

TE トンネルを介した MPLS VPN の実装

目次

[はじめに](#)

[前提条件](#)

[要件](#)

[使用するコンポーネント](#)

[表記法](#)

[背景理論](#)

[CE1 と CE2 の間の VPN 初期設定 \(TE トンネル不使用 \)](#)

[トポロジ](#)

[設定](#)

[確認](#)

[ケース 1： TE トンネルを使用した VPN \(TE トンネルが PE1 から PE2 の場合 \)](#)

[トポロジ](#)

[設定](#)

[確認](#)

[ケース 2： TE トンネルを使用した VPN \(TE トンネルが PE1 から P2 の場合 \)](#)

[トポロジ](#)

[設定](#)

[確認](#)

[説明](#)

[解決策](#)

[ケース 3： P1 から P2 への TE トンネルを使用した CE1 と CE2 の間の VPN \(TDP/LDP がイネーブルになっていない場合 \)](#)

[トポロジ](#)

[設定](#)

[確認](#)

[解決策](#)

[ケース 4： P1 と P2 の間の TE トンネルを使用した VPN \(LDP がイネーブルになっている場合 \)](#)

[トポロジ](#)

[設定](#)

[確認](#)

[ケース 5： P1 と PE2 の間のトンネルを使用した MPLS VPN](#)

[トポロジ](#)

[設定](#)

[確認](#)

[既知の問題](#)

[結論](#)

[関連情報](#)

はじめに

この文書では、MPLS ネットワークで Traffic Engineering (TE; トラフィック エンジニアリング) トンネルを使用した Multiprotocol Label Switching (MPLS; マルチプロトコル ラベル スイッチング) VPN を実装する場合の設定例について説明します。TE トンネルを使用した MPLS VPN の利点を活用するには、これらの両方がネットワーク上で共存している必要があります。このドキュメントでは、さまざまなシナリオを使用して、TE トンネルを使用した MPLS VPN でパケット転送が失敗する理由について説明します。また、この問題に対するソリューションについても説明します。

前提条件

要件

このドキュメントの読者は次のトピックについて理解している必要があります。

- [MPLS トラフィック エンジニアリングおよび拡張機能](#)
- [MPLS VPN の基本設定](#)

使用するコンポーネント

このドキュメントは、特定のソフトウェアやハードウェアのバージョンに限定されるものではありません。

表記法

ドキュメント表記の詳細は、『[シスコ テクニカル ティップスの表記法](#)』を参照してください。

背景理論



このトポロジに示すように、シンプルな MPLS VPN の設定では、プロバイダー エッジ 1 (PE1) は、PE2 から直接、マルチプロトコル ボーダー ゲートウェイ プロトコル (MPBGP) を介して VPN プレフィクス 172.16.13.0/24 の VPN のラベル (ラベル 1 [L1]) を学習します。この場合、ネクスト ホップは PE2 ループバック アドレスになります。また、PE1 は、ラベル配布プロトコル (LDP) を経由して、PE2 のループバック アドレス用のラベル (L2) をネクストホップ P1 から学習します。

データを VPN プレフィクス 172.16.13.13 に転送する場合、PE1 はラベル スタック {L2 L1} を使用して、L2 を外部ラベルとします。L2 は、トランジット Label Switch Router (LSR; ラベル スイッチング ルータ) である P1 とスワップされます。P2 は、外部 L2 をポップして、1 つの L1 だけを使用してパケットを PE2 に転送します。P2 が L2 をポップする理由については、[RFC 3031](#) の Penultimate Hop Popping (PHP) に関するセクション 3.16 を参照してください。 [これにより、VPN バージョン 4 \(IPv4 \) プレフィクス 172.16.13.0/24 へのパケットは、MPLS ネット](#)

ワークを使用してラベルスイッチングされます。

MPLS VPN の転送動作は、いずれかの P ルータが、({L2 L1} ラベル スタックではなく) 唯一の外部ラベルとして L1 (VPN ラベル) の付いたパケットを受信すると失敗します。これは、どの P ルータにも、ラベル転送情報ベース (LFIB) にパケットをスイッチするための L1 がいないために発生します。

MPLS TE では、ラベルを交換する場合に Resource Reservation Protocol (RSVP; リソース予約プロトコル) が使用されます。ルータが TE および Tag Distribution Protocol (TDP; タグ配布プロトコル) /LDP の両方を使用できるよう設定されている場合、ルータは、特定のプレフィクスに対する LDP と RSVP の両方から異なるラベルを受信します。LDP および RSVP からのラベルは、必ずしも同じである必要はありません。ルータは、プレフィクスを LDP インターフェイス経由で学習する場合、LDP ラベルを転送テーブルにインストールします。プレフィクスを TE トンネル インターフェイス経由で学習する場合は、RSVP ラベルを転送テーブルにインストールします。

通常の TE トンネル (トンネルで LDP/TDP がイネーブルになっていない) の場合、入力 LSR (TE トンネルのヘッドエンドにある LSR) では、TE トンネルを経由して学習するすべてのルートの TE トンネルのテールエンドに到達するために使用されるラベルと同じラベルが使用されます。

たとえば、トンネルを経由してプレフィクス 10.11.11.11/32 を学習する、PE1 から P2 への TE トンネルがあるとします。P2 でのこのトンネルのテールエンドは 10.5.5.5 で、10.5.5.5 に到達するためのラベル (PE1 内) は L3 です。この場合、PE1 は、TE トンネルを経由して学習した L3 を使用して、送信先 10.11.11.11/32 に到達します。

上記のシナリオでは、PE1 と P2 の間に TE トンネルがある場合は、PE1 はデータをカスタマーエッジ 2 (CE2) に転送しています。L4 が VPN ラベルの場合、PE1 は、ラベルスタック {L3 L4} を使用してデータを転送します。P1 は L3 をポップし、P2 は L4 でパケットを受信します。PE2 は、外部ラベル L4 でパケットを正常に転送する唯一の LSR です。P2 には PE2 を使用した MPBGP セッションがないため、L4 を PE2 から受信することはありません。このため、P2 には L2 に関する情報が含まれておらず、このパケットがドロップされます。

