

mVPN のデュアルホーム ソースおよびデータ MDT

目次

[概要](#)

[問題](#)

[デフォルト MDT のアサート メカニズム](#)

[結論](#)

[データ MDT のアサート メカニズム](#)

[結論](#)

概要

このドキュメントでは、デュアルホーム接続の送信元およびデータ MDT (マルチキャスト配信ツリー) を持つ mVPN (マルチキャスト バーチャル プロバイダー ネットワーク) について説明します。 Cisco IOS[®] の例を使って、動作を説明します。

問題は、

mVPN 世界の送信元が 2 つの入力プロバイダー エッジ (PE) ルータにデュアルホーム接続している場合、この 2 つの入力 PE ルータが (S,G) へのトラフィックをマルチプロトコル ラベル スイッチング (MPLS) クラウドに転送することができます。たとえば 2 つの出力 PE ルータがあり、それぞれが異なる入力 PE ルータにリバース パス フォワーディング (RPF) している場合、これは可能です。両方の入力 PE ルータがデフォルト MDT に転送する場合、アサート メカニズムがキックインし、1 つの入力 PE がアサート メカニズムを獲得し、もう 1 つが負けるため、たった 1 つの入力 PE がカスタマー (C-) (S,G) を MDT に転送し続けます。ただし、何らかの理由でアサートメカニズムがデフォルト MDT で起動しない場合、両方の入力 PE ルータが、開始した 1 つのデータ MDT に C- (S,G) マルチキャストトラフィックを送信し始めます。トラフィックはデフォルト MDT にはなくなりますが、データ MDT にはあるため、両方の入力 PE ルータは、MDT/トンネル インターフェイス上のお互いからの C- (S,G) トラフィックを受信しません。これにより、永続的に重複したトラフィック ダウンストリームを引き起こす可能性があります。このドキュメントでは、この問題のソリューションについて説明します。

デフォルト MDT のアサート メカニズム

このセクションの情報は、コア ツリー プロトコルにかかわらず、デフォルト MDT に当てはまります。選択されたコア ツリー プロトコルは、PIM (Protocol Independent Multicast) です。

この例では Cisco IOS を使用していますが、前述のすべての内容は Cisco IOS-XR にも同様に適用されます。使用されるすべてのマルチキャスト グループは、Source Specific Multicast (SSM; 送信元特定マルチキャスト) グループです。

図 1. を参照してください。デュアルホーム接続された送信元-1 2 つの入力 PE ルータ (PE1 と PE2)、および 2 つの出力 PE ルータ (PE3 と PE4) があります。送信元は、IP アドレス 10.100.1.6 の CE1 です。CE1 は、PE1 と PE2 にデュアルホーム接続しています。

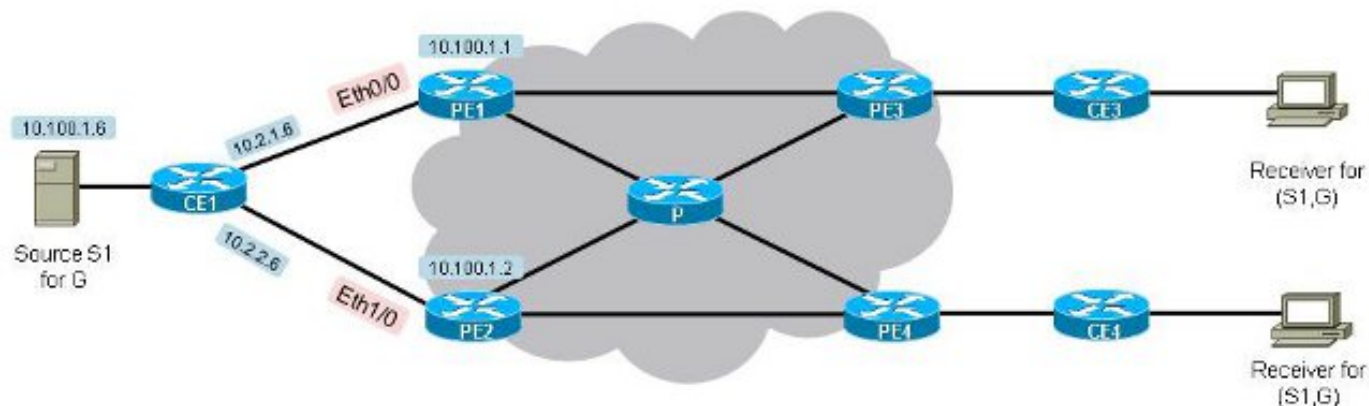


図 1.デュアルホーム接続された送信元-1

すべての PE ルータの設定は次のとおりです (ルート識別子 (RD) は PE ルータによって異なります)。

```
vrf definition one
 rd 1:1
 !
 address-family ipv4
 mdt default 232.10.10.10
 route-target export 1:1
 route-target import 1:1
 exit-address-family
 !
```

