



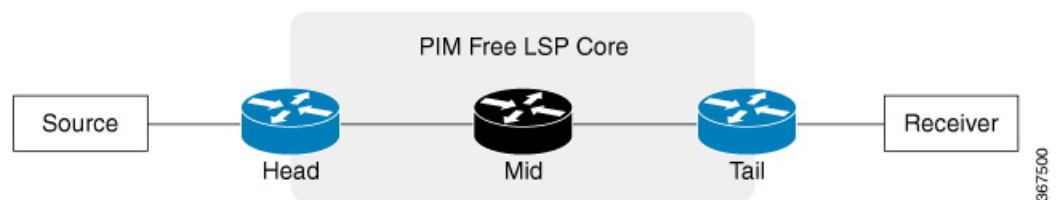
## Point to Multipoint Traffic Engineering（ポイントツーマルチポイントトラフィックエンジニアリング）の設定

サービスプロバイダーネットワークでマルチキャストトラフィックを伝送するには、PIMなどのマルチキャストプロトコルを展開し、サービスプロバイダーコアで転送パスを設定する必要があります。ただし、MPLSバックボーンネットワークの場合、サービスプロバイダーはIPトンネリングではなくラベルカプセル化を使用できます。この方式は、サービスプロバイダーコアの制御トラフィックのオーバーヘッドを減らすのに役立ちます。また、MPLSトラフィックエンジニアリングおよび保護機能を活用できます。

ラベルのカプセル化は、ポイントツーマルチポイント（P2MP）ラベルスイッチドパス（LSP）か、マルチポイントツーマルチポイント（MP2MP）LSPのどちらかになります。マルチキャストLSPを作成する場合は、RSVP-TEプロトコル拡張を使用できます。RSVP-TEプロトコルは、MPLSネットワーク全体でP2MP LSPをシングナリングするように拡張されています。P2MP-TE機能により、P2MP-TEトンネルを使用した、PIMフリーサービスプロバイダーコア経由でのマルチキャストトラフィックの伝送が可能になります。

次の図は、この機能で使用されるトポロジについて説明しています。

図 1: PIM フリー LSP コア



この図では次の用語を使用しています。

- ヘッド：TE トンネルが設定されているルータ。
- テール：TE トンネルの終端となるルータ。
- ミッド：TE トンネルが通過するルータ。

マルチキャスト VPN (mVPN) プロファイルは、グローバル コンテキストに対して、または VRF ごとに設定されます。マルチキャスト ストリームをどこに転送する必要があるかに応じて、異なる mVPN プロファイルを適用できます。

P2MP-TE 機能では、次の mVPN プロファイルがサポートされています。

- mVPN プロファイル 8 (グローバル コンテキスト用)
- mVPN プロファイル 10 (L3VPN コンテキスト用)

### 制約事項および使用上の注意事項

この機能には次の制約事項と注意事項が適用されます。

- Source-Specific Multicast (SSM) トラフィックのみがサポートされます。
- プロファイル 8 では、IPv4 と IPv6 の両方がサポートされます。
- プロファイル 10 では、IPv4 のみがサポートされます。
- P2MP-TE トンネルの Fast Reroute (FRR) はサポートされません。
- BVI インターフェイスはサポートされません。

### 設定例 : P2MP-TE プロファイル 8

この例は、プロファイル 8 の P2MP-TE 設定を示しています。P2MP トンネルで、ヘッド、ミッド、テールの各ルータを設定する必要があります。

ヘッドルータの設定は次のようになります。この設定には、IGP、MPLS-TE トンネル、およびマルチキャストの設定が含まれます。この機能を設定する際には、LDP と RSVP も設定する必要があります。

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-router)# area 0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# mpls traffic-eng
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-mpls-te)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface TenGigE0/0/0/0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# cost 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# network point-to-point
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface TenGigE0/0/0/2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# cost 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# network point-to-point
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# mpls traffic-eng router-id loopback 0
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# interface tunnel-mte 2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if)# ipv4 unnumbered Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if)# destination 10.2.2.2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if-p2mp-dest)# path-option 1 dynamic
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if-p2mp-dest)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# multicast-routing
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# interface Loopback0
```