設定および show の出力は、前述の状況およびこの問題を解決するためのソリューションの 1 つを示します。

CE1 と CE2 の間の VPN 初期設定 (TE トンネル不使用)

トポロジ



設定

ここでは、コンフィギュレーション ファイルの中で関連のある部分だけが示されています。

```
PE1
```

```
hostname PE1
ip cef
!
ip vrf aqua
  rd 100:1
  route-target export 1:1
  route-target import 1:1
!
mpls traffic-eng tunnels
!
interface Loopback0
  ip address 10.2.2.2 255.255.255.255
  no ip directed-broadcast
!
interface Ethernet2/0/1
  ip vrf forwarding aqua
  ip address 172.16.1.2 255.255.255.0
!
interface Ethernet2/0/2
  ip address 10.7.7.2 255.255.255.0
  ip router isis
  mpls traffic-eng tunnels
  tag-switching ip
!
router isis
  passive-interface Loopback0
  net 47.1234.2222.2222.2222.00
  is-type level-1
  metric-style wide
  mpls traffic-eng router-id Loopback0
  mpls traffic-eng level-1
!
router bgp 1
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 10.11.11.11 remote-as 1
  neighbor 10.11.11.11 update-source Loopback0
!
  address-family vpnv4
  neighbor 10.11.11.11 activate
  neighbor 10.11.11.11 send-community extended
  exit-address-family
!
  address-family ipv4
  neighbor 10.11.11.11 activate
  no auto-summary
  no synchronization
  exit-address-family
!
  address-family ipv4 vrf aqua
  redistribute connected
  no auto-summary
  no synchronization
  exit-address-family
```

PE2

```
hostname PE2
!
ip vrf aqua
  rd 100:1
  route-target export 1:1
  route-target import 1:1
```

```

!
mpls traffic-eng tunnels
!
interface Loopback0
 ip address 10.11.11.11 255.255.255.255
!
interface POS0/1
 ip address 10.12.12.10 255.255.255.0
 ip router isis
 mpls traffic-eng tunnels
 tag-switching ip
 crc 16
 clock source internal
!
interface POS5/1
 ip vrf forwarding aqua
 ip address 172.16.13.11 255.255.255.0
 crc 32
 clock source internal
!
router isis
 passive-interface Loopback0
 mpls traffic-eng router-id Loopback0
 mpls traffic-eng level-1
 net 47.1234.1010.1010.1010.00
 is-type level-1
 metric-style wide
!
router bgp 1
 bgp log-neighbor-changes
 neighbor 10.2.2.2 remote-as 1
 neighbor 10.2.2.2 update-source Loopback0
 no auto-summary
!
 address-family vpnv4
 neighbor 10.2.2.2 activate
 neighbor 10.2.2.2 send-community extended
 exit-address-family
!
 address-family ipv4 vrf aqua
 redistribute connected
 no auto-summary
 no synchronization
 exit-address-family
!

```

確認

PE2 は、PE1 と PE2 の間の MPBGP ピアリングを使用して、PE1 VPN IPv4 プレフィクス 172.16.1.0/24 を学習します。これは、次の図に示されています。

```
PE2# show ip route vrf aqua
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
B    172.16.1.0 [200/0] via 10.2.2.2, 16:09:10
C    172.16.13.0 is directly connected, POS5/1
```

同様に、PE1 は、PE1 と PE2 の間の MPBGP ピアリングを使用して、PE2 VPN IPv4 プレフィックス 172.16.13.0/24 を学習します。これは、次の図に示されています。

```
PE1# show ip route vrf aqua
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
```

Gateway of last resort is not set

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
B    172.16.13.0 [200/0] via 10.11.11.11, 16:09:49
C    172.16.1.0 is directly connected, Ethernet2/0/1
```

```
PE1# show ip route vrf aqua 172.16.13.13
Routing entry for 172.16.13.0/24
  Known via "bgp 1", distance 200, metric 0, type internal
  Last update from 10.11.11.11 16:13:19 ago
  Routing Descriptor Blocks:
  * 10.11.11.11 (Default-IP-Routing-Table), from 10.11.11.11, 16:13:19 ago
    Route metric is 0, traffic share count is 1
    AS Hops 0, BGP network version 0
```

```
PE1# show ip cef vrf aqua 172.16.13.13
172.16.13.0/24, version 11, cached adjacency 10.7.7.7
0 packets, 0 bytes
  tag information set
    local tag: VPN route head
    fast tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17 12308}
  via 10.11.11.11, 0 dependencies, recursive
    next hop 10.7.7.7, Ethernet2/0/2 via 10.11.11.11/32
    valid cached adjacency
    tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17 12308}
!--- The label stack used to reach 172.16.13.13 is !--- {17 12308}, where 17 is the outer label
to reach next hop 10.11.11.11 !--- and 12308 is the VPN IPv4 label for 172.16.13.0/24. PE1# show
ip cef 10.11.11.11
```

```
10.11.11.11/32, version 31, cached adjacency 10.7.7.7
0 packets, 0 bytes
  tag information set
    local tag: 21
    fast tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17}
  via 10.7.7.7, Ethernet2/0/2, 1 dependency
    next hop 10.7.7.7, Ethernet2/0/2
    valid cached adjacency
    tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17}
!--- Outer label 17 is used to reach next hop 10.11.11.11.
```

前述のように、CE1 は、ラベル スタック {17 12308} を使用して PE1 上に設定されている VPN ルーティング/転送 (VRF) インスタンス「aqua」を経由して、CE2 ネットワーク上の 172.16.13.13 に到達できます。

この ping の出力により、接続性を確認できます。