両方の入力 PE ルータがデフォルト MDT へのマルチキャスト ストリーム (10.100.1.6,232.1.1.1) の転送を開始するためには、出力 PE からの参加を受信する必要があります。図 1. のトポロジを参照してください。デュアルホーム接続された送信元-1 デフォルトでは、エッジリンクのすべてのコストが同じで、コアリンクのすべてのコストが同じであれば、PE3 が PE1 に RPF し、PE4 が PE2 に RPF する (10.100.1.6,232.1.1.1) ことが分かります。どちらも最も近くの入力 PE に RPF します。この出力により、これを確認できます。

```
PE3#show ip rpf vrf one 10.100.1.6
RPF information for ? (10.100.1.6)
 RPF interface: Tunnel0
 RPF neighbor: ? (10.100.1.1)
 RPF route/mask: 10.100.1.6/32
 RPF type: unicast (bgp 1)
 Doing distance-preferred lookups across tables
 BGP originator: 10.100.1.1
 RPF topology: ipv4 multicast base, originated from ipv4 unicast base
```

PE3 には PE1 への RPF があります。

```
PE4#show ip rpf vrf one 10.100.1.6
RPF information for ? (10.100.1.6)
RPF interface: Tunnel0
RPF neighbor: ? (10.100.1.2)
RPF route/mask: 10.100.1.6/32
RPF type: unicast (bgp 1)
Doing distance-preferred lookups across tables
BGP originator: 10.100.1.2
RPF topology: ipv4 multicast base, originated from ipv4 unicast base
```

PE4 には PE2 への RPF があります。PE3 が PE1 を RPF ネイバーとして選択する理由は、仮想ルーティング/転送 (VRF) の 10.100.1.6/32 へのユニキャストルートが PE1 経由で最適であるためです。PE3 は実際、PE1 および PE2 からルート 10.100.1.6/32 を受信します。Border Gateway Protocol (BGP) のベストパスの計算アルゴリズムのすべての条件は、BGP ネクストホップアドレスへのコストを除き、同じです。

```
PE3#show bgp vpnv4 unicast vrf one 10.100.1.6/32
BGP routing table entry for 1:3:10.100.1.6/32, version 333
Paths: (2 available, best #1, table one)
Advertised to update-groups:
  21
Refresh Epoch 1
Local, imported path from 1:1:10.100.1.6/32 (global)
  10.100.1.1 (metric 11) (via default) from 10.100.1.5 (10.100.1.5)
  Origin incomplete, metric 11, localpref 100, valid, internal,best
  Extended Community: RT:1:1 OSPF DOMAIN ID:0x0005:0x000000640200
    OSPF RT:0.0.0.0:2:0 OSPF ROUTER ID:10.2.4.1:0
  Originator: 10.100.1.1, Cluster list: 10.100.1.5
  Connector Attribute: count=1
    type 1 len 12 value 1:1:10.100.1.1
  mpls labels in/out nolabel/32
  rx pathid: 0, tx pathid: 0x0
Refresh Epoch 1
Local, imported path from 1:2:10.100.1.6/32 (global)
  10.100.1.2 (metric 21) (via default) from 10.100.1.5 (10.100.1.5)
  Origin incomplete, metric 11, localpref 100, valid, internal
  Extended Community: RT:1:1 OSPF DOMAIN ID:0x0005:0x000000640200
    OSPF RT:0.0.0.0:2:0 OSPF ROUTER ID:10.2.2.2:0
  Originator: 10.100.1.2, Cluster list: 10.100.1.5
  Connector Attribute: count=1
    type 1 len 12 value 1:2:10.100.1.2
  mpls labels in/out nolabel/29
  rx pathid: 0, tx pathid: 0
```

```
PE4#show bgp vpnv4 unicast vrf one 10.100.1.6/32
BGP routing table entry for 1:4:10.100.1.6/32, version 1050
Paths: (2 available, best #2, table one)
Advertised to update-groups:
  2
Refresh Epoch 1
Local, imported path from 1:1:10.100.1.6/32 (global)
  10.100.1.1 (metric 21) (via default) from 10.100.1.5 (10.100.1.5)
  Origin incomplete, metric 11, localpref 100, valid, internal
  Extended Community: RT:1:1 OSPF DOMAIN ID:0x0005:0x000000640200
    OSPF RT:0.0.0.0:2:0 OSPF ROUTER ID:10.2.4.1:0
  Originator: 10.100.1.1, Cluster list: 10.100.1.5
  Connector Attribute: count=1
    type 1 len 12 value 1:1:10.100.1.1
  mpls labels in/out nolabel/32
  rx pathid: 0, tx pathid: 0
Refresh Epoch 1
Local, imported path from 1:2:10.100.1.6/32 (global)
```

```
10.100.1.2 (metric 11) (via default) from 10.100.1.5 (10.100.1.5)
Origin incomplete, metric 11, localpref 100, valid, internal, best
Extended Community: RT:1:1 OSPF DOMAIN ID:0x0005:0x0000000640200
  OSPF RT:0.0.0.0:2:0 OSPF ROUTER ID:10.2.2.2:0
Originator: 10.100.1.2, Cluster list: 10.100.1.5
Connector Attribute: count=1
  type 1 len 12 value 1:2:10.100.1.2
mpls labels in/out nlabel/29
rx pathid: 0, tx pathid: 0x0
```

