FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.

それ本当にEVPNでやるの？
EVPNの使いドコロがわかる150分

2016年11月29日

古河ネットワークソリューション株式会社
神谷 尚秀
kamitani@fnsc.co.jp

登壇者紹介

FURUKAWA ELECTRIC

- 神谷 尚秀 (古河ネットワークソリューション株式会社)
- 三宅 正浩 (ソフトバンク株式会社)
- 大久保 修一 (さくらインターネット株式会社)
- 高澤 信宏 (ヤフー株式会社)

自己紹介

FURUKAWA ELECTRIC

- 名前
  - 神谷 尚秀
- 所属
  - 古河ネットワークソリューション株式会社
ビジネス推進部
- 業務
  - 2012 年入社
  - 2015 年までルータのソフト開発に従事
  - 現在は最新の通信技術調査、マーケティング、
製品企画等に従事
- コミュニティ活動
  - JANOG 運営委員、wakamonog 運営委員

プログラムの背景・目的

FURUKAWA ELECTRIC

- Ethernet VPN (EVPN) が次世代の Layer-2/Layer-3 VPN 技術として注目を集めている。Interop Tokyo 2015, 2016 の ShowNet でも相互接続検証が実施されている
- EVPN を使えば従来の L2VPN と比べて下記が改善される
  - All-active による Multihoming
  - BUM トラフィックの抑制
  - IP-VPN like なオペレーションによるスケーラビリティ向上
  - L2/L3VPN 網の統合
- これまでカンファレンス等では EVPN の検討話が多かった
- 本プログラムでは EVPN の検討、検証、運用の実際を知ることで、EVPN の適用箇所を見極め、ネットワーク改善のきっかけを作りたい

プログラム全体の流れ

FURUKAWA ELECTRIC

1. **プログラム導入・EVPN 概要紹介**
   - 神谷 尚秀 (古河ネットワークソリューション株式会社)
2. **EVPN って本当に良いの？ソフトバンクがキャリア EVPN を考えてみた**
   - 三宅 正浩 (ソフトバンク株式会社)
3. **マルチベンダ環境における EVPN 構築のノウハウ ～Interop Tokyo 2016 ShowNet での相互接続検証を元に～**
   - 大久保 修一 (さくらインターネット株式会社)
4. **コンテンツ事業者での EVPN 話**
   - 高澤 信宏 (ヤフー株式会社)
5. **パネルディスカッション**

FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.

