



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 \(CE から PE\) \(4 ページ\)](#)
- [6VPE の制約事項 \(5 ページ\)](#)
- [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。バックボーンの実用性は、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

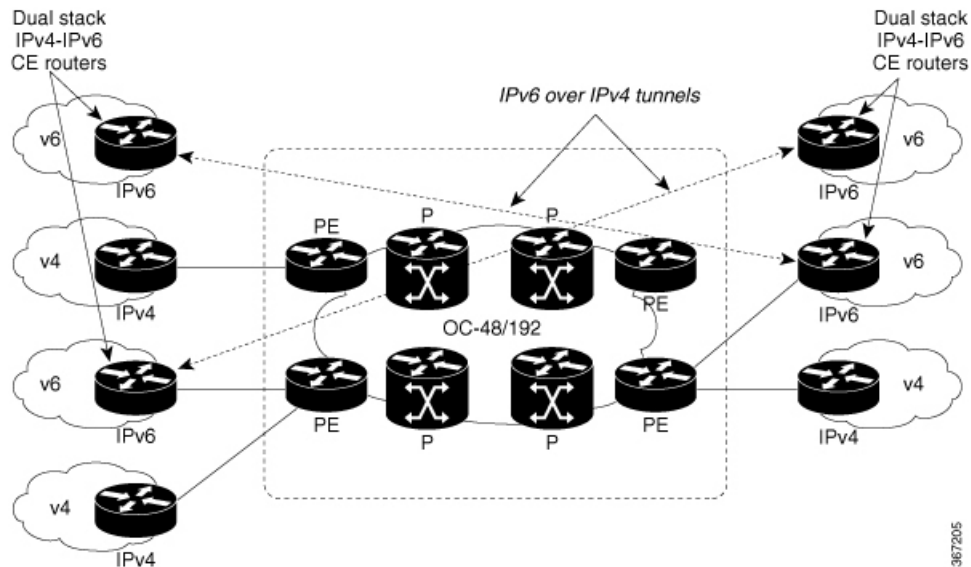
6PE は特に現在 MPLS ネットワークを実行するサービス プロバイダーに適用されます。利点の1つとして、コアネットワークのハードウェア、ソフトウェア、または設定をアップグレードする必要がなく、動作および既存の IPv4 トラフィックによって生みだされる収益に影響がありません。多くのサービス プロバイダーが MPLS を使用して顧客にサービスを提供しています。マルチサービス インフラストラクチャのテクノロジーとしての MPLS は、レイヤ 3 VPN、QoS、トラフィック エンジニアリング、高速リルート、ATM の統合、および IP スwitチングを提供できます。

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。

6VPE の制約事項

6VPE の設定には次の制約事項が適用されます。

- 6VPE 機能は次の設定では動作しません。

hw-module profile sr-policy v6-null-label-autopush

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)#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	FULL /DROTHER	00:00:36	0	TenGigE0/0/0/3.7

Neighbor is up for 1w0d

```
Total neighbor count: 1
```

