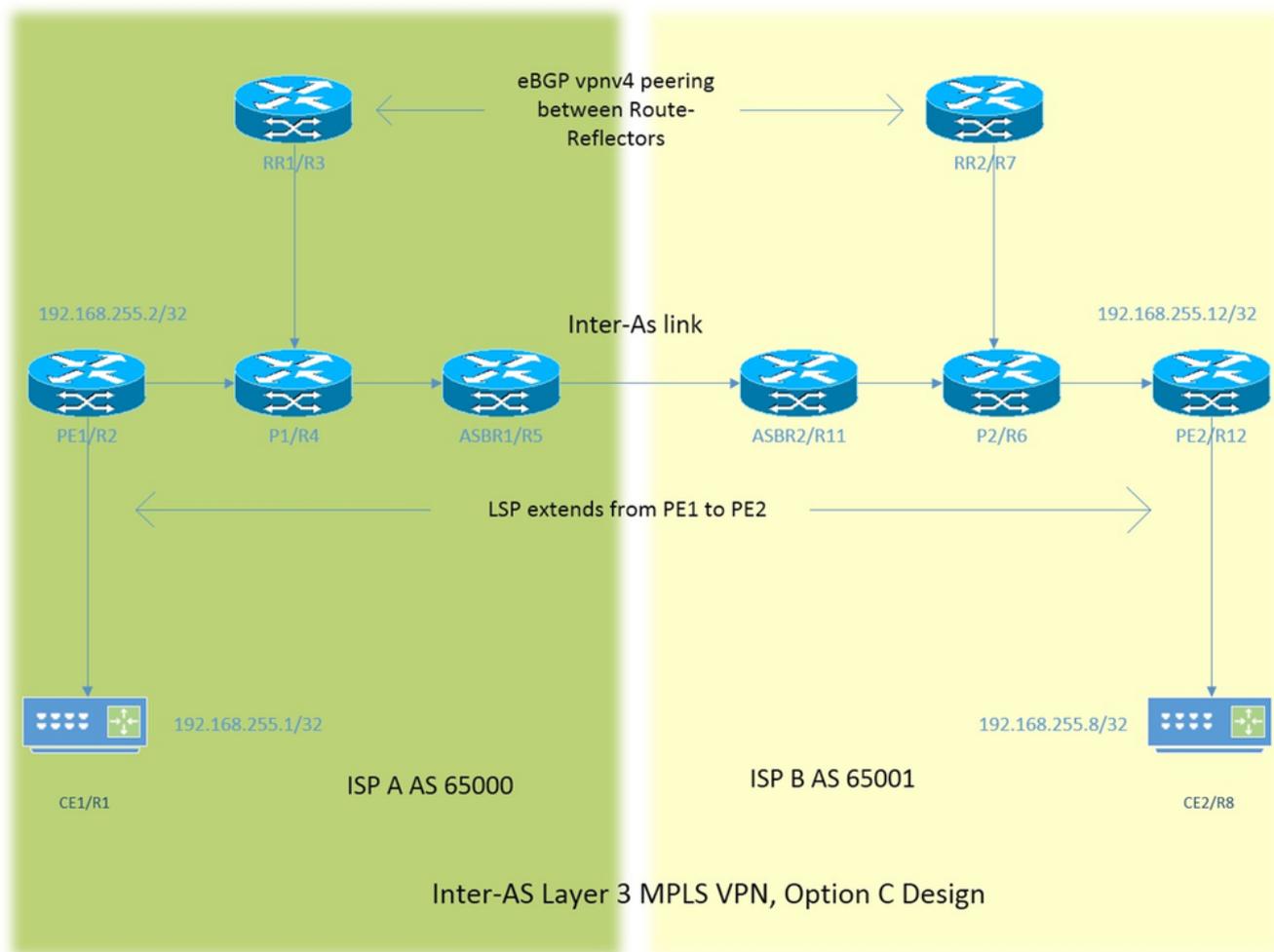
如果客户需要为两个不同地理位置 (两个不同的ISP存在) 扩展路由边界，则两个ISP需要协调，以便向最终客户提供MPLS第3层VPN。这种解决方案称为AS间第3层MPLS VPN。