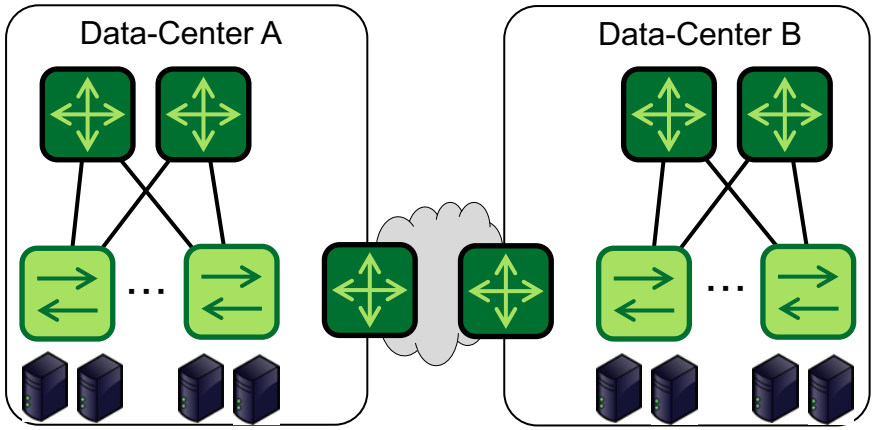
EVPN 概要紹介

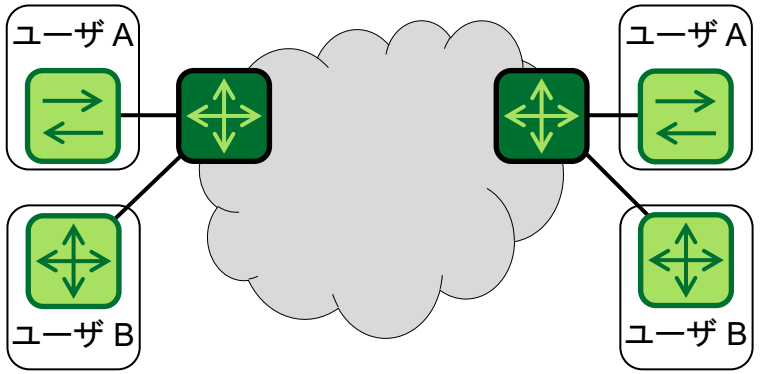
EVPN 概要紹介の流れ

FURUKAWA ELECTRIC

1. L2VPN の背景
2. EVPN 機能紹介
3. EVPN プロトコル紹介
4. EVPN 動作例
5. まとめ

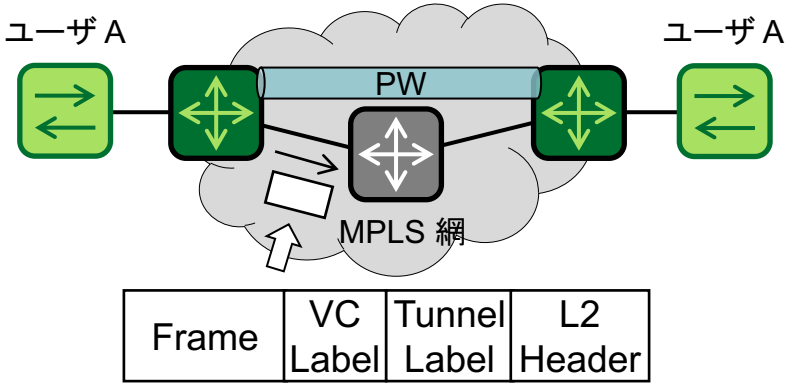
L2VPN 利用一例

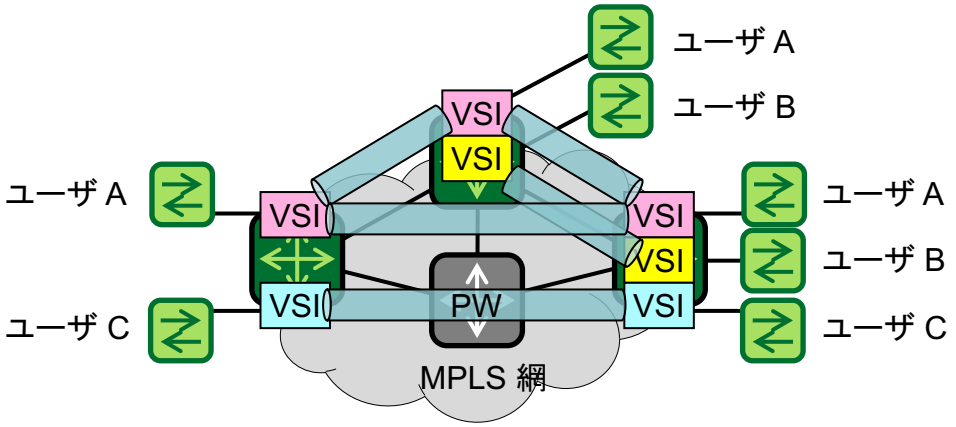




- Data-Center の L2 網延伸
  - DC 間を L2VPN によりフラットに接続することで、DC 内・DC 間での仮想マシンのライブマイグレーション等を実現
- 広域イーサネットサービス
  - ユーザ間をキャリアが提供する L2VPN サービスによりフラットに接続することで、ユーザ間で Ether フレームのやり取りを実現