```
CE1# ping 172.16.13.13
```

Type escape sequence to abort.

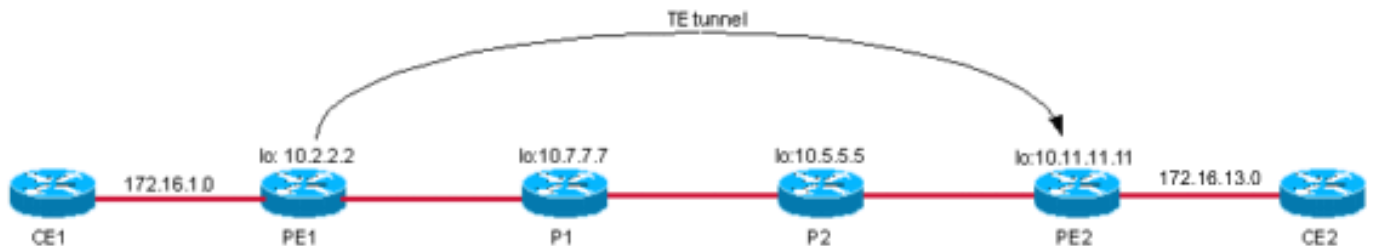
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.13.13, timeout is 2 seconds:

!!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/4 ms

ケース 1： TE トンネルを使用した VPN (TE トンネルが PE1 から PE2 の場合)

トポロジ



オートルート アナウンスを使用して TE トンネルが PE ルータ間に構築されている場合、出力 PE の BGP ネクストホップは、TE トンネル インターフェイスを経由して到達します。このため、PE1 は、TE ラベルを使用して PE2 に到達します。

注: MPLS TE は LDP に依存しません。これは、PE 間にフルメッシュのトンネルがある場合、ルータ上で効果的に LDP を無効にすることができ、TE トンネル インターフェイスで LDP を実行する必要がないことを意味します。ただし、VPN バージョン 4 (VPNv4) ルートの BGP ネクストホップに対し、すべてのトンネルを確立する必要があります。この設定の例では、BGP ネクストホップが PE2 の Loopback0 (10.11.11.11) であることを確認できます。このループバックは、PE1 から PE2 へのトンネル宛先でもあります。リターントラフィック用に PE2 から PE1 へのトンネルも存在する場合に、コアで LDP を無効にできるのは、このためです。次に、TE トンネルを介してすべての VPNv4 トラフィックが伝送され、CE 間での転送が行われます。BGP ネクストホップが TE トンネル宛先と同一でない場合は、LDP をコアと TE トンネルで実行する必要があります。

設定

PE トンネルを確立するための PE1 への追加設定を、次に示します。

```
PE1
-----
PE1# show run interface tunnel 0
!
interface Tunnel0
 ip unnumbered Loopback0
 no ip directed-broadcast
 no ip route-cache distributed
 tunnel destination 10.11.11.11
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
end
```

確認

```
PE1# show ip cef vrf aqua 172.16.13.13
172.16.13.0/24, version 11
0 packets, 0 bytes
  tag information set
    local tag: VPN route head
    fast tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {19 12308}
  via 10.11.11.11, 0 dependencies, recursive
    next hop 10.11.11.11, Tunnel0 via 10.11.11.11/32
    valid adjacency
    tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {19 12308}
!--- The label stack to reach 172.16.13.13 is {19 12308}. !--- BGP next hop for the VPNv4 prefix
is 10.11.11.11, which is !--- the same as the TE tunnel destination. PE1# show ip route
10.11.11.11
Routing entry for 10.11.11.11/32
  Known via "isis", distance 115, metric 40, type level-1
  Redistributing via isis
  Last update from 10.11.11.11 on Tunnel0, 00:02:09 ago
  Routing Descriptor Blocks:
  * 10.11.11.11, from 10.11.11.11, via Tunnel0
!--- The route is via Tunnel0. Route metric is 40, traffic share count is 1
次に、Tunnel0 を経由してネクストホップ 10.11.11.11 に到達するために使用する外部ラベルを
確認します。
```

```
PE1# show mpls traffic-eng tunnels tunnel 0

Name: PE1_t0 (Tunnel0) Destination: 10.11.11.11
Status:
  Admin: up      Oper: up      Path: valid      Signalling: connected

  path option 10, type dynamic (Basis for Setup, path weight 30)

Config Parameters:
  Bandwidth: 0 kbps (Global) Priority: 7 7 Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: TE (default)
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 0 bw-based
  auto-bw: disabled

InLabel : -
OutLabel : Ethernet2/0/2, 19
!--- Label 19 from RSVP is used to reach destination 10.11.11.11/32. RSVP Signalling Info: Src
10.2.2.2, Dst 10.11.11.11, Tun_Id 0, Tun_Instance 31 RSVP Path Info: My Address: 10.7.7.2
Explicit Route: 10.7.7.7 10.8.8.7 10.8.8.5 10.12.12.10 10.11.11.11 Record Route: NONE Tspec: ave
rate=0 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=0 kbits RSVP Resv Info: Record Route: NONE Fspec: ave
rate=0 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=Inf Shortest Unconstrained Path Info: Path Weight: 30
(TE) Explicit Route: 10.7.7.2 10.7.7.7 10.8.8.7 10.8.8.5 10.12.12.10 10.11.11.11 History:
Tunnel: Time since created: 17 hours, 17 minutes Time since path change: 32 minutes, 54 seconds
Current LSP: Uptime: 32 minutes, 54 seconds Prior LSP: ID: path option 10 [14] Removal Trigger:
tunnel shutdown
```

この情報を表示する別の方法として、次に示す **show** コマンドの出力修飾子を使用する方法があります。

```
PE1# show mpls traffic-eng tunnels tunnel 0 | include Label
InLabel : -
OutLabel : Ethernet2/0/2, 19
!--- This is the label to reach 10.11.11.11.
```


次のタグ スタックを確認してください。TE ラベル 19 が、Tunnel0 を使用してネクストホップ 10.11.11.0 にパケットを転送するために使用されています。