PE3 で選択された最適パスは、PE1 によりアドバタイズされたパスです。その理由は、これが PE2 への IGP コスト (21) に対して、最低の内部ゲートウェイプロトコル (IGP) コスト (11) であるためです。PE4 にとっては逆になります。トポロジを見ると、PE3 から PE2 には 2 つのホップがある一方、PE3 から PE1 にはわずか 1 つのホップしかないことが分かります。すべてのリンクの IGP コストは同じため、PE3 はベストパスとして PE1 からのパスを選択します。

マルチキャストトラフィックがまだない場合、(10.100.1.6,232.1.1.1) のマルチキャストルーティング情報ベース (MRIB) は、PE1 および PE2 では次のようになります。

```
PE1#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
  L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
  T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
  X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
  U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
  Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
  Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
  G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
  N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
  Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
  V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
  x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:00:12/00:03:17, flags: sT
Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 10.2.1.6
Outgoing interface list:
  Tunnel0, Forward/Sparse, 00:00:12/00:03:17
```

```
PE2#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
  L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
  T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
  X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
  U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
  Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
  Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
  G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
  N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
  Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
  V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
  x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
```

```
(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:00:47/00:02:55, flags: sT
Incoming interface: Ethernet1/0, RPF nbr 10.2.2.6
Outgoing interface list:
Tunnel0, Forward/Sparse, 00:00:47/00:02:55
```

PE1 と PE2 は両方とも (10.100.1.6,232.1.1.1) への PIM 参加を受信しました。 Tunnel0 インターフェイスは、両方のルータ上のマルチキャスト エントリの発信インターフェイス リスト (OIL) にあります。

マルチキャスト トライフィックが (10.100.1.6,232.1.1.1) へと流れ始めます。「debug ip pim vrf one 232.1.1.1」および「debug ip mrouting vrf one 232.1.1.1」は、両方の入力 PE ルータの (OIL 内の) Tunnel0 へのマルチキャスト トライフィックの到着により、アサート メカニズムが実行されることを示します。

PE1

```
PIM(1): Send v2 Assert on Tunnel0 for 232.1.1.1, source 10.100.1.6, metric [110/11]
PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]
MRT(1): not RPF interface, source address 10.100.1.6, group address 232.1.1.1
PIM(1): Received v2 Assert on Tunnel0 from 10.100.1.2
PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]
PIM(1): We lose, our metric [110/11]
PIM(1): Prune Tunnel0/232.10.10.10 from (10.100.1.6/32, 232.1.1.1)
MRT(1): Delete Tunnel0/232.10.10.10 from the olist of (10.100.1.6, 232.1.1.1)
MRT(1): Reset the PIM interest flag for (10.100.1.6, 232.1.1.1)
MRT(1): set min mtu for (10.100.1.6, 232.1.1.1) 1500->18010 - deleted
PIM(1): Received v2 Join/Prune on Tunnel0 from 10.100.1.3, not to us
PIM(1): Join-list: (10.100.1.6/32, 232.1.1.1), S-bit set
```