```

RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# interface tunnel-mte 2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# mdt source Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# interface all enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# accounting per-prefix
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router igmp
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp)# interface tunnel-mte 2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-if)# static-group 232.0.0.2 10.0.0.100
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp)# interface TenGigE0/0/0/0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-if)# version 3
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router pim
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-default-ipv4)# interface tunnel-mte 2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-default-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-default-ipv4-if)# exit

```

ヘッドルータの実行コンフィギュレーションは次のようになります。

```

interface Loopback0
  ipv4 address 10.1.1.1 255.255.255.255
!
interface TenGigE0/0/0/0
  ipv4 address 10.0.0.1 255.255.255.0
!
interface TenGigE0/0/0/2
  ipv4 address 10.2.0.1 255.255.255.0
!
router ospf 1
  area 0
    mpls traffic-eng
    !
    interface Loopback0
    interface TenGigE0/0/0/0
      cost 1
      network point-to-point
    interface TenGigE0/0/0/2
      cost 1
      network point-to-point
    !
  mpls traffic-eng router-id Loopback0
!
rsvp
  interface TenGigE0/0/0/2
    bandwidth percentage 100
!
!
mpls traffic-eng
  interface TenGigE0/0/0/2
!
mpls ldp
  discovery
    targeted-hello interval 10
!
  router-id 10.1.1.1
  address-family ipv4
    discovery targeted-hello accept
!
  interface TenGigE0/0/0/2
!
!
!

```

```

interface tunnel-mte2
  ipv4 unnumbered Loopback0
  destination 10.2.2.2
  path-option 1 dynamic
  !
!
!
multicast-routing
  address-family ipv4
    interface Loopback0
      enable
    !
    interface tunnel-mte2
      enable
    !
  mdt source Loopback0
  interface all enable
  accounting per-prefix
  !
!
!
router igmp
  interface tunnel-mte2
    static-group 232.0.0.2 10.0.0.100
  !
  interface TenGigE0/0/0/0
    version 3
  !
!
router pim
  address-family ipv4
    interface tunnel-mte2
      enable
  !
!
!

```

ミッドルータには、MPLS-TE、RSVP、およびOSPFなどのIGPの設定のみ必要です。ミッドルータの実行コンフィギュレーションは次のようになります。

```

interface Loopback0
  ipv4 address 10.5.5.5 255.255.255.255
interface TenGigE0/0/0/2
  ipv4 address 10.10.0.5 255.255.255.0
interface TenGigE0/0/0/3
  ipv4 address 10.13.0.5 255.255.255.0
router ospf 1
  area 0
    mpls traffic-eng
    interface Loopback0
    interface TenGigE0/0/0/2
      cost 1
      network point-to-point
    interface TenGigE0/0/0/3
      cost 1
      network point-to-point
  mpls traffic-eng router-id Loopback0
rsvp
  interface TenGigE0/0/0/2
    bandwidth percentage 100
  interface TenGigE0/0/0/3
    bandwidth percentage 100
mpls traffic-eng

```

```

interface TenGigE0/0/0/2
interface TenGigE0/0/0/3
mpls ldp
discovery
  targeted-hello interval 10
router-id 10.5.5.5
address-family ipv4
  discovery targeted-hello accept
interface TenGigE0/0/0/2
interface TenGigE0/0/0/3
!
!

```

テールルータの設定は次のようになります。この設定には、IGP、MPLS-TE トンネル、およびマルチキャストの設定が含まれます。ヘッドルータと同様に、この機能を設定する際には RSVP と LDP も設定する必要があります。