これまでの L2VPN 技術一例





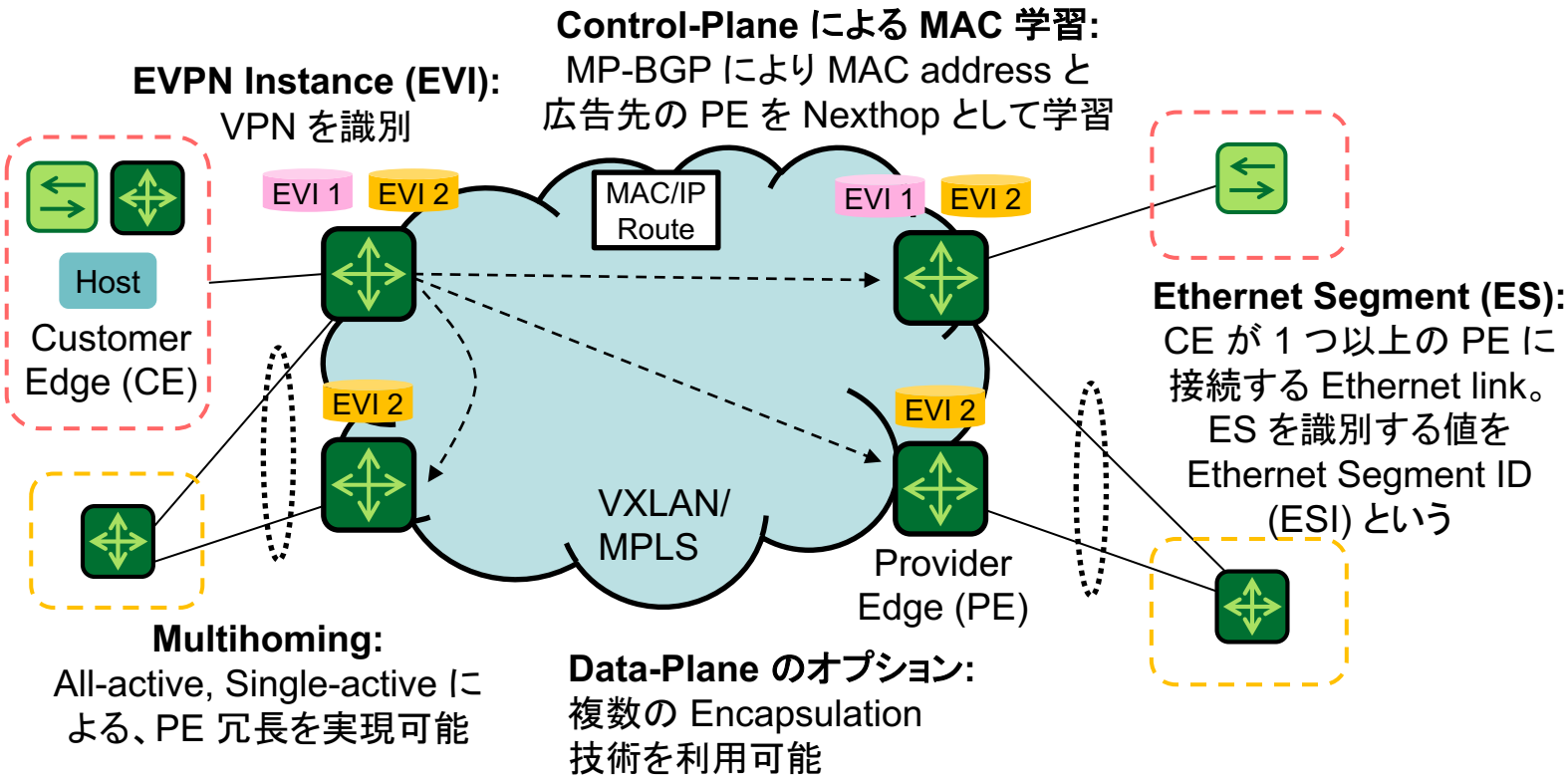
- VPWS (Virtual Private Wire Service)
  - 二つのユーザネットワークを P2P の論理回線 PW (Pseudo Wire) で接続する技術
- VPLS (Virtual Private LAN Service)
  - 複数のユーザネットワークを MP2MP で接続し、仮想的な単一 LAN を実現する技術