PE2

```
PIM(1): Received v2 Assert on Tunnel0 from 10.100.1.1
PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]
PIM(1): We win, our metric [110/11]
PIM(1): (10.100.1.6/32, 232.1.1.1) oif Tunnel0 in Forward state
PIM(1): Send v2 Assert on Tunnel0 for 232.1.1.1, source 10.100.1.6, metric [110/11]
PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]
PIM(1): Received v2 Join/Prune on Tunnel0 from 10.100.1.3, to us
PIM(1): Join-list: (10.100.1.6/32, 232.1.1.1), S-bit set
PIM(1): Update Tunnel0/10.100.1.3 to (10.100.1.6, 232.1.1.1), Forward state, by PIM SG Join
```

送信元 10.100.1.6 までの両方のルータのメトリックと距離が同じ場合、アサートの選出者を決める要因があります。選出の要因は、Tunnel0 (デフォルト MDT) の PIM ネイバーの最大の IP アドレスです。この場合、これは PE2 です。

```
PE1#show ip pim vrf one neighbor
```

```
PIM Neighbor Table
```

```
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
```

```
P - Proxy Capable, S - State Refresh Capable, G - GenID Capable,
```

```
L - DR Load-balancing Capable
```

Neighbor Address	Interface	Uptime/Expires	Ver	DR Prio/Mode
10.100.1.4	Tunnel0	06:27:57/00:01:29	v2	1 / DR S P G
10.100.1.3	Tunnel0	06:28:56/00:01:24	v2	1 / S P G
10.100.1.2	Tunnel0	06:29:00/00:01:41	v2	1 / S P G

```
PE1#show ip pim vrf one interface
```

Address	Interface	Ver/	Nbr	Query	DR	DR
---------	-----------	------	-----	-------	----	----

		Mode	Count	Intvl	Prior	
10.2.1.1	Ethernet0/0	v2/S	0	30	1	10.2.1.1
10.2.4.1	Ethernet1/0	v2/S	0	30	1	10.2.4.1
10.100.1.1	Lspvif1	v2/S	0	30	1	10.100.1.1
10.100.1.1	Tunnel0	v2/S	3	30	1	10.100.1.4

PE1 はアサートにより、マルチキャスト エントリの OIL から Tunnel0 を削除しました。OIL が空になったため、マルチキャスト エントリがプルーニングされます。

```
PE1#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
       G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
       N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
       Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
       V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
       x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
```

```
(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:17:24/00:00:01, flags: sPT
Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 10.2.1.6
Outgoing interface list: Null
```

PE2 はアサート選出者のため、インターフェイス Tunnel0 に A-フラグ設定があります。

```
PE2#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
       G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
       N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
       Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
       V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
       x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
```

```
(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:17:20/00:02:54, flags: sT
Incoming interface: Ethernet1/0, RPF nbr 10.2.2.6
Outgoing interface list:
```

```
Tunnel0, Forward/Sparse, 00:17:20/00:02:54, A
```

PE2 は、アサートのタイマーが期限切れになる直前まで、定期的に Tunnel0 (デフォルト MDT) にアサートを送信します。そのため PE2 がアサートの選出に残ります。

```
PE2#
PIM(1): Send v2 Assert on Tunnel0 for 232.1.1.1, source 10.100.1.6, metric [110/11]
```

PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]

結論

アサート メカニズムは OIL のトンネル インターフェイスでも動作します。入力 PE ルータが OIL 内の関連付けられたトンネル インターフェイスの C- (S,G) マルチキャスト トラフィックを受信する際、アサートはデフォルト MDT を介して交換されます。

データ MDT のアサート メカニズム

C- (S,G) トラフィックはデフォルト MDT からデータ MDT に 3 秒後に切り替わるだけであり、データ MDT を設定した多くの場合、アサート メカニズムはデフォルト MDT で動作します。その後、前述と同様のことが生じます。マルチキャスト対応 VRF ごとにトンネル インターフェイスは 1 つだけ存在することに注意してください。デフォルト MDT とすべてのデータ MDT は、1 つのトンネル インターフェイスのみを使用します。このトンネル インターフェイスは入力 PE ルータ上の OIL で、または出力 PE ルータ上の RPF インターフェイスとして使用されます。