AS间第3层MPLS VPNS可以采用四种不同的方式部署，即选项A、选项B、选项C和选项D。本文档将介绍使用选项C实施。

配置

网络图

AS间选项C交换的拓扑如下图所示。



编址方案非常简单。每台路由器的loopback1接口都描述为192.168.255.X，当路由器1受到关注时，X=1。接口编址类型为192.168.XY.X。假设R1和R2处于考虑状态，则路由器R1下的接口配置为192.168.12.1 (此处X=1,Y=2)。

CE — 客户边缘

PE — 提供商边缘

RR — 路由反射器

ASBR — 自治系统边界路由器

在本文档中，术语CE表示两个客户边缘设备。如果必须对特定设备进行特定引用，则将其引用为CE1。这同样适用于PE、RR和ASBR。

所有设备都运行Cisco IOS，而ASBR2/R11和PE2/R12运行Cisco IOS-XR。

两个ISP被引用自治系统(AS)65000和AS 65001。ISP AS 65000位于拓扑的左侧，ISP A和ISP AS 65001位于拓扑的右侧，ISP B被引用。

配置

描述了设备的配置。

CE1

```
interface Loopback1                                #Customer Edge configuration.
ip address 192.168.255.1 255.255.255.255          !
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
!
router eigrp 1
network 0.0.0.0
!
```

PE1

```
vrf definition A                                    #Provider Edge Configuration.
rd 192.168.255.2:65000
!
address-family ipv4
route-target export 99:99
route-target import 99:99
exit-address-family
!
interface Loopback1
ip address 192.168.255.2 255.255.255.255
ip ospf 1 area 0
!
interface FastEthernet0/0
vrf forwarding A
ip address 192.168.12.2 255.255.255.0
!
interface FastEthernet1/0
ip address 192.168.24.2 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
router eigrp 65000                                  #EIGRP is PE-CE routing
!                                                    #protocol.
address-family ipv4 vrf A autonomous-system 1
redistribute bgp 65000 metric 10000 10 255 1 1500
network 192.168.12.2 0.0.0.0
exit-address-family
!
```

```

router ospf 1
!
router bgp 65000
bgp log-neighbor-changes
no bgp default ipv4-unicast
neighbor 192.168.255.3 remote-as 65000
neighbor 192.168.255.3 update-source Loopback1
!
address-family ipv4
exit-address-family
!
address-family vpnv4                #Advertising vpnv4 routes
neighbor 192.168.255.3 activate     #from PE1 to RR1.
neighbor 192.168.255.3 send-community both
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf A
redistribute eigrp 1
exit-address-family
!

```

P1

```

interface Loopback1                #P router configuration.
ip address 192.168.255.4 255.255.255.255
ip ospf 1 area 0
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.24.4 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
duplex half
mpls ip
!
interface FastEthernet1/0
ip address 192.168.34.4 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
interface FastEthernet1/1
ip address 192.168.45.4 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
router ospf 1
!

```

RR1

```

interface Loopback1                #Route-Reflector configuration.
ip address 192.168.255.3 255.255.255.255
ip ospf 1 area 0
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.34.3 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
router ospf 1
!
router bgp 65000
bgp log-neighbor-changes
neighbor 192.168.255.2 remote-as 65000

```

```

neighbor 192.168.255.2 update-source Loopback1
neighbor 192.168.255.7 remote-as 65001
neighbor 192.168.255.7 ebgp-multihop 255          #EBGP-Multihop vpnv4
neighbor 192.168.255.7 update-source Loopback1 #peering with RR2.

!
address-family vpnv4
neighbor 192.168.255.2 activate
neighbor 192.168.255.2 send-community both
neighbor 192.168.255.2 route-reflector-client
neighbor 192.168.255.7 activate
neighbor 192.168.255.7 send-community both
neighbor 192.168.255.7 next-hop-unchanged
exit-address-family
!