これまでの L2VPN 技術の制限

FURUKAWA ELECTRIC

- これまでの L2VPN 技術には以下のような制限があった
  - Multihoming と冗長機能
  - Multicast 最適化
  - シンプルな Provisioning
  - フローベースの load balancing
  - マルチパス化
- EVPN は上記のような制限を解決できると期待されている

EVPN 概要



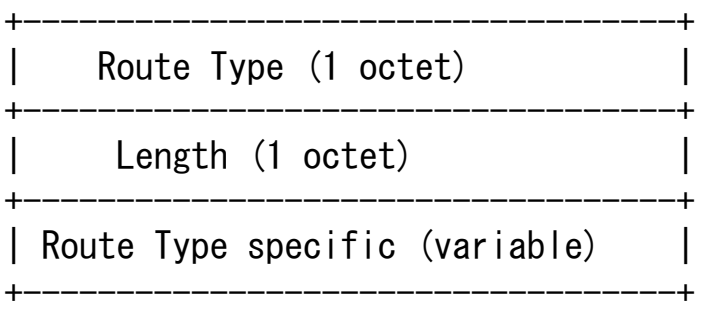
- EVPN は L2VPN を実現するための技術である
- BGP EVPN Route として MP_REACH_NLRI/MP_UNREACH_NLRI に EVPN NLRI (AFI 25, SAFI 70) を追加し、EVPN NLRI と付随する Ext-comm 等により、L2VPN を制御する
- 各 VPN は EVPN Instance (EVI) によって区別され、IP-VPN like な L2VPN の構築が可能

EVPN Route 概要

FURUKAWA ELECTRIC

- EVPN NLRI の Route Type 毎に EVPN の各種機能を実現する情報が格納されている

  ※各 Route Type のフォーマットは Appendix 参照



EVPN NLRI フォーマット

Type	Route Type Name	Usage	Advertised-with
0x1	Ethernet Auto-Discovery per ES (EAD/ES)	- Fast Convergence - Split Horizon	-ESI Label Ext-comm
	Ethernet Auto-Discovery per EVI (EAD/EVI)	- Aliasing and Backup Path	
0x2	MAC/IP Advertisement (MAC/IP)	- Determining Reachability to MAC Address - MAC Mobility - Default Gateway	- MAC Mobility Ext-comm - Default Gateway Ext-comm
0x3	Inclusive Multicast Ethernet Tag (IMET)	- Handling of Multi-Destination Traffic	- PMSI Tunnel
0x4	Ethernet Segment (ES)	- Designated Forwarder Election - Multi-homed ES Auto-discovery	- ES-Import RT Ext-comm