場合によっては、データ MDT が信号を送信する前にアサート メカニズムがトリガーされないことがあります。その後、C- (S,G) マルチキャスト トラフィックが、両方の入力 PE ルータ、PE1 および PE2 のデータ MDT に転送され始める可能性があります。このような場合、MPLS コア ネットワーク全体に永続的な重複 C- (S,G) マルチキャスト トラフィックを発生させる可能性があります。これを回避するため、このソリューションが実装されました。入力 PE ルータが、別の入力 PE ルータのデータ MDT アナウンスを確認し、その PE ルータが入力 PE ルータでもある場合、その入力 PE ルータは、そのデータ MDT に参加します。原則的には、(ダウンストリーム レシーバを持つ) 出力 PE ルータのみがデータ MDT に参加します。入力 PE ルータは他の入力 PE ルータによってアナウンスされたデータ MDT に参加するため、その入力 PE ルータが OIL に存在するトンネル インターフェイスからのマルチキャスト トラフィックを受信することになります。これがアサート メカニズムをトリガーするため、いずれか 1 つの入力 PE ルータが C- (S,G) マルチキャスト トラフィックを (トンネル インターフェイスの) データ MDT に転送することを停止します。もう一方の PE (アサート選出者) は C- (S,G) マルチキャスト トラフィックをデータ MDT に転送し続けることができます。

次の例では、入力 PE ルータの PE1 および PE2 は、デフォルト MDT 上で相互からの C- (S,G) マルチキャスト トラフィックを確認できないと仮定します。トラフィックはわずか 3 秒間しかデフォルト MDT にないため、たとえば、コア ネットワーク上で一時的なトラフィック損失がある場合、これが発生することは十分に考えられます。

データ MDT の設定は、すべての PE ルータに追加されます。すべての PE ルータの設定は次のとおりです (RD は PE ルータによって異なります)。

```
vrf definition one
 rd 1:1
 !
 address-family ipv4
 mdt default 232.10.10.10
 mdt data 232.11.11.0 0.0.0.0
 route-target export 1:1
 route-target import 1:1
 exit-address-family
 !
```

PE1 と PE2 が送信元からのトラフィックを確認したら即座に、C- (S,G) エントリを作成します。両方の入力 PE ルータが、C- (S,G) マルチキャスト トラフィックをデフォルト MDT に転送します。出力 PE ルータの PE3 と PE4 が、マルチキャスト トラフィックを受信して転送します。

一時的な問題により、デフォルト MDT で、PE2 が PE1 からのトラフィックを確認できません。またその逆も同様です。両方とも、データ MDT に参加するタイプと長さ値 (TLV) をデフォルト MDT に送信します。

C- (S,G) トラフィックがない場合、入力 PE ルータでは、このマルチキャスト ステートは次のように表示されます。

```
PE1#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
       G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
       N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
       Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
       V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
       x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:00:45/00:02:44, flags: sT
Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 10.2.1.6
Outgoing interface list:
  Tunnel0, Forward/Sparse, 00:00:45/00:02:42
```

```
PE2#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
       G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
       N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
       Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
       V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
       x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:02:18/00:03:28, flags: sT
Incoming interface: Ethernet1/0, RPF nbr 10.2.2.6
Outgoing interface list:
  Tunnel0, Forward/Sparse, 00:02:18/00:03:28
```

y-フラグはまだ設定されていません。どちらの入力 PE ルータも、OIL 内に Tunnel0 インターフェイスがあります。これは PE3 に PE1 への RPF があり、PE4 に C- (S,G) の PE2 への RPF があるためです。

C- (S,G) へのマルチキャストトラフィックが流れ始めると、PE1 と PE2 の両方がトラフィックを転送します。データ MDT のしきい値は両方の入力 PE ルータ上で交差し、両方がデータ MDT 参加 TLV を送信し、3 秒後にデータ MDT への転送を開始します。PE1 は PE2 が送信元で

あるデータ MDT に参加し、PE2 は PE1 が送信元であるデータ MDT に参加することに注意してください。

```
PE1#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
      L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
      T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
      X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
      U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
      Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
      Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
      G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
      N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
      Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
      V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
      x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:01:26/00:03:02, flags: sTy
Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 10.2.1.6
Outgoing interface list:
  Tunnel0, Forward/Sparse, 00:01:26/00:03:02
```

```
PE2#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
      L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
      T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
      X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
      U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
      Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
      Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
      G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
      N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
      Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
      V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
      x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:00:41/00:02:48, flags: sTy
Incoming interface: Ethernet1/0, RPF nbr 10.2.2.6
Outgoing interface list:
  Tunnel0, Forward/Sparse, 00:00:41/00:02:48
```

