



# IPv6 VPN プロバイダー エッジ転送 over MPLS

IPv6 プロバイダー エッジまたは IPv6 VPN プロバイダー エッジ (6PE/VPE) は、IPv6 転送に既存の MPLS IPv4 コア インフラストラクチャを使用します。6PE/VPE を使用すると、IPv6 サイト同士が MPLS ラベルスイッチドパス (LSP) を使用して MPLS IPv4 コア ネットワークを介して互いに通信できるようになります。

この機能は、プロバイダー エッジ (PE) ルータ上の IPv4 ネットワーク設定のマルチプロトコル ボーダー ゲートウェイ プロトコル (BGP) 拡張に大きく依存して、各 IPv6 アドレス プレフィックスの IPv6 到達可能性情報 (および MPLS ラベル) を交換します。エッジルータは、IPv4 と IPv6 の両方を実行するデュアルスタックとして設定され、IPv4 マッピング IPv6 アドレスを使用して IPv6 プレフィックスの到達可能性情報を交換します。

6PE/VPE を実装するには、MPLS および BGP4 の設定とトラブルシューティングを熟知することが必要です。

- [6PE/VPE の概要 \(1 ページ\)](#)
- [6PE/VPE の利点 \(2 ページ\)](#)
- [MPLS バックボーンを介した IPv6 の導入 \(2 ページ\)](#)
- [プロバイダー エッジルータおよびカスタマー エッジルータ上の IPv6 \(3 ページ\)](#)
- [OSPFv3 \(CE から PE\) \(4 ページ\)](#)
- [6PE/VPE の設定 \(5 ページ\)](#)
- [PE ルータと CE ルータ間のルーティング プロトコルとしての OSPFv3 の設定 \(8 ページ\)](#)

## 6PE/VPE の概要

さまざまな手法を使用して、サービス プロバイダーのコア バックボーン上で IPv6 サービスを統合できます。

- さまざまなデータリンク層で動作する IPv6 専用ネットワーク
- デュアルスタック IPv4-IPv6 バックボーン

- 既存の MPLS バックボーンの利用

これらのソリューションは、IPv6 トラフィックの量と生みだされる収益が、必要な投資と合意済みのリスクと一致する場合に、サービスプロバイダーのバックボーンに導入されます。条件は、エッジからスケーラブルな方法でネイティブ IPv6 サービスを導入する場合に都合が良く、IPv6 アドレッシングの制限はなく、適切に制御された IPv4 バックボーンを危険にさらすことありません。バックボーンの安定性は、最近 IPv4 インフラストラクチャを安定化させたばかりのサービス プロバイダーに必須です。

MPLS ネットワークで IPv6 サービスを提供統合シナリオは複数考えられるため、MPLS/IPv4 インフラストラクチャを実行する複数のサービスプロバイダーは同様の傾向に従います。シスコは、これらすべての要件を満たすために特別に 6PE または IPv6 プロバイダー エッジルータ over MPLS を開発しました。

6PE の Inter-AS サポートでは、アドレス ファミリーをイネーブルにし、PE および ASBR ラベルを割り当て、配布できるようにするため、ボーダーゲートウェイプロトコル (BGP) のサポートが必要です。



(注) Cisco IOS XR は IPv6 ラベル付きのユニキャストと VPNv6 プレフィックスについて実際の IPv4 のネクストホップアドレスを表示します。IPv4-mapped-to-IPv6 形式はサポートされていません。

## 6PE/VPE の利点

現在 MPLS を導入しているサービスプロバイダーは、次の Cisco 6PE/VPE の利点を得ることができます。

- 最小限の運用コストとリスク：既存の IPv4 および MPLS サービスに影響はありません。
- プロバイダーエッジルータのアップグレード専用：6PE/VPE ルータには、既存の PE ルータまたは新規の IPv6 トラフィック専用のものが使用できます。
- IPv6 カスタマー エッジルータに影響なし：ISP は、スタティック、IGP または EGP を実行しているすべてのカスタマー CE に接続できます。
- 生産サービス レディ：ISP は IPv6 プレフィックスを委任できます。
- 既存の MPLS サービスへの IPv6 の導入：6PE/VPE ルータはいつでも追加できます。