```
PE1# show tag forwarding-table 10.11.11.11 detail
Local   Outgoing   Prefix           Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag     tag or VC  or Tunnel Id    switched  interface
21      Pop tag    10.11.11.11/32  0          Tu0        point2point
      MAC/Encaps=14/18, MTU=1500, Tag Stack{19}, via Et2/0/2
      00603E2B02410060835887428847 00013000
      No output feature configured
      Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
```

PE1#
これにより、PE1 は、ラベル スタック {19 12308} を使用して、172.16.13.13 宛てのパケットを送信します。P1 は、ラベル 19 をスワップします。パケットは、外部ラベルをポップする P2 に到達します。次に、ラベル 12308 だけを使用してパケットが PE2 に転送されます。

PE2 では、ラベル 12308 のパケットが受信され、転送テーブルの情報に基づいてこのパケットがスイッチされます。これは、次の図に示されています。

```
PE2# show tag for tags 12308 detail
Local   Outgoing   Prefix           Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag     tag or VC  or Tunnel Id    switched  interface
12308   Aggregate  172.16.13.0/24[V] 12256
      MAC/Encaps=0/0, MTU=0, Tag Stack{}
      VPN route: aqua
      No output feature configured
      Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
```

PE2#
注: 発信タグが Aggregate であるため「発信インターフェイス」は表示されません。これは、ラベルに関連付けられているプレフィクスが直接接続ルートとなっていることが原因です。

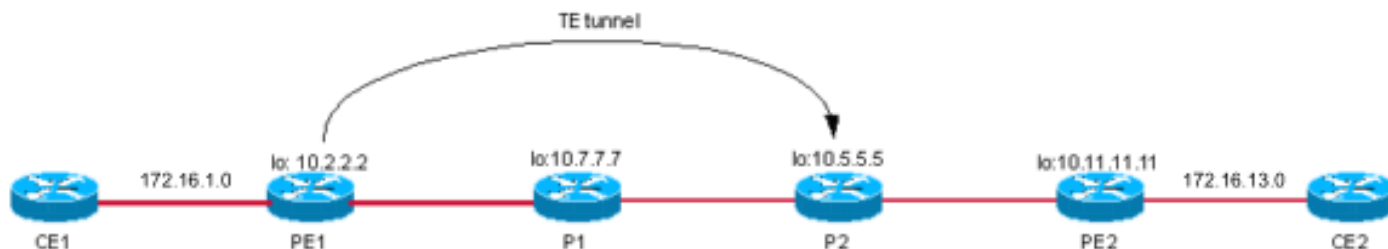
CE1 から CE2 のホストに PING を行うと、TE トンネルを経由した VPN の接続性を確認できます。

```
CE1# ping 172.16.13.13

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.13.13, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/13/36 ms
CE1#
```

ケース 2: TE トンネルを使用した VPN (TE トンネルが PE1 から P2 の場合)

トポロジ



設定

PE1 の基本設定を使用した TE への追加設定は、次のとおりです。

```

PE1
-----
PE1# show run interface tunnel 0
!
interface Tunnel0
 ip unnumbered Loopback0
 no ip directed-broadcast
 no ip route-cache distributed
 tunnel destination 10.5.5.5
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
end
!

```

確認

PE1 VRF aqua のプレフィクス 172.16.13.13 へのルートをチェックします。このルートは、ラベルスタック {19 12308} を使用したネクストホップ 10.11.11.11/32 (Tunnel0 経由) を指します。

```

PE1# show ip cef vrf aqua 172.16.13.13
172.16.13.0/24, version 11
0 packets, 0 bytes
 tag information set
   local tag: VPN route head
   fast tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {19 12308}
 via 10.11.11.11, 0 dependencies, recursive
   next hop 10.5.5.5, Tunnel0 via 10.11.11.11/32
   valid adjacency
   tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {19 12308}

```

次に示すように、外部ラベルであるラベル 19 を使用して、ネクストホップ 10.11.11.11/32 に到達します。

```

PE1# show ip cef 10.11.11.11
10.11.11.11/32, version 37
0 packets, 0 bytes
 tag information set
   local tag: 21

```

```
fast tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {19}
via 10.5.5.5, Tunnel0, 1 dependency
next hop 10.5.5.5, Tunnel0
valid adjacency
tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {19}
```

PE1# **show mpls traffic-eng tunnels tunnel 0**

```
Name: PE1_t0 (Tunnel0) Destination: 10.5.5.5
Status:
Admin: up Oper: up Path: valid Signalling: connected

path option 10, type dynamic (Basis for Setup, path weight 20)

Config Parameters:
Bandwidth: 0 kbps (Global) Priority: 7 7 Affinity: 0x0/0xFFFF
Metric Type: TE (default)
AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 0 bw-based
auto-bw: disabled
```

InLabel : -

OutLabel : Ethernet2/0/2, 19

RSVP Signalling Info:

Src 10.2.2.2, Dst 10.5.5.5, Tun_Id 0, Tun_Instance 33

RSVP Path Info:

My Address: 10.7.7.2

Explicit Route: 10.7.7.7 10.8.8.7 10.8.8.5 10.5.5.5

Record Route: NONE

Tspec: ave rate=0 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=0 kbits

RSVP Resv Info:

Record Route: NONE

Fspec: ave rate=0 kbits, burst=1000 bytes, peak rate=Inf

Shortest Unconstrained Path Info:

Path Weight: 20 (TE)

Explicit Route: 10.7.7.2 10.7.7.7 10.8.8.7 10.8.8.5
10.5.5.5

History:

Tunnel:

Time since created: 17 hours, 31 minutes

Time since path change: 8 minutes, 49 seconds

Current LSP:

Uptime: 8 minutes, 49 seconds

Selection: reoptimization

Prior LSP:

ID: path option 10 [31]

Removal Trigger: path verification failed

PE1#

PE1# **show mpls traffic-eng tunnels tunnel 0 | i Label**

InLabel : -

OutLabel : Ethernet2/0/2, 19

PE1#

PE1からのパケットは、ラベルスタック {19 12308} を使用して、TE トンネル経由で送信されま
す。P1はパケットを受信すると、タグ 19 をポップ (PHP) し、ラベルスタック {12308} を使
用してこのパケットを送信します。show コマンドを使用すると、このことを確認できます。

P1> **show tag for tag 19**

Local tag	Outgoing tag or VC	Prefix or Tunnel Id	Bytes tag switched	Outgoing interface	Next Hop
19	Pop tag	10.2.2.2 0 [33]	2130	Et2/0	10.8.8.5

P1>