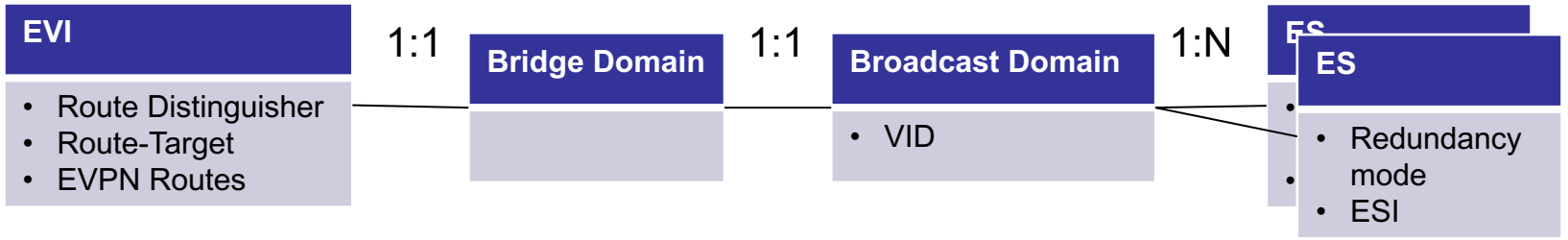
Route Type の名称と役割

EVPN Service Interfaces

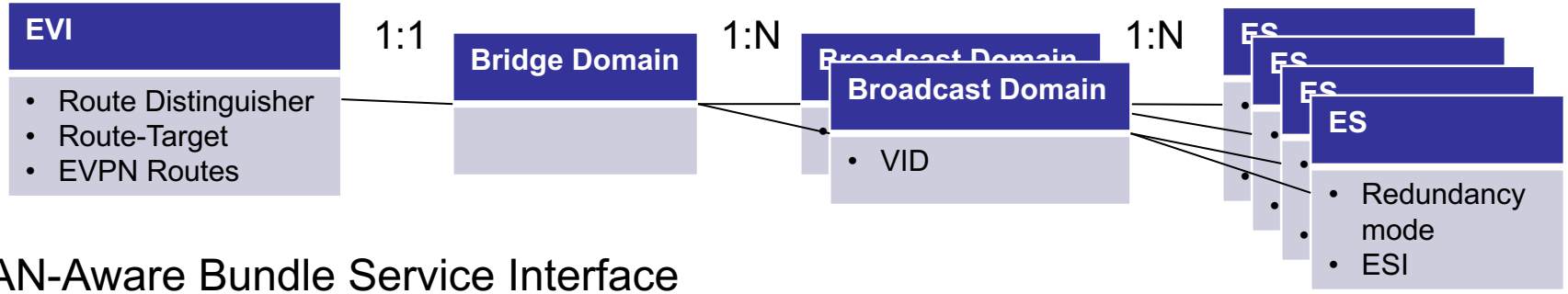
FURUKAWA ELECTRIC

- EVPN service interface は EVI, Bridge Domain, Broadcast Domain (VLAN) の関係により、3 つのタイプに区別される