## MPLS バックボーンを介した IPv6 の導入

6PE (IPv6 over MPLS) によって有効にされたバックボーンを使用すると、IPv6 ドメイン同士が MPLS IPv4 コア ネットワークを介して互いに通信できるようになります。この実装では、転送は IP ヘッダー自体ではなくラベルに基づいているため、コア ルータのバックボーンイン

フラストラクチャのアップグレードおよび再設定も必要ありません。これは、IPv6 導入に非常に費用効果の高い方法を提供します。

## プロバイダーエッジルータおよびカスタマーエッジルータ上の IPv6

### サービス プロバイダー エッジルータ

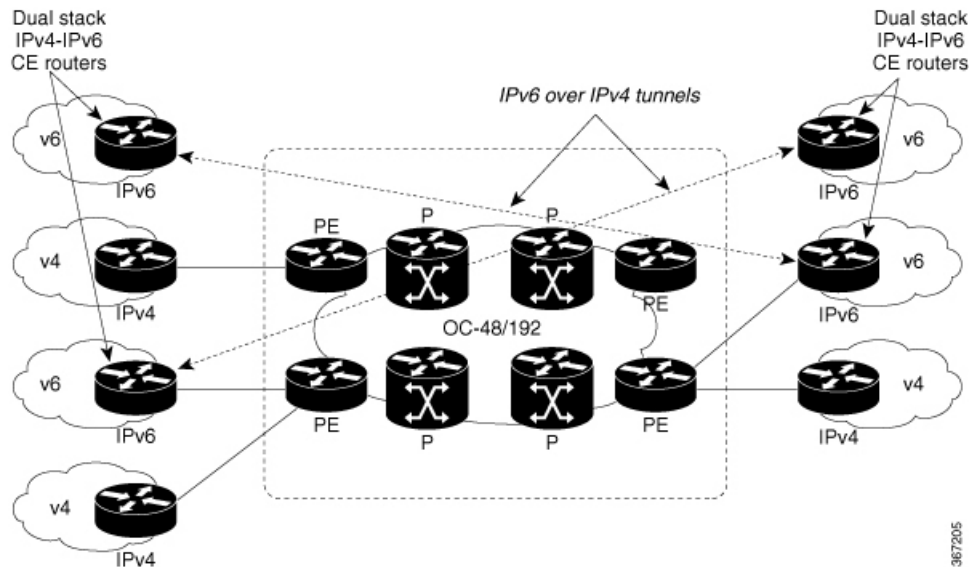
6PE は特に現在 MPLS ネットワークを実行するサービス プロバイダーに適用されます。利点の1つとして、コアネットワークのハードウェア、ソフトウェア、または設定をアップグレードする必要がなく、動作および既存の IPv4 トラフィックによって生みだされる収益に影響がありません。多くのサービス プロバイダーが MPLS を使用して顧客にサービスを提供しています。マルチサービス インフラストラクチャのテクノロジーとしての MPLS は、レイヤ 3 VPN、QoS、トラフィック エンジニアリング、高速リルート、ATM の統合、および IP スウィッチングを提供できます。

### カスタマー エッジルータ

MPLS ネットワークに IPv6 を導入する最も簡単な方法は、CE ルータ上でトンネルを使用することです。これは、MPLS の動作またはインフラストラクチャに影響がなく、コア内の P ルータまたは PE ルータを変更する必要はありません。ただし、接続する CE の数の増加に伴い、ISP のグローバル IPv6 プレフィックスの委任が困難になると、トンネル メッシュが必要になります。