```

RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-router)# area 0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# mpls traffic-eng
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-mpls-te)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface TenGigE0/0/0/3
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# cost 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# network point-to-point
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# mpls traffic-eng router-id loopback 0
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# interface tunnel-mte 2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if)# ipv4 unnumbered Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if)# destination 10.2.2.2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if-p2mp-dest)# path-option 1 dynamic
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if-p2mp-dest)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# multicast-routing
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# interface Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# mdt source Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# core-tree-protocol rsvp-te
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# static-rpf 10.0.0.100 32 mpls 1.1.1.1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# rate-per-route
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# interface all enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# accounting per-prefix
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router igmp
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp)# interface TenGigE0/0/0/3
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-if)# version 3
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router pim
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-default-ipv4)# interface TenGigE0/0/0/3
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-default-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-default-ipv4-if)# exit

```

テールルータの実行コンフィギュレーションは次のようになります。

```

!
interface Loopback0
  ipv4 address 10.2.2.2 255.255.255.255
!
interface TenGigE0/0/0/3
  ipv4 address 10.3.0.2 255.255.255.0

```

```
!  
interface TenGigE0/0/0/6  
  ipv4 address 10.6.0.2 255.255.255.0  
!  
router ospf 1  
  area 0  
    mpls traffic-eng  
    interface Loopback0  
    !  
    interface TenGigE0/0/0/3  
      cost 1  
      network point-to-point  
    !  
!  
mpls traffic-eng router-id Loopback0  
!  
rsvp  
  interface TenGigE0/0/0/3  
    bandwidth percentage 100  
  !  
!  
mpls traffic-eng  
  interface TenGigE0/0/0/3  
  !  
mpls ldp  
  discovery  
    targeted-hello interval 10  
  !  
  router-id 10.2.2.2  
  address-family ipv4  
    discovery targeted-hello accept  
  !  
  interface TenGigE0/0/0/3  
  !  
!  
multicast-routing  
  address-family ipv4  
  interface Loopback0  
    enable  
  !  
  mdt source Loopback0  
  core-tree-protocol rsvp-te  
  static-rpf 10.0.0.100 32 mpls 10.1.1.1  
  rate-per-route  
  interface all enable  
  accounting per-prefix  
  !  
!  
!  
router igmp  
!  
  interface TenGigE0/0/0/6  
    version 3  
  !  
!  
router pim  
!  
  address-family ipv4  
    interface TenGigE0/0/0/6  
      enable  
    !  
  !  
!  
!
```

## 設定例：P2MP-TE プロファイル 10

この例は、プロファイル 10 の P2MP-TE 設定を示しています。ヘッド、ミッド、テールの各ルータを設定する必要があります。

ヘッドルータの設定は次のようになります。この設定には、IGP、L3VPN、およびマルチキャストの設定が含まれます。この機能を設定する際には、MPLS-TE、LDP、およびRSVP も設定する必要があります。

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-router)# area 0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# mpls traffic-eng
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-mpls-te)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface TenGigE0/0/0/2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# cost 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# network point-to-point
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# mpls traffic-eng router-id loopback 0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-vrf)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-vrf-af)# import route-target 100:2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-vrf-af)# export route-target 120:2
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# interface TengigE0/0/0/0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if-vrf)# ipv4 address 10.0.0.1 255.255.255.0
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# route-policy pass-all
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# pass
RP/0/RP0/CPU0:router(config)#router bgp 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# bgp router-id 10.1.1.1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-af)# address-family vpnv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-af)# address-family ipv4 mvpn
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# neighbor 10.2.2.2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# remote-as 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# update-source Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all in
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all out
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# address-family vpnv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all in
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all out
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# address-family ipv4 mvpn
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf)#rd 100:2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf)#address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf-af)#label mode per-prefix
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf-af)#redistribute connected
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf-af)#exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf)# address-family ipv4 mvpn
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# multicast-routing
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# interface Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# mdt source Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# mdt source loopback0
```

```

RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# rate-per-route
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# interface all enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# bgp auto-discovery p2mp-te
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4-bgp-ad)# mdt static p2mp-te tunnel-mte2
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router igmp
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2)# interface tunnel-mte2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2-if)# static-group 239.0.0.1 100.0.0.100
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2)# interface TenGigE0/0/0/0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2-if)# version 3
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2)#
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router pim
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2-ipv4)# interface tunnel-mte2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2-ipv4-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2-ipv4)# interface TenGigE0/0/0/0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2-ipv4-if)# enable