```
P1> show tag for tag 19 detail
```

```
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id   switched   interface
19     Pop tag     10.2.2.2 0 [33] 2257       Et2/0      10.8.8.5
      MAC/Encaps=14/14, MTU=1504, Tag Stack{
      006009E08B0300603E2B02408847
      No output feature configured
```

```
P1>
```

P2 は、ラベル スタック {12308} のパケットを受信すると LFIB をチェックしますが、LFIB との一致が存在しないため、このパケットをドロップします。P2 での show コマンド出力は、次のとおりです。

```
P2# show tag forwarding-table tags 12308 detail
```

```
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id   switched   interface
P2#
```

```
P2#
```

```
7w4d: TAG: Et0/3: recvd: CoS=0, TTL=253, Tag(s)=12308
```

```
7w4d: TAG: Et0/3: recvd: CoS=0, TTL=253, Tag(s)=12308
```

```
7w4d: TAG: Et0/3: recvd: CoS=0, TTL=253, Tag(s)=12308
```

```
7w4d: TAG: Et0/3: recvd: CoS=0, TTL=253, Tag(s)=12308
```

```
P2#
```

```
P2#
```

説明

この問題を解決するには、TE トンネルの TDP/LDP をイネーブルにして、この TDP/LDP をタグ スイッチング インターフェイスにします。解決策で示された例では、TDP は PE1 の Tunnel0 でイネーブルになっています。P2 は、指定された hello を受け入れ、指定された TDP 近隣ルータを形成するよう設定されています。これにより、PE1 は、LDP を経由して、P2 から 10.11.11.11 のラベルを受信します。Tunnel0 がタグ スイッチング インターフェイスになり、TDP が 10.11.11.11 へのトラフィックに対してイネーブルになったため、PE1 では、次の両方のラベルが使用されます。RSVP ラベルは TE テールエンドに到達するために使用され、TDP ラベルは 10.11.11.11 に到達するために使用されます。

このシナリオでは、次の両方に該当する場合、PE1 はラベル スタック {L2 L3 L1} を使用してデータを CE2 に転送します。

- L1 は VPN ラベルです。
- L2 は TE テールエンドに到達するために使用される RSVP ラベルです。
- L3 は 10.11.11.11 (P2 から受信) に到達するために使用される TDP ラベルです。

解決策

ソリューションとして、TE トンネル上で TDP をイネーブルにします。

設定

ここに、TDP がイネーブルになっている PE1 での TE トンネル設定を示します。追加部分は、太字で示されています。

PE1

```

PE1# show run interface tunnel 0
!
interface Tunnel0
 ip unnumbered Loopback0
 no ip directed-broadcast
 no ip route-cache distributed
 tag-switching ip
!--- This enables TDP. tunnel destination 10.5.5.5
 tunnel mode mpls traffic-eng tunnel mpls traffic-eng
 autoroute announce tunnel mpls traffic-eng path-option
 10 dynamic end !

```

次に、指定された TDP hello を受け入れるための、TE トンネルのテールエンドでの追加設定を示します。

```

P2# show run | i directed-hello
tag-switching tdp discovery directed-hello accept
!--- This configures P2 to accept directed TDP hellos. P2#

```

確認

```

PE1# show tag tdp neighbor | i Peer
 Peer TDP Ident: 10.7.7.7:0; Local TDP Ident 10.2.2.2:0
 Peer TDP Ident: 10.5.5.5:0; Local TDP Ident 10.2.2.2:0

PE1#
PE1# show ip cef vrf aqua 172.16.13.13
172.16.13.0/24, version 11
0 packets, 0 bytes
 tag information set
  local tag: VPN route head
  fast tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {19 18 12308}
 via 10.11.11.11, 0 dependencies, recursive
  next hop 10.5.5.5, Tunnel0 via 10.11.11.11/32
  valid adjacency
  tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {19 18 12308}
PE1#

```

```

PE1# show mpls traffic-eng tunnels tunnel 0 | i Label
 InLabel : -
 OutLabel : Ethernet2/0/2, 19
!--- This is the TE label learned via RSVP. PE1# PE1# show tag tdp bind 10.11.11.11 32
 tib entry: 10.11.11.11/32, rev 20
  local binding: tag: 21
  remote binding: tsr: 10.7.7.7:0, tag: 17
  remote binding: tsr: 10.5.5.5:0, tag: 18
!--- This is the TDP label from P2.

```

P1 がラベル スタック {19 18 12308} のパケットを受信すると、タグ 19 をポップし、ラベル スタック {18 12308} を使用してこのパケットを P2 に送信します。P2 は、ラベル 18 の LFIB をチェックしてタグをポップし、発信インターフェイス PO2/0/0 を使用して PE1 に LFIB を送信します。PE1 は、ラベル 12308 のパケットを受信して、このパケットを CE2 へ正常にスイッチします。

```

P2# show tag for tag 18
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC    or Tunnel Id    switched   interface
18     Pop tag      10.11.11.11/32  117496     POS2/0/0  point2point

```