PE1 および PE は Tunnel0 インターフェイス上の C- (S,G) へのトラフィックを受信し (ただし今はデフォルト MDT からではなく、データ MDT から)、アサート メカニズムがキックインされます。PE2 のみがデータ MDT の C- (S,G) トラフィックを転送し続けます。

```
PE1#
PIM(1): Send v2 Assert on Tunnel0 for 232.1.1.1, source 10.100.1.6, metric [110/11]
PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]
MRT(1): not RPF interface, source address 10.100.1.6, group address 232.1.1.1
PIM(1): Received v2 Assert on Tunnel0 from 10.100.1.2
PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]
PIM(1): We lose, our metric [110/11]
PIM(1): Prune Tunnel0/232.11.11.0 from (10.100.1.6/32, 232.1.1.1)
```

```
MRT(1): Delete Tunnel0/232.11.11.0 from the olist of (10.100.1.6, 232.1.1.1)
MRT(1): Reset the PIM interest flag for (10.100.1.6, 232.1.1.1)
PIM(1): MDT Tunnel0 removed from (10.100.1.6,232.1.1.1)
MRT(1): Reset the y-flag for (10.100.1.6,232.1.1.1)
PIM(1): MDT next_hop change from: 232.11.11.0 to 232.10.10.10 for (10.100.1.6, 232.1.1.1)
Tunnel0
MRT(1): set min mtu for (10.100.1.6, 232.1.1.1) 1500->18010 - deleted
PIM(1): MDT threshold dropped for (10.100.1.6,232.1.1.1)
PIM(1): Receive MDT Packet (9889) from 10.100.1.2 (Tunnel0), length (ip: 44, udp: 24), ttl: 1
PIM(1): TLV type: 1 length: 16 MDT Packet length: 16
```

```
PE2#
PIM(1): Received v2 Assert on Tunnel0 from 10.100.1.1
PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]
PIM(1): We win, our metric [110/11]
PIM(1): (10.100.1.6/32, 232.1.1.1) oif Tunnel0 in Forward state
PIM(1): Send v2 Assert on Tunnel0 for 232.1.1.1, source 10.100.1.6, metric [110/11]
PIM(1): Assert metric to source 10.100.1.6 is [110/11]
PE2#
PIM(1): Received v2 Join/Prune on Tunnel0 from 10.100.1.3, to us
PIM(1): Join-list: (10.100.1.6/32, 232.1.1.1), S-bit set
PIM(1): Update Tunnel0/10.100.1.3 to (10.100.1.6, 232.1.1.1), Forward state, by PIM SG Join
MRT(1): Update Tunnel0/232.10.10.10 in the olist of (10.100.1.6, 232.1.1.1), Forward state - MAC
built
MRT(1): Set the y-flag for (10.100.1.6,232.1.1.1)
PIM(1): MDT next_hop change from: 232.10.10.10 to 232.11.11.0 for (10.100.1.6, 232.1.1.1)
Tunnel0
```

PE1 には、OIL 上にトンネル インターフェイスがありません。

```
PE1#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
       G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
       N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
       Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
       V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
       x - VxLAN group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:10:23/00:00:04, flags: sPT
Incoming interface: Ethernet0/0, RPF nbr 10.2.1.6
Outgoing interface list: Null
```

PE2 には、Tunnel0 インターフェイス上に A-フラグ設定があります。

```
PE2#show ip mroute vrf one 232.1.1.1 10.100.1.6
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry, E - Extranet,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
```

Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
G - Received BGP C-Mroute, g - Sent BGP C-Mroute,
N - Received BGP Shared-Tree Prune, n - BGP C-Mroute suppressed,
Q - Received BGP S-A Route, q - Sent BGP S-A Route,
V - RD & Vector, v - Vector, p - PIM Joins on route,
x - VxLAN group

Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner, p - PIM Join

Timers: Uptime/Expires

Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(10.100.1.6, 232.1.1.1), 00:10:00/00:02:48, flags: sTy

Incoming interface: Ethernet1/0, RPF nbr 10.2.2.6

Outgoing interface list:

Tunnel0, Forward/Sparse, 00:08:40/00:02:48, A

結論

アサートメカニズムは、データ MDT を使用した場合でも機能します。入力 PE ルータが OIL 内の関連付けられたトンネル インターフェイスの C- (S,G) マルチキャストトラフィックを受信する際、アサートはデフォルト MDT を介して交換されます。