```

ヘッドルータの実行コンフィギュレーションは次のようになります。

```

!
interface Loopback0
  ipv4 address 10.1.1.1 255.255.255.255
!
interface TenGigE0/0/0/2
  ipv4 address 10.2.0.1 255.255.255.0
!
router ospf 1
  area 0
    mpls traffic-eng
    !
    interface Loopback0
    !
    interface TenGigE0/0/0/2
      cost 1
      network point-to-point
    !
  mpls traffic-eng router-id Loopback0
!
rsvp
  interface TenGigE0/0/0/2
    bandwidth percentage 100
  !
!
mpls traffic-eng
  interface TenGigE0/0/0/2
  !
mpls ldp
  discovery
    targeted-hello interval 10
  !
  router-id 10.1.1.1
  address-family ipv4
    discovery targeted-hello accept
  !
  interface TenGigE0/0/0/2
  !
!
vrf vpn_2
  address-family ipv4 unicast

```



```
import route-target
 100:2
export route-target
 100:2

interface TenGigE0/0/0/0
vrf vpn_2
ipv4 address 10.0.0.1 255.255.255.0

route-policy pass-all
  pass
end-policy

router bgp 1
  bgp router-id 10.1.1.1
  address-family ipv4 unicast
  address-family vpnv4 unicast
  address-family ipv4 mvpn
  neighbor 10.2.2.2
  remote-as 1
  update-source Loopback0
  address-family ipv4 unicast
    route-policy pass-all in
    route-policy pass-all out
  address-family vpnv4 unicast
    route-policy pass-all in
    route-policy pass-all out
  address-family ipv4 mvpn
vrf vpn_2
  rd 100:2
  address-family ipv4 unicast
    label mode per-prefix
    redistribute connected
  address-family ipv4 mvpn
hostname head
!
multicast-routing
  address-family ipv4
    interface Loopback0
      enable
  !
  mdt source Loopback0
  !
  vrf vpn_2
    address-family ipv4
      mdt source Loopback0
      rate-per-route
      interface all enable
      bgp auto-discovery p2mp-te
  !
  mdt static p2mp-te tunnel-mte2
  !
!
!
router igmp
vrf vpn_2
  interface tunnel-mte2
    static-group 239.0.0.1 100.0.0.100
  !
  interface TenGigE0/0/0/0
    version 3
  !
!
router pim
```

```

vrf vpn_2
  address-family ipv4
    interface tunnel-mte2
      enable
    !
    interface TenGigE0/0/0/0
      enable
    !
  !
!
```

ミッドルータには、MPLS-TE、RSVP、およびIGPの設定のみ必要です。ミッドルータの実行コンフィギュレーションは次のようになります。

```

interface Loopback0
  ipv4 address 10.5.5.5 255.255.255.255

interface TenGigE0/0/0/2
  ipv4 address 10.0.0.5 255.255.255.0

interface TenGigE0/0/0/3
  ipv4 address 10.3.0.5 255.255.255.0

router ospf 1
  area 0
    mpls traffic-eng
    interface Loopback0
    interface TenGigE0/0/0/2
      cost 1
    network point-to-point
    interface TenGigE0/0/0/3
      cost 1
    network point-to-point
  mpls traffic-eng router-id Loopback0

rsvp
  interface TenGigE0/0/0/2
    bandwidth percentage 100
  interface TenGigE0/0/0/3
    bandwidth percentage 100

mpls traffic-eng
  interface TenGigE0/0/0/2
  interface TenGigE0/0/0/3

mpls ldp
  discovery
    targeted-hello interval 10
  router-id 10.5.5.5
  address-family ipv4
    discovery targeted-hello accept
  interface TenGigE0/0/0/2
  interface TenGigE0/0/0/3
  !
!
```