```

ASBR1

```

interface Loopback1                                #Autonomous-System boundary-
ip address 192.168.255.5 255.255.255.255 #router configuration.
ip ospf 1 area 0
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.45.5 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
interface FastEthernet1/0
ip address 192.168.115.5 255.255.255.0
mpls bgp forwarding
!
router ospf 1
redistribute bgp 65000 subnets route-map REDISTRIBUTE_IN_IGP
!
router bgp 65000                                     #Redistributing the loopbacks of
bgp log-neighbor-changes                             #RR2 and PE2 in AS 65000.
network 192.168.255.2 mask 255.255.255.255
network 192.168.255.3 mask 255.255.255.255
neighbor 192.168.115.11 remote-as 65001
neighbor 192.168.115.11 send-label
!
ip prefix-list FOREIGN_PREFIXES seq 5 permit 192.168.255.12/32
ip prefix-list FOREIGN_PREFIXES seq 10 permit 192.168.255.7/32
!
route-map REDISTRIBUTE_IN_IGP permit 10
match ip address prefix-list FOREIGN_PREFIXES
!

```

ASBR2

```

interface Loopback1                                #Autonomous System boundary
ipv4 address 192.168.255.11 255.255.255.255 #configuration.
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
ipv4 address 192.168.115.11 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
ipv4 address 192.168.116.11 255.255.255.0
!
prefix-set FOREIGN_PREFIXES
192.168.255.2/32,

```

```

192.168.255.3/32
end-set
!
route-policy DEFAULT
pass
end-policy
!
route-policy REDISTRIBUTE_IN_IGP
if destination in FOREIGN_PREFIXES then
pass
endif
end-policy
!
router static
address-family ipv4 unicast
192.168.115.5/32 GigabitEthernet0/0/0/0
!
router ospf 1
redistribute bgp 65001 route-policy REDISTRIBUTE_IN_IGP
area 0 #Redistributing the loopback
interface Loopback1 #of RR1 and PE1 in AS 65001.
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
!
router bgp 65001
address-family ipv4 unicast
network 192.168.255.7/32
network 192.168.255.12/32
allocate-label all
!
neighbor 192.168.115.5
remote-as 65000
address-family ipv4 labeled-unicast
route-policy DEFAULT in
route-policy DEFAULT out
!
mpls ldp
address-family ipv4
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
!

```

RR2

```

interface Loopback1 #Route-Reflector Configuration.
ip address 192.168.255.7 255.255.255.255
ip ospf 1 area 0
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.67.7 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
router ospf 1
!
router bgp 65001
bgp log-neighbor-changes
neighbor 192.168.255.3 remote-as 65000 #EBGP-Multihop vpnv4 peering
neighbor 192.168.255.3 ebgp-multihop 255 #with RR1 in AS 65000.
neighbor 192.168.255.3 update-source Loopback1
neighbor 192.168.255.12 remote-as 65001
neighbor 192.168.255.12 update-source Loopback1
!

```

```
address-family vpnv4
neighbor 192.168.255.3 activate
neighbor 192.168.255.3 send-community both
neighbor 192.168.255.3 next-hop-unchanged
neighbor 192.168.255.12 activate
neighbor 192.168.255.12 send-community both
neighbor 192.168.255.12 route-reflector-client
exit-address-family
!
```

P2

```
interface Loopback1                                #P router configuration.
ip address 192.168.255.6 255.255.255.255
ip ospf 1 area 0
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.116.6 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
interface FastEthernet1/0
ip address 192.168.67.6 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
interface FastEthernet1/1
ip address 192.168.126.6 255.255.255.0
ip ospf 1 area 0
mpls ip
!
router ospf 1
!
```

PE2

```
vrf A                                              #Provider Edge Configuration.
address-family ipv4 unicast
import route-target
99:99
!
export route-target
99:99
!
!
interface Loopback1
ipv4 address 192.168.255.12 255.255.255.255
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
ipv4 address 192.168.126.12 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
vrf A
ipv4 address 192.168.128.2 255.255.255.0
!
router ospf 1
address-family ipv4
area 0
interface Loopback1
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
```

```

!
router bgp 65001
address-family vpnv4 unicast
!
neighbor 192.168.255.7                #Advertising vpnv4 routes from
remote-as 65001                       #PE2 to RR2.
update-source Loopback1
address-family vpnv4 unicast
!
!
vrf A
rd 192.168.255.12:65001
address-family ipv4 unicast
redistribute eigrp 1
!
mpls ldp
address-family ipv4
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
!
router eigrp 65001                     #EIGRP as PE-CE protocol
vrf A
address-family ipv4
autonomous-system 1
redistribute bgp 65001
interface GigabitEthernet0/0/0/1
!