```
P2# show tag tdp discovery
Local TDP Identifier:
 10.5.5.5:0
Discovery Sources:
Interfaces:
  Ethernet0/3 (tdp): xmit/recv
    TDP Id: 10.7.7.7:0
  POS2/0/0 (tdp): xmit/recv
    TDP Id: 10.11.11.11:0
Directed Hellos:
 10.5.5.5 -> 10.2.2.2 (tdp): passive, xmit/recv
    TDP Id: 10.2.2.2:0

P2# show tag tdp neighbor 10.2.2.2
Peer TDP Ident: 10.2.2.2:0; Local TDP Ident 10.5.5.5:0
TCP connection: 10.2.2.2.711 - 10.5.5.5.11690
State: Oper; PIEs sent/rcvd: 469/465; Downstream
Up time: 01:41:08
TDP discovery sources:
  Directed Hello 10.5.5.5 -> 10.2.2.2, passive
Addresses bound to peer TDP Ident:
 10.7.7.2      172.16.47.166  10.2.2.2
```

```
PE1# show tag tdp neighbor 10.5.5.5
Peer TDP Ident: 10.5.5.5:0; Local TDP Ident 10.2.2.2:0
TCP connection: 10.5.5.5.11690 - 10.2.2.2.711
State: Oper; PIEs sent/rcvd: 438/441; Downstream
Up time: 01:35:08
TDP discovery sources:
  Directed Hello 10.2.2.2 -> 10.5.5.5, active
!--- This indicates the directed neighbor. Addresses bound to peer TDP Ident: 10.5.5.5
10.12.12.5 10.8.8.5 PE1# show ip route 10.11.11.11
Routing entry for 10.11.11.11/32
  Known via "isis", distance 115, metric 40, type level-1
  Redistributing via isis
B  Last update from 10.5.5.5 on Tunnel0, 01:52:21 ago
  Routing Descriptor Blocks:
  * 10.5.5.5, from 10.11.11.11, via Tunnel0
    Route metric is 40, traffic share count is 1
```

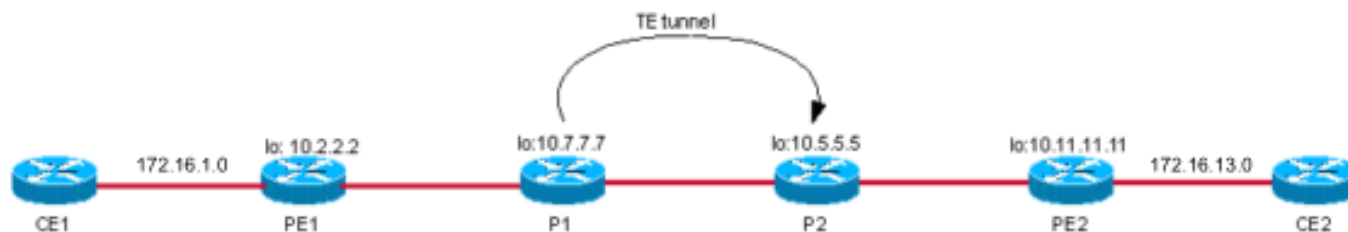
CE1 から CE2 のホストに ping コマンドを発行することで、この解決策の有効性を確認します。

```
CE1# ping 172.16.13.13

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.13.13, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/4/4 ms
CE1#
```

ケース 3： P1 から P2 への TE トンネルを使用した CE1 と CE2 の間の VPN (TDP/LDP がイネーブルになっていない場合)

トポロジ



設定

PE1 のトンネル設定を次に示します。

```

PE1

P1# show run interface tunnel 0
Building configuration...

Current configuration : 255 bytes
!
interface Tunnel0
 ip unnumbered Loopback0
 no ip directed-broadcast
 ip route-cache distributed
 tunnel destination 10.5.5.5
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
end

```

確認

CE2 172.16.13.13 宛てのパケットがどのようにスイッチされるかを確認します。show ip cef コマンド出力は、172.16.13.13 宛てのパケットがラベル スタック {17 12308} を使用してスイッチされることを示します。

```

PE1# show ip cef vrf aqua 172.16.13.13
172.16.13.0/24, version 18, cached adjacency 10.7.7.7
0 packets, 0 bytes
 tag information set
   local tag: VPN route head
   fast tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17 12308}
 via 10.11.11.11, 0 dependencies, recursive
   next hop 10.7.7.7, Ethernet2/0/2 via 10.11.11.11/32
   valid cached adjacency
   tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17 12308}

```

P1 はこのパケットを受信すると、外部ラベル 17 を削除し、Tunnel0 への IP ルーティング テーブルを調べた後、このパケットをスイッチします。この出力の暗黙的なヌルの外部ラベルに注意してください。これは、発信インターフェイスはラベル スイッチングされていないことを意味します。

```

P1# show ip cef 10.11.11.11 detail
10.11.11.11/32, version 52

```

```
0 packets, 0 bytes
tag information set
  local tag: 17
  fast tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {}
via 10.5.5.5, Tunnel0, 0 dependencies
  next hop 10.5.5.5, Tunnel0
  valid adjacency
  tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {}
```

```
P1# show mpls traffic-eng tunnel tunnel 0 | i Label
```

```
InLabel : -
OutLabel : Ethernet2/0, implicit-null
```

```
P1# show tag for 10.11.11.11 detail
```

```
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id    switched   interface
17     Untagged   10.11.11.11/32  882        Tu0        point2point
      MAC/Encaps=14/14, MTU=1500, Tag Stack{}, via Et2/0
      006009E08B0300603E2B02408847
      No output feature configured
      Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
```

```
P1# show ip route 10.11.11.11
```

```
Routing entry for 10.11.11.11/32
  Known via "isis", distance 115, metric 30, type level-1
  Redistributing via isis
  Last update from 10.5.5.5 on Tunnel0, 00:03:20 ago
  Routing Descriptor Blocks:
  * 10.5.5.5, from 10.11.11.11, via Tunnel0
    Route metric is 30, traffic share count is 1
```

P2 は、ラベル 12308 のパケットを受信すると、転送テーブルを調べます。P2 はパケットを廃棄するため、CE2 からの VPN タグ 12308 を認識できません。