次に、CE ルータ上でトンネルを使用したネットワーク アーキテクチャの図を示します。

図 1: CE ルータ上でトンネルを使用した IPv6



### IPv6 プロバイダー エッジ マルチパス

IPv6 の内部および外部 BGP マルチパスによって、IPv6 ルータは、宛先に到達するために複数のパス（同じ隣接自律システム（AS）や Sub-AS、または同じメトリックなど）間のロードバランシングを行うことができます。6PE マルチパス機能では、マルチプロトコル内部 BGP（MP-iBGP）を使用して、MPLS IPv4 コア ネットワークを介して IPv6 ルートを配布し、MPLS ラベルを各ルートに付加します。

MP-IBGP マルチパスが 6PE ルータでイネーブルになっていると、MPLS 情報（ラベル スタック）を使用して、ラベルの付いたすべてのパスが、転送テーブルにインストールされます。この機能によって、6PE はロードバランシングを実行できます。

## OSPFv3 (CE から PE)

Open Shortest Path First バージョン 3（OSPFv3）IPv6 VPN プロバイダー エッジ（6VPE）機能は、Cisco IOS XR OSPFv3 の実装に VPN ルーティングおよび転送（VRF）およびプロバイダー エッジからカスタマーエッジ（PE-CE）へのルーティングのサポートを追加します。この機能により次の内容が可能になります。

- OSPFv3 ルーティング プロセスごとに複数の VRF サポート
- OSPFv3 PE-CE 拡張

### 複数の VRF のサポート

OSPFv3 は複数の VRF を単一のルーティング プロセスでサポートしており、ルート プロセッサ（RP）リソースをあまり消費せずに VRF を数十～数百に拡張できます。複数の OSPFv3 プロセスが、単一のルータで設定できます。大規模な VRF の導入では、これにより複数の RP をまたいでパーティション VRF 処理が可能になります。また、これはデフォルト ルーティング テーブルまたは影響の大きい VRF を通常の VRF から隔離するためにも使用されます。すべての VRF に単一プロセスを使用することを推奨します。必要に応じて、2 番目の OSPFv3 プロセスを、IPv6 ルーティング用に設定する必要があります。



（注） 最大 4 個の OSPFv3 プロセスがサポートされています。

### OSPFv3 PE-CE 拡張

IPv6 プロトコルは、今日のカスタマー ネットワークで大きく導入されつつあります。サービス プロバイダー（SP）は、IPv4 プロトコルですでに提供されている VPN サービスに加えて、IPv6 プロトコルをサポートするために顧客にバーチャルプライベート ネットワーク サービスを提供することが可能である必要があります。

IPv6 をサポートするには、ルーティング プロトコルが VPN 環境での動作するために、追加拡張が必要です。OSPFv3 が PE-CE リンクで動作するためには、OSPFv3 への拡張が必要です。

## 6PE/VPE の設定

### 設定例

次に、IPv4 クラウド全体にわたって IPv6 プレフィックスを転送するため、PE ルータ上に 6PE を設定する例を示します。6PE を設定する PE ルータが IPv4 クラウドおよび IPv6 クラウドの両方に参加していることを確認します。



- (注) 6PE の場合、両方のクラウドからルートを学習するために BGP、OSPF、IS-IS、スタティックなどの Cisco IOS XR ソフトウェアがサポートしているすべてのルーティングプロトコルを使用できます。ただし、6VPE の場合、ルートの学習に使用できるのは BGP およびスタティックルーティングプロトコルのみです。また、6VPE では、PE ルータと CE ルータ間で OSPFv3 ルーティングプロトコルもサポートしています。