```

CE2

```

interface Loopback1                   #Customer-Edge Configuration.
ip address 192.168.255.8 255.255.255.255
!
interface FastEthernet1/0
ip address 192.168.128.8 255.255.255.0
!
router eigrp 1
network 0.0.0.0
!

```

解释

- 部署PE-CE路由协议时的增强型内部网关路由协议(EIGRP)。
- 开放最短路径优先(OSPF)用作ISP核心的内部网关协议(IGP)。在所有物理链路上的两个ISP上都部署了标签分发协议(LDP)+ IGP。ASBR1和ASBR2之间的AS间链路上未配置LDP + IGP。
- 在VRF A下将EIGRP重分发到边界网关协议(BGP)，反之亦然。
- 这些重分发的路由作为VPNv4路由通告给路由反射器(RR)。
- 路由反射器RR1与PE1对等体，并反映通过eBGP VPNv4多跳对等通过PE1获知的这些路由到RR2。
- 此eBGP VPNv4多跳对等位于不同AS中的两个RR之间。
- 两个RR之间应存在LSP (标签交换路径)，这一点非常重要。
- 为了在位于不同AS中的两个RR之间实现LSP，需要泄漏AS之间的特定路由。
- ASBR1和ASBR2会泄漏特定路由，基本上是PE的loopback1和RR自己的AS。泄漏通过在ASBR之间的正常eBGP对等中通告路由来完成。
- ASBR相互接收对方通告的RR和PE路由器的loopback1前缀。接下来，在IGP (此处为OSPF) 中重分发收到的路由。重分发在本质上是特定的，只有两个前缀，即远程RR和PE的loopback1被重分发。

- 从BGP到OSPF的路由重分发以及与要在OSPF中重分发的路由匹配在Cisco IOS-XR中略有不同，需要了解前缀集和路由策略配置。前缀集类似于Cisco IOS中的前缀列表，路由策略等效于路由映射。
- 现在RR1和RR2之间以及PE1和PE2之间存在LSP。
- eBGP VPNv4对等体的下一跳未更改用于RR。必须注意，VPNv4路由的下一跳定义了LSP。现在，如果更新源自PE2并被发送到RR2 (iBGP对等) 下一跳，则保留。当RR2向RR1反映此更新时，由于这是eBGP对等，正常情况下，RR2将将自己设置为更新的下一跳，并将其通告给RR1。RR1将将此更新反映给PE1。因此，PE1将安装更新，并将更新的下一跳显示为RR2。如前所述，VPNv4路由的跳数定义LSP。因此，对于PE1到PE2,RR2是下一跳。因此，需要两个LSP，一个从PE1到RR2，另一个从RR2到PE2。这种设计的缺点是流量可能通过同一链路两次 (如此拓扑中)，而RR也位于流量的中转路径中。
- 为了克服这种设计问题，使用next-hop-unchanged。当RR2从PE2获取更新并反映到RR1时，更新中的下一跳仍为PE2，当RR1将其反映到PE1时，PE1将安装更新，其下一跳为PE2。这意味着从PE1到PE2的一个LSP，且没有RR在传输。
- 必须注意，在AS间链路上，未部署MPLS或LDP。ASBR使用BGP发送标签。XR需要启用IPv4标记为单播地址系列。
- 当带有eBGP标签的单播对等在ASBR1(Cisco IOS)上与Cisco IOS-XR设备建立时，会自动在AS间链路上配置“MPLS BGP转发”。与ASBR2交换标签是通过BGP完成的，不是通过LDP。Cisco IOS还会自动向ASBR2的接口添加已连接的/32路由，以便MPLS标签绑定到/32路由，并且标签交换已正确完成。
- 对于Cisco IOS-XR over Inter-AS链路，与Cisco IOS的逻辑不同。需要配置到ASBR1接口的静态/32路由，以便MPLS标签绑定为/32前缀。如果不执行此操作，则控制平面将出现，但流量不会转发。