```
P2# show tag for tag 12308 detail
```

```
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id    switched   interface
```

これにより、CE2 宛ての VPN パケットのパスが切断されます。これは、CE2 172.16.13.13/32 に対して ping を発行することで、確認できます。

```
PE1#
```

```
CE1# ping 172.16.13.13
```

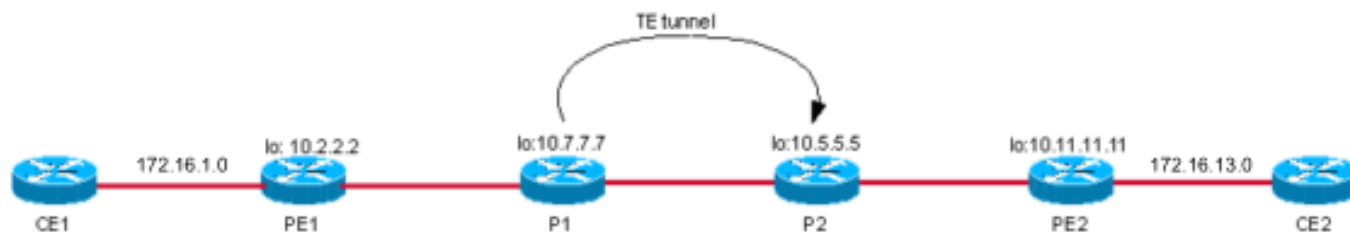
```
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.13.13, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
CE1#
```

解決策

ソリューションとして、トンネルを使用する LDP/TDP をイネーブルにします。次の項では、このソリューションについて説明します。

ケース 4： P1 と P2 の間の TE トンネルを使用した VPN (LDP がイネーブルになっている場合)

トポロジ



設定

トンネルで LDP がイネーブルになっていると、P1 での設定は次のようになります。追加部分は、太字で示されています。

```

PE1
-----
P1# show run interface tunnel 0
Building configuration...

Current configuration : 273 bytes
!
interface Tunnel0
  ip unnumbered Loopback0
  no ip directed-broadcast
  ip route-cache distributed
  mpls label protocol ldp
  tunnel destination 10.5.5.5
  tunnel mode mpls traffic-eng
  tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
  tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
end
!
  
```

確認

PE1 は、ラベル スタック {17 12308} を使用して、プレフィクス 172.16.13.13/32 にパケットを送信します。

```

PE1#
PE1# show tag for 10.11.11.11 detail
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC  or Tunnel Id    switched  interface
21     17         10.11.11.11/32  0         Et2/0/2   10.7.7.7
      MAC/Encaps=14/18, MTU=1500, Tag Stack{17}
      00603E2B02410060835887428847 00011000
      No output feature configured
      Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

PE1#
PE1# show ip cef 10.11.11.11 detail
10.11.11.11/32, version 60, cached adjacency 10.7.7.7
0 packets, 0 bytes
tag information set
  local tag: 21
  fast tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17}
  via 10.7.7.7, Ethernet2/0/2, 1 dependency
  
```

```
next hop 10.7.7.7, Ethernet2/0/2
valid cached adjacency
tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17}
```

```
PE1# show ip cef vrf aqua 172.16.13.13
172.16.13.0/24, version 18, cached adjacency 10.7.7.7
0 packets, 0 bytes
tag information set
  local tag: VPN route head
  fast tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17 12308}
via 10.11.11.11, 0 dependencies, recursive
  next hop 10.7.7.7, Ethernet2/0/2 via 10.11.11.11/32
  valid cached adjacency
  tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17 12308}
```

P1 は、ラベル スタックが {17 12308} のパケットを受信し、ラベル 17 の LFIB を探します。

```
P1# show tag for tag 17 detail
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC  or Tunnel Id   switched  interface
17     18         10.11.11.11/32 1158      Tu0       point2point
      MAC/Encaps=14/18, MTU=1496, Tag Stack{18}, via Et2/0
      006009E08B0300603E2B02408847 00012000
      No output feature configured
      Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
P1#
```

```
P1# show ip cef 10.11.11.11 detail
10.11.11.11/32, version 52
0 packets, 0 bytes
tag information set
  local tag: 17
  fast tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {18}
via 10.5.5.5, Tunnel0, 0 dependencies
  next hop 10.5.5.5, Tunnel0
  valid adjacency
  tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {18}
```

ラベル 17 はラベル 18 にスワップされる必要があることを示します。したがって、このパケットは、ラベル スタック {18 12308} を使用して、トンネル インターフェイス経由でスイッチングされます。

P2 は、トンネル インターフェイスを使用して、ラベル スタック {18 12308} のパケットを受信します。P2 は、タグ 18 をポップして (ペナルティメイト ホップ ルータであるため)、ラベル 12308 のパケットを PE2 へスイッチします。

```
P2# show tag for tag 18 detail
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC  or Tunnel Id   switched  interface
18     Pop tag    10.11.11.11/32 127645    PO2/0/0   point2point
      MAC/Encaps=4/4, MTU=4474, Tag Stack{}
      0F008847
      No output feature configured
      Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
P2#
```

PE2 は、ラベル 12308 のパケットを受信して、このパケットを CE2 へ正常にスイッチします。

```
PE2# show tag forwarding tags 12308 detail
```

```

Local   Outgoing   Prefix           Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag     tag or VC    or Tunnel Id     switched  interface
12308   Aggregate   172.16.13.0/24[V] 12256
        MAC/Encaps=0/0, MTU=0, Tag Stack{}
        VPN route: aqua
        No output feature configured
        Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
PE2#

```