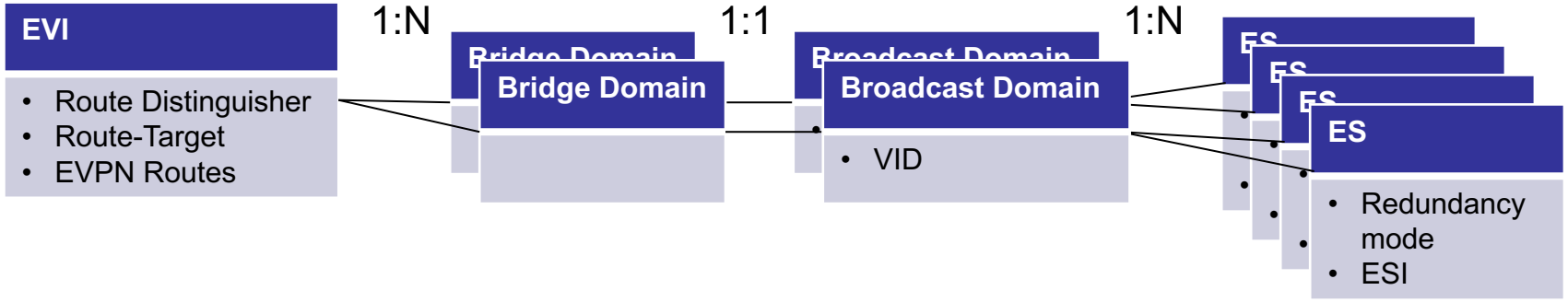
VLAN-Based Service Interface



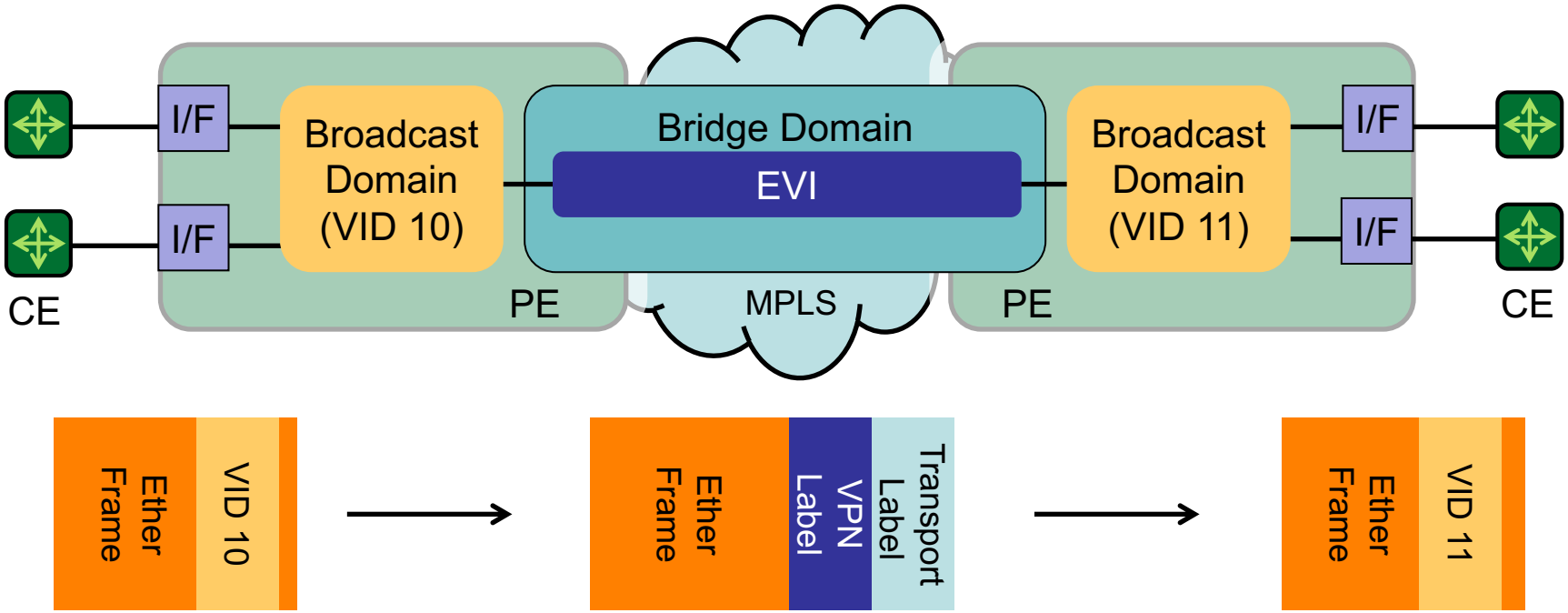
VLAN Bundle Service Interface



VLAN-Aware Bundle Service Interface

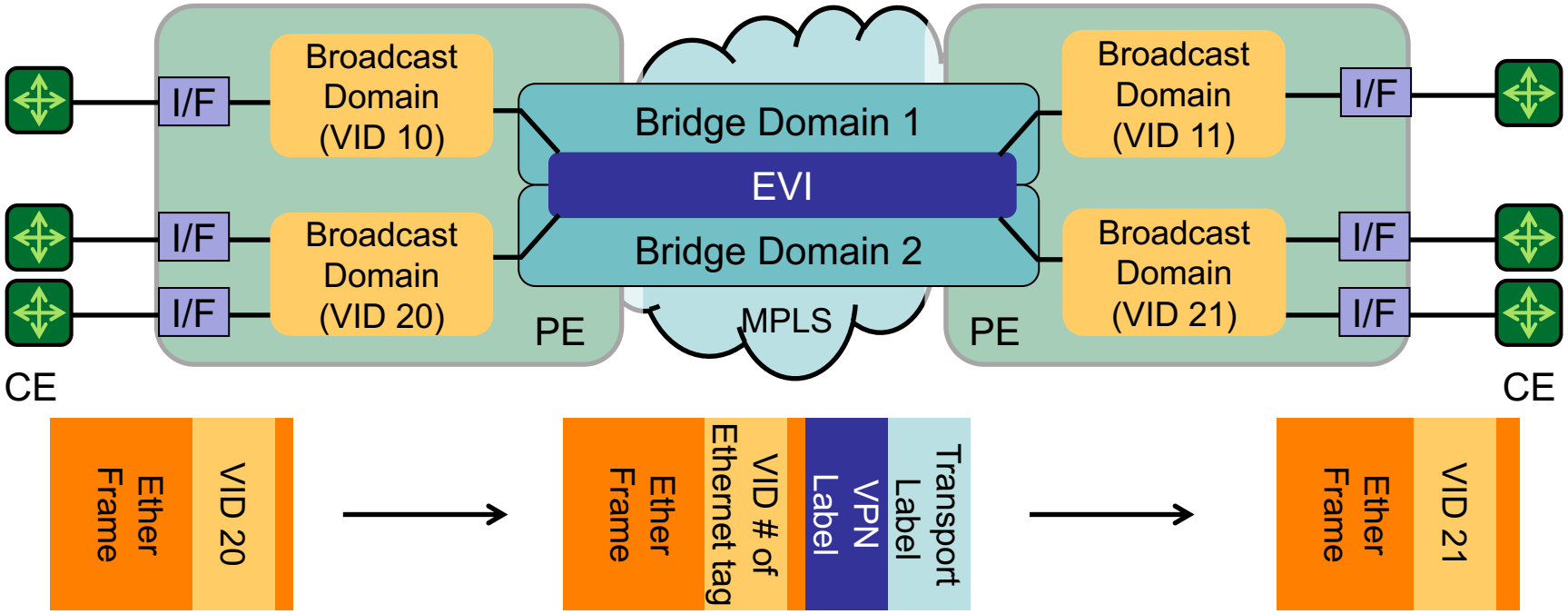


VLAN-Based Service Interface



- 1 EVI につき 1 Broadcast Domain (VLAN) が対応
- 1 EVI につき 1 Bridge Domain が対応
- Egress PE にて VID 変換が可能
- VLAN-Based の場合、すべての EVPN Route の Ethernet tag が 0
  - Ethernet tag は Broadcast Domain を識別するために利用されるが、1 EVI につき 1 Broadcast Domain のため、Ethernet tag 値は不要

VLAN-Aware Bundle Service Interface



- 1 EVI につき複数 Broadcast Domain (VLAN) が対応
- 1 EVI につき複数 Bridge Domain が対応
- Egress PE にて VID 変換が可能
- EVPN Route の Ethernet tag を Broadcast Domain を識別する値として利用

FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.