テールルータの設定は次のようになります。この設定には、L3VPN、マルチキャスト、およびIGPの設定が含まれます。ヘッドルータと同様に、この機能を設定する前にMPLS-TEとRSVPも設定する必要があります。

```

RP/0/RP0/CPU0:router# configure
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf 1
```

```

RP/0/RP0/CPU0:router(config-router)# area 0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# mpls traffic-eng
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-mpls-te)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface TenGigE0/0/0/3
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# cost 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# network point-to-point
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# mpls traffic-eng router-id loopback 0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-vrf)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-vrf-af)# import route-target 100:2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-vrf-af)# export route-target 120:2
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# interface TengigE0/0/0/6
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-if-vrf)# ipv4 address 10.0.0.1 255.255.255.0
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# route-policy pass-all
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# pass
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# end-policy
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router bgp 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# bgp router-id 10.2.2.2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-af)# address-family vpnv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-af)# address-family ipv4 mvpn
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# neighbor 10.1.1.1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# remote-as 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all in
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all out
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# address-family vpnv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all in
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all out
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# address-family ipv4 mvpn
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# multicast-routing
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# interface Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-default-ipv4)# mdt source Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# mdt source loopback0
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# core-tree-protocol rsvp-te
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# rate-per-route
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# interface all enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config-mcast-vpn_2-ipv4)# bgp auto-discovery p2mp-te
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router igmp
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2)# interface TenGigE0/0/0/6
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2-if)# version 3
RP/0/RP0/CPU0:router(config-igmp-vpn_2-if)# exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router pim
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2)# address-family ipv4
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2-ipv4)# interface TenGigE0/0/0/6
RP/0/RP0/CPU0:router(config-pim-vpn_2-ipv4-if)# enable
RP/0/RP0/CPU0:router(config)#router bgp 1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# bgp router-id 192.168.1.2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-af)# address-family vpnv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-af)# address-family ipv4 mvpn

```

```

RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# neighbor 192.168.1.1
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# remote-as 2002
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all in
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all out
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# address-family vpnv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all in
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr-af)# route-policy pass-all out
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-nbr)# address-family ipv4 mvpn
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp)# vrf vpn_2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf)#rd 100:2
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf)#address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf-af)#label mode per-prefix
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf-af)#redistribute connected
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf-af)#exit
RP/0/RP0/CPU0:router(config-bgp-vrf)# address-family ipv4 mvpn

```

テール ルータの実行コンフィギュレーションは次のようになります。

```

interface Loopback0
  ipv4 address 10.2.2.2 255.255.255.255
  !
interface TenGigE0/0/0/3
  ipv4 address 10.3.0.2 255.255.255.0
  !
router ospf 1
  area 0
    mpls traffic-eng
    interface Loopback0
      !
    interface TenGigE0/0/0/3
      cost 1
      network point-to-point
      !
  !
mpls traffic-eng router-id Loopback0
  !
rsvp
  interface TenGigE0/0/0/3
    bandwidth percentage 100
  !
  !
mpls traffic-eng
  interface TenGigE0/0/0/3
  !
mpls ldp
  discovery
    targeted-hello interval 10
  !
  router-id 10.2.2.2
  address-family ipv4
    discovery targeted-hello accept
  !
  interface TenGigE0/0/0/3
  !
  ! vrf vpn_2
  address-family ipv4 unicast
  import route-target
    100:2
  export route-target
    100:2

interface TenGigE0/0/0/6
  vrf vpn_2

```

```

ipv4 address 10.6.0.2 255.255.255.0

route-policy pass-all
  pass
end-policy

router bgp 1
  bgp router-id 10.2.2.2
  address-family ipv4 unicast
  address-family vpnv4 unicast
  address-family ipv4 mvpn
  neighbor 10.1.1.1
  remote-as 1
  update-source Loopback0
  address-family ipv4 unicast
    route-policy pass-all in
    route-policy pass-all out
  address-family vpnv4 unicast
    route-policy pass-all in
    route-policy pass-all out
  address-family ipv4 mvpn
vrf vpn_2
  rd 100:2
  address-family ipv4 unicast
    label mode per-prefix
    redistribute connected
  address-family ipv4 mvpn
!
multicast-routing
  address-family ipv4
  interface Loopback0
    enable
  !
  mdt source Loopback0
  !
vrf vpn_2
  address-family ipv4
    mdt source Loopback0
    core-tree-protocol rsvp-te
    rate-per-route
  interface all enable
  bgp auto-discovery p2mp-te
  !
!
router igmp
  vrf vpn_2
  interface TenGigE0/0/0/6
    version 3
  !
!
router pim
  vrf vpn_2
  address-family ipv4
    interface TenGigE0/0/0/6
      enable
  !
!
!