```
CE1# ping 172.16.13.13
```

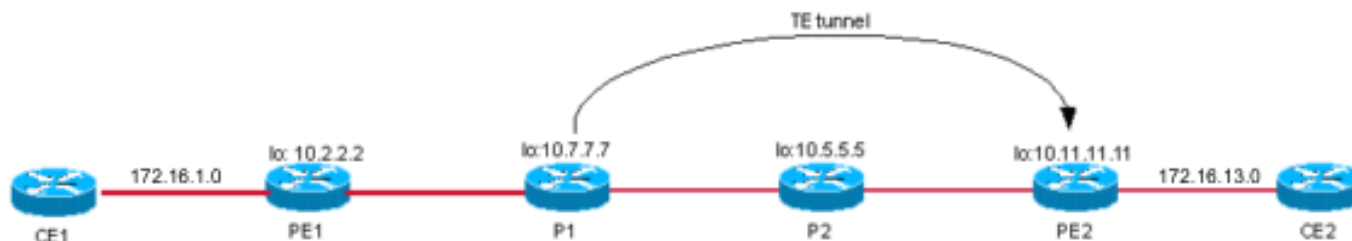
```

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.13.13, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/4 ms
CE1#

```

ケース 5 : P1 と PE2 の間のトンネルを使用した MPLS VPN

トポロジ



設定

```

PE1
-----
P1# show run interface tunnel 0
Building configuration...

Current configuration : 258 bytes
!
interface Tunnel0
 ip unnumbered Loopback0
 no ip directed-broadcast
 ip route-cache distributed
 tunnel destination 10.11.11.11
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic
end

```

確認

PE1 は、ラベル スタック {17 12308} を使用して、172.16.13.13 宛てのパケットをネクストホップ 10.11.11.11 に送信します。

```
PE1# show ip cef vrf aqua 172.16.13.13
```

```
172.16.13.0/24, version 18, cached adjacency 10.7.7.7
0 packets, 0 bytes
tag information set
  local tag: VPN route head
  fast tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17 12308}
via 10.11.11.11, 0 dependencies, recursive
  next hop 10.7.7.7, Ethernet2/0/2 via 10.11.11.11/32
  valid cached adjacency
  tag rewrite with Et2/0/2, 10.7.7.7, tags imposed {17 12308}
```

P1 は、ラベルスタック {17 12308} のパケットを受信します。P1 は、LFIB テーブルを調べてタグスタック {17} をチェックし、ラベル {17} のパケットを P2 へとスイッチします。

```
P1# show tag for 10.11.11.11 detail
```

```
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id   switched   interface
17     Untagged   10.11.11.11/32  411        Tu0        point2point
      MAC/Encaps=14/18, MTU=1500, Tag Stack{17}, via Et2/0
      006009E08B0300603E2B02408847 00011000
      No output feature configured
Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
```

```
P1# show tag for tag 17 detail
```

```
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id   switched   interface
17     Untagged   10.11.11.11/32  685        Tu0        point2point
      MAC/Encaps=14/18, MTU=1500, Tag Stack{17}, via Et2/0
      006009E08B0300603E2B02408847 00011000
      No output feature configured
Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
```

```
P1#
```

```
P1# show ip cef 10.11.11.11
```

```
10.11.11.11/32, version 67
0 packets, 0 bytes
tag information set
  local tag: 17
  fast tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {17}
via 10.11.11.11, Tunnel0, 0 dependencies
  next hop 10.11.11.11, Tunnel0
  valid adjacency
  tag rewrite with Tu0, point2point, tags imposed {17}
```

P2 は、ラベルスタック {17 12308} のパケットを受信します。ペナルティタイムアウト ホップ ルータである P2 は、ラベル 17 をポップします。

```
P2# show tag for tag 17 detail
```

```
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id   switched   interface
17     Pop tag    10.7.7.7 0 [5]  535        PO2/0/0    point2point
      MAC/Encaps=4/4, MTU=4474, Tag Stack{}
      0F008847
      No output feature configured
```

```
P2#
```

PE2 は、ラベル 12308 のパケットを受信します。P2 は、ラベル 12308 の宛先が直接接続されていることを認識します。したがって、CE1 から CE2 に ping を発行すると、10 が出力されます。

```
PE2# show tag for tag 12308 detail
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id    switched   interface
12308  Aggregate  172.16.13.0/24[V] 12776
      MAC/Encaps=0/0, MTU=0, Tag Stack{}
      VPN route: aqua
      No output feature configured
      Per-packet load-sharing, slots: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
```

PE2#
注: 発信タグが Aggregate であるため「発信インターフェイス」は表示されません。これは、ラベルに関連付けられているプレフィクスが直接接続ルートとなっていることが原因です。

```
CE1# ping 172.16.13.13
```

```
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.13.13, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/4/4 ms
CE1#
```

既知の問題

詳細については、『[Field Notice : MPLS VPN with TE and MPLS InterAS Advisory on Cisco IOS® Software](#)』を参照してください。

結論

TE トンネルが出力 PE で終端されている場合は、追加設定をしなくても、MPLS VPN と TE は連携して動作します。TE トンネルがいずれかの P ルータ (コアの PE の前) で終端されている場合は、外部ラベルとして VPN ラベルを使用してパケットが到達しますが、これらのデバイスの LFIB にこの外部ラベルがないため、MPLS VPN トラフィック転送は失敗します。このため、これらの中間ルータは、最終宛先である VPN カスタマー ネットワークにパケットを転送できません。この問題を解決するには、TE トンネルで LDP/TDP をイネーブルにする必要があります。

関連情報

- [MPLS に関する FAQ : ビギナー向け](#)
- [MPLS VPN のトラブルシューティング方法](#)
- [OSPF を使用した基本的な MPLS トラフィック エンジニアリングの設定例](#)
- [MPLS VPN の基本設定](#)
- [MPLS VPN の LSP 障害のトラブルシューティング](#)
- [MPLS に関するサポートページ](#)
- [テクニカルサポート - Cisco Systems](#)