ルータでの 6PE/VPE の設定時に、ピア ルータを含め、すべてのルータにラベル割り当てモード、per-vrf または per-ce を必ず設定してください。



- (注) 6PE/VPE を設定する前に、ルート ポリシーを設定する必要があります。

```
Router#configure
Router(config)#router bgp 10
Router(config-bgp)#bgp router-id 11.11.11.11
Router(config-bgp)#graceful-restart
Router(config-bgp)#log neighbor changes detail
Router(config-bgp)#address-family ipv6 unicast
Router(config-bgp-af)#redistribute connected
Router(config-bgp-af)#redistribute ospfv3 7
Router(config-bgp-af)#allocate-label all
Router(config-bgp-af)#commit
Router(config-bgp)#neighbor 66:1:2::2
Router(config-bgp-nbr)#remote-as 102
Router(config-bgp-nbr)#address-family ipv6 unicast
Router(config-bgp-nbr-af)#route-policy pass-all in
Router(config-bgp-nbr-af)#route-policy pass-all out
Router(config-bgp-nbr-af)#commit
Router(config-bgp)#neighbor 13.13.13.13
Router(config-bgp-nbr)#remote-as 10
Router(config-bgp-nbr)#update-source Loopback0
Router(config-bgp-nbr)#address-family vpnv4 unicast
Router(config-bgp-nbr-af)#address-family ipv6 labeled-unicast
Router(config-bgp-nbr-af)#address-family vpnv6 unicast
Router(config-bgp-nbr-af)#commit
Router(config-bgp-nbr-af)#exit
Router(config-bgp-nbr)#exit
Router(config-bgp)#vrf red
Router(config-bgp-vrf)#rd 500:1
Router(config-bgp-vrf-af)#address-family ipv4 unicast
Router(config-bgp-vrf-af)#redistribute connected
Router(config-bgp-vrf-af)#redistribute static
```

```

Router(config-bgp-vrf-af)#exit
Router(config-bgp-vrf)#address-family ipv6 unicast
Router(config-bgp-vrf-af)#redistribute connected
Router(config-bgp-vrf-af)#redistribute static
Router(config-bgp-vrf-af)#commit
Router(config-bgp-vrf-af)#!
!
Router(config)#interface HundredGigE0/9/0/0
Router(config-if)#vrf red
Router(config-if)#ipv6 address 4002:110::1/128
Router(config-if)#exit
Router(config)#vrf red
Router(config-vrf)#address-family ipv4 unicast
Router(config-vrf-af)#import route-target
Router(config-vrf-import-rt)#500:1
Router(config-vrf-import-rt)#!
Router(config-vrf-import-rt)#export route-target
Router(config-vrf-export-rt)#500:1
Router(config-vrf-export-rt)#!
Router(config-vrf-export-rt)#!
Router(config-vrf-export-rt)#address-family ipv6 unicast
Router(config-vrf-af)#import route-target
Router(config-vrf-import-rt)#500:1
Router(config-vrf-import-rt)#!
Router(config-vrf-import-rt)#export route-target
Router(config-vrf-export-rt)#500:1
Router(config-vrf-export-rt)#commit

```

## 実行コンフィギュレーション

```

router bgp 10
  bgp router-id 11.11.11.11
  bgp graceful-restart
  bgp log neighbor changes detail
  !
  address-family ipv6 unicast
    redistribute connected
    redistribute ospfv3 7
    allocate-label all
  !
  !
  neighbor 66:1:2::2
    remote-as 201
    address-family ipv6 unicast
      route-policy pass-all in
      route-policy pass-all out
  !
  !
  neighbor 13.13.13.13
    remote-as 10
    update-source Loopback0
    address-family vpnv4 unicast
    !
    address-family ipv6 labeled-unicast
    !
    address-family vpnv6 unicast
  !
  vrf red
    rd 500:1
    address-family ipv4 unicast

```

```

        redistribute connected
        redistribute static
    !
    address-family ipv6 unicast
        redistribute connected
        redistribute static
    !
    !
    !
interface HundredGigE0/9/0/0
    vrf red
    Ipv6 address 4002:110::1/128
    !
    exit
    vrf red
    address-family ipv4 unicast
    import route-target
    500:1
    !
    export route-target
    500:1
    !
    !
    address-family ipv6 unicast
    import route-target
    500:1
    !
    export route-target
    500:1
    !