验证

从CE1 ping CE2，反之亦然

从CE1到CE2的ping输出中，环回接口1作为源：

```
R1#ping 192.168.255.8 source lo1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.255.8, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 192.168.255.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 104/300/420 ms
```

从CE2到CE1的ping输出中，环回接口1作为源：

```
R8#ping 192.168.255.1 source lo1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.255.1, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 192.168.255.8
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 168/303/664 ms
```

交换更新和MPLS标签的说明

- 在CE1上，show ip route命令为另一端的CE2的loopback1提供路由。

```
R1#show ip route 192.168.255.8
Routing entry for 192.168.255.8/32
```

Known via "eigrp 1", distance 90, metric 156416, type internal

- 这里讨论沿CE1到CE2的路径实施/放置MPLS标签的流量，以及当流量从CE1的源环回1到CE2的环回1时如何获得可达性。
- 在MPLS第3层VPN设计中，应记住在标签交换操作期间传输标签会交换，而VPN标签不会变。当出现倒数第二跳跳跃(PHP)且流量到达PE或终止标签交换路径(LSP)时，VPN标签会暴露。
- 在PE1上，CE2的loopback1通过BGP VPNv4更新获知，并重分发到VRF感知EIGRP。通过CE1通过EIGRP获知的loopback1将重分发到BGP，并且也成为VPNv4路由。

```
R2#show bgp vpnv4 unicast all labels
```

```
Network          Next Hop          In label/Out label
Route Distinguisher: 192.168.255.2:65000 (A)
192.168.12.0      0.0.0.0           24/nolabel(A)
192.168.128.0    192.168.255.12   nolabel/24000
192.168.255.1/32  192.168.12.1     25/nolabel
192.168.255.8/32  192.168.255.12  nolabel/24007
```

- 从前面的输出可以得出，到达192.168.255.8/32;即CE2的loopback1，即通过BGP VPNv4更新获取传出标签24007。同样，PE1通过VPN标签25向CE1的loopback1通告可达性。

```
R2#show mpls forwarding-table
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
22	20	192.168.255.12/32	0		Fa1/0	192.168.24.4
25	No Label	192.168.255.1/32[V]	5976		Fa0/0	192.168.12.1

- 到达192.168.255.8/32的下一跳是192.168.255.12，下一跳决定LSP。MPLS转发表显示20作为传出标签，以到达192.168.255.12。因此，从CE1发往CE2的环回1的流量将有20作为传输标签，24007作为VPN标签。
- 对于发往CE1的loopback1的返回流量，PHP操作已在P1上发生，因为192.168.255.1/32属于CE1。发往192.168.255.1/32的流量将到达VPN标签为25的PE1，此标签将被删除，此数据包将发送到fa0/0接口；即CE1。

- RR1上的VPNv4标签重新确认相同。

```
R3#show bgp vpnv4 unicast all labels
```

```
Network          Next Hop          In label/Out label
Route Distinguisher: 192.168.255.2:65000
192.168.255.1/32  192.168.255.2   nolabel/25
Route Distinguisher: 192.168.255.12:65001
192.168.255.8/32  192.168.255.12 nolabel/24007
```

- 在P1上，从CE1发往CE2的流量将以传输标签20命中。

```
R4#show mpls forwarding-table
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
20	22	192.168.255.12/32	5172		Fa1/1	192.168.45.5

- 现在，从CE1发往CE2的流量将到达传输标签为22的ASBR1。

```
R5#show mpls forwarding-table
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
22	24002	192.168.255.12/32	5928		Fa1/0	192.168.115.11

- 现在，从CE1发往CE2的流量将到达传输标签为24002的ASBR2。

```
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls forwarding
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or ID	Outgoing Interface	Next Hop	Bytes Switched
24002	19	192.168.255.12/32	Gi0/0/0/1	192.168.116.6	7092