```

#### 検証 : P2MP-TE

次に、**show mrib vrf vpn\_2 route** コマンドを使用して、ヘッドルータでのマルチキャスト制御の状態が正しいかどうかを確認する例を示します。

```
RP/0/RP0/CPU0:router# show mrib vrf vpn_2 route
```

```
(10.0.0.100,232.0.0.1) RPF nbr: 10.0.0.100 Flags: RPF
Up: 00:00:38
Incoming Interface List
  TenGigE0/0/0/0 Flags: A, Up: 00:00:38
Outgoing Interface List
  Tunnel-mte2 Flags: F NS LI LVIF, Up: 00:00:38
```

また、テールルータでのマルチキャスト制御の状態を確認することもできます。

```
RP/0/RP0/CPU0:router# show mrib vrf vpn_2 route
```

```
(10.0.0.100,232.0.0.1) RPF nbr: 10.1.1.1 Flags: RPF
Up: 00:03:55
Outgoing Interface List
  TenGigE0/0/0/6 Flags: F NS LI, Up: 00:03:55
```

次に、**show mpls traffic-eng tunnels p2mp** コマンドを使用して、ヘッドルータで TE トンネルが確立されているかどうかを確認する例を示します。

```
RP/0/RP0/CPU0:router# show mpls traffic-eng tunnels p2mp 2
```

```
Name: tunnel-mte2
  Signalled-Name: head_mt2
  Status:
    Admin: up Oper: up (Up for 00:09:37)
    Config Parameters:
      Bandwidth: 0 kbps (CT0) Priority: 7 7 Affinity: 0x0/0xffff
      Interface Bandwidth: 0 kbps
      Metric Type: TE (global)
      Fast Reroute: Not Enabled, Protection Desired: None
      Record Route: Not Enabled
      Reoptimization after affinity failure: Enabled
      Destination summary: (1 up, 0 down, 0 disabled) Affinity: 0x0/0xffff
      Auto-bw: disabled
      Destination: 10.2.2.2
      State: Up for 00:09:37
      Path options:
        path-option 1 dynamic [active]
    Current LSP:
      lsp-id: 10002 p2mp-id: 2 tun-id: 2 src: 10.1.1.1 extid: 10.1.1.1
      LSP up for: 00:09:37 (since Fri May 25 22:32:03 UTC 2018)
      Reroute Pending: No
      Inuse Bandwidth: 0 kbps (CT0)
      Number of S2Ls: 1 connected, 0 signaling proceeding, 0 down S2L Sub LSP:
      Destination 2.2.2.2 Signaling Status: connected
      S2L up for: 00:09:37 (since Fri May 25 22:32:03 UTC 2018)
      Sub Group ID: 1 Sub Group Originator ID: 10.1.1.1
      Path option path-option 1 dynamic (path weight 2)
      Path info (OSPF 1 area 0)
        10.0.0.5
        10.0.0.2
        10.2.2.2
      Reoptimized LSP (Install Timer Remaining 0 Seconds):
        None
      Cleaned LSP (Cleanup Timer Remaining 0 Seconds):
        None
    Displayed 1 (of 101) heads, 0 (of 0) midpoints, 0 (of 0) tails
    Displayed 1 up, 0 down, 0 recovering, 0 recovered heads
```

次に、**show mpls forwarding p2mp** コマンドを使用して、ヘッドルータでのラベルの割り当てを確認する例を示します。

```
RP/0/RP0/CPU0:router# show mpls forwarding p2mp
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or ID	Outgoing Interface	Next Hop	Bytes Switched
64106	64008	P2MP TE: 2	TenGigE0/0/0/2	10.0.0.5	0