```

## 確認

```

Router# show route ipv6
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, (>) - Diversion path
        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 - ISIS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, su - IS-IS summary null, * - candidate default
        U - per-user static route, o - ODR, L - local, G - DAGR, l - LISP
        A - access/subscriber, a - Application route
        M - mobile route, r - RPL, (!) - FRR Backup path
Gateway of last resort is not set

L      ::ffff:127.0.0.0/104
        [0/0] via ::, 02:10:49
C      66:1:2::/64 is directly connected,
        02:09:39, TenGigE0/0/0/0.2
L      66:1:2::1/128 is directly connected,
        02:09:39, TenGigE0/0/0/0.2
C      66:1:3::/64 is directly connected,
        [20/0] via fe80::200:2cff:fe64:99e2, 02:07:38, TenGigE0/0/0/0.2
B      2000:0:0:1c::/64
        [20/0] via fe80::200:2cff:fe64:99e2, 02:07:38, TenGigE0/0/0/0.2
B      2000:0:0:1d::/64
Local PE :
Router# show bgp ipv6 labeled-unicast 2000:0:0:1c::/64
BGP routing table entry for 2000:0:0:1c::/64
Versions:
    Process          bRIB/RIB    SendTblVer
    Speaker          5033        5033
Local Label: 66313
Paths: (1 available, best #1)

```

```

Advertised to update-groups (with more than one peer):
  0.1
Advertised to peers (in unique update groups):
  13.13.13.13
Path #1: Received by speaker 0
Advertised to update-groups (with more than one peer):
  0.1
Advertised to peers (in unique update groups):
  13.13.13.13
201
  66:1:2::2 from 66:1:2::2 (39.229.0.1)
    Origin IGP, localpref 100, valid, external, best, group-best
    Received Path ID 0, Local Path ID 0, version 5033
    Origin-AS validity: not-found

```

**Remote PE**

```

Router# show bgp ipv6 labeled-unicast 2000:0:0:1c::/64
BGP routing table entry for 2000:0:0:1c::/64
Versions:
  Process          bRIB/RIB  SendTblVer
  Speaker          139679    139679
Paths: (1 available, best #1)
  Advertised to update-groups (with more than one peer):
    0.2
  Path #1: Received by speaker 0
  Advertised to update-groups (with more than one peer):
    0.2
201
  11.11.11.11 (metric 5) from 13.13.13.13 (11.11.11.11)
    Received Label 66313
    Origin IGP, localpref 100, valid, internal, best, group-best, labeled-unicast
    Received Path ID 0, Local Path ID 0, version 139679
    Originator: 11.11.11.11, Cluster list: 5.5.5.5

```

## PE ルータと CE ルータ間のルーティング プロトコルとしての OSPFv3 の設定

### 設定例

次に、プロバイダーエッジ (PE) からカスタマーエッジ (CE) へ Open Shortest Path First バージョン 3 (OSPFv3) を使用するルーティングセッションを設定する例を示します。

```

Router#config
Router(config)#router ospfv3 7
Router(config-ospfv3)#router-id 10.200.1.7
Router(config-ospfv3)#vrf vrf1
Router(config-ospfv3-vrf)#area 7
Router(config-ospfv3-vrf-ar)#interface Loopback7
Router(config-ospfv3-vrf-ar-if)#
Router(config-ospfv3-vrf-ar-if)#interface TenGigE0/0/0/3.7
Router(config-ospfv3-vrf-ar-if)#

```

### 実行コンフィギュレーション

```

router ospfv3 7
router-id 10.200.1.7

```



```
vrf vrf1
  area 7
    interface Loopback7
    !
    interface TenGigE0/0/0/3.7
    !
  !
!
```

### 確認

```
Router#show ospfv3 7 vrf vrf1 neighbor
```

```
# Indicates Neighbor awaiting BFD session up
```

```
Neighbors for OSPFv3 7, VRF vrf1
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Interface ID	Interface
10.201.7.1	0	<b>FULL</b> /DROTHER	00:00:36	0	TenGigE0/0/0/3.7
Neighbor is up for 1w0d					

```
Total neighbor count: 1
```