- 现在，从CE1发往CE2的流量将到达传输标签为19的P2。

```
R6#show mpls forwarding-table
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
19	Pop Label	192.168.255.12/32	9928		Fa1/1	192.168.126.12

- 在P2路由器上观察到PHP运行并弹出传输标签。当流量到达PE2时，会按照前面讨论的VPN标签24007命令。还应观察到，PE2将通过VPN标签24007通告到CE2的loopback1的可达性。

```
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls forwarding
Local   Outgoing   Prefix           Outgoing   Next Hop       Bytes
Label   Label      or ID           Interface   Interface      Switched
24007   Unlabelled 192.168.255.8/32[V] Gi0/0/0/1   192.168.128.6 7992
24008   18         192.168.255.2/32  Gi0/0/0/0   192.168.126.6 673200
```

```
RP/0/0/CPU0:ios#show bgp vpnv4 unicast labels
Network                Next Hop           Rcvd Label Local Label
Route Distinguisher: 192.168.255.12:65001 (default for vrf A)
*>i192.168.255.1/32    192.168.255.2     25             noLabel
*> 192.168.255.8/32    192.168.128.8     noLabel        24007
```

- 可以在此观察到，从CE1到CE2的流量到达PE2,VPN标签为24007，流量发送到CE2所在的Gi/0/0/0/1,VPN标签弹出。还观察到PE2通过VPN标签24007通告到192.168.255.8/32的可达性。之前在PE1上学到了同样的信息。同样，PE1通过VPN标签25通告了到192.168.255.1/32的可达性，并在此获知相同信息。为了从CE2到达CE1上的192.168.255.1/32，将使用VPN标签25和传输标签18，因为下一跳192.168.255.2可通过标签18到达。

通过Traceroutes进行验证

- 标签可在traceroute中看到，与讨论的标签完全相同。
- VPNv4更新中的下一跳控制标签交换机路径，从而控制传输标签。
- 在下面显示的两个traceroute中，可以看到VPN标签在LSP的所有跳处保持一致。只交换传输标签。
- 当PE1从PE2获知更新时，下一跳是PE2，不是任何RR或ASBR。这会导致LSP在PE2终止，而在从AS 65000到AS 65001的中转路径中产生单个LSP，反之亦然。

从CE1到CE2的Traceroute

```
R1#traceroute 192.168.255.8 source lo1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.255.8
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 0 192.168.12.2 8 msec 36 msec 16 msec
 1 192.168.24.4 [MPLS: Labels 20/24007 Exp 0] 828 msec 628 msec 2688 msec
 2 192.168.45.5 [MPLS: Labels 22/24007 Exp 0] 1456 msec * 1528 msec
 3 192.168.115.11 [MPLS: Labels 24002/24007 Exp 0] 1544 msec 2452 msec 2164 msec
 4 192.168.116.6 [MPLS: Labels 19/24007 Exp 0] 1036 msec 908 msec 1648 msec
 5 192.168.126.12 [MPLS: Label 24007 Exp 0] 2864 msec 1676 msec 1648 msec
 6 192.168.128.8 2008 msec 400 msec 572 msec
```

VPN标签24007在整个LSP中保持一致。

从CE2到CE1的Traceroute

```
R8#traceroute 192.168.255.1 source lo1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.255.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 0 192.168.128.2 1228 msec 68 msec 152 msec
 1 192.168.126.6 [MPLS: Labels 18/25 Exp 0] 1188 msec 816 msec 1316 msec
 2 192.168.116.11 [MPLS: Labels 24007/25 Exp 0] 1384 msec 1816 msec 504 msec
 3 192.168.115.5 [MPLS: Labels 23/25 Exp 0] 284 msec 900 msec 972 msec
```

```
5 192.168.45.4 [MPLS: Labels 17/25 Exp 0] 436 msec 608 msec 292 msec
6 192.168.12.2 [MPLS: Label 25 Exp 0] 292 msec 108 msec 536 msec
7 192.168.12.1 224 msec 212 msec 620 msec
```

VPN标签25在整个LSP中保持一致。

故障排除

目前没有针对此配置的故障排除信息。