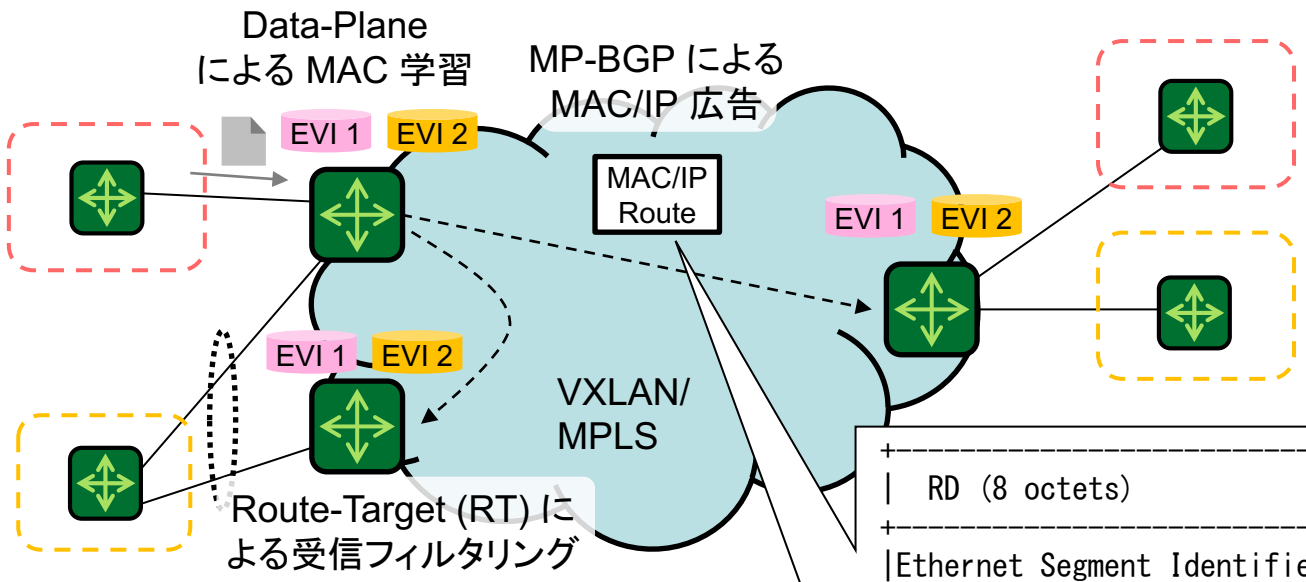
EVPN 機能紹介

EVPN の各機能

FURUKAWA ELECTRIC

- MP-BGP による MAC 学習
- All-active Multihoming と DF Election
- Aliasing
- Mass Withdraw による Fast Convergence
- ARP/ND proxy
- MAC Mobility (Appendix を参照)
- Split Horizon (※Appendix を参照)
- Inter-subnet Forwarding (※Appendix を参照)

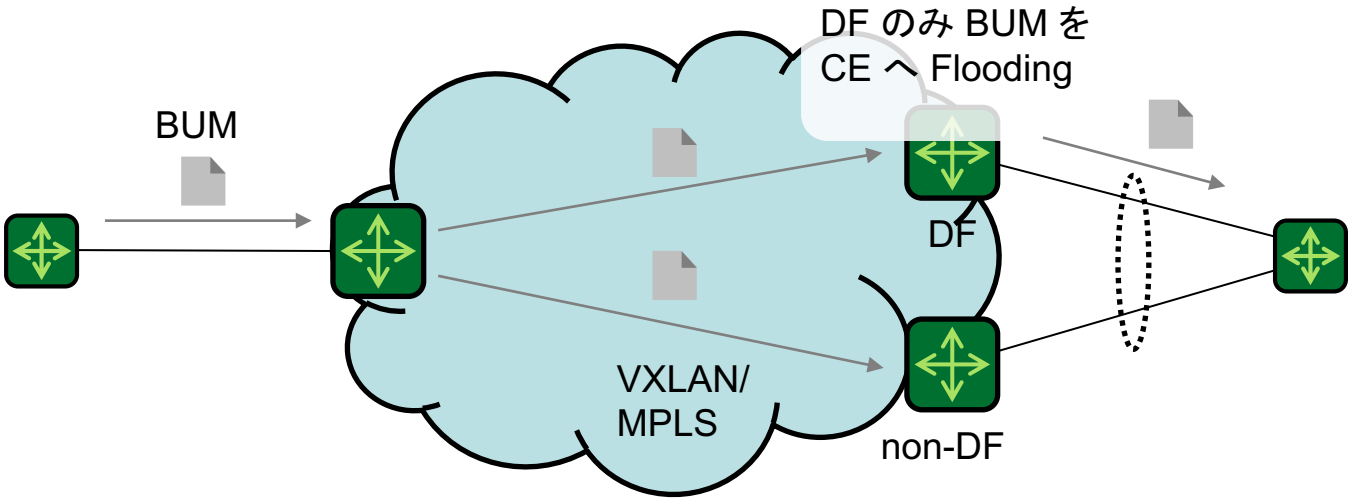
MP-BGP による MAC 学習



- PE は Local-CE から Ethernet frame を受信することで、Local-CE の MAC address を Data-Plane で学習し、Remote-PE へ MAC/IP Route を広告する
- PE は Remote-PE から MAC/IP Route を受信することで、MAC address を学習することが出来る

```
+-----------------------------------------+
|  RD (8 octets)                          |
+-----------------------------------------+
|Ethernet Segment Identifier (10 octets)  |
+-----------------------------------------+
|  Ethernet Tag ID (4 octets)             |
+-----------------------------------------+
|  MAC Address Length (1 octet)           |
+-----------------------------------------+
|  MAC Address (6 octets)                 |
+-----------------------------------------+
|  IP Address Length (1 octet)            |
+-----------------------------------------+
|  IP Address (0, 4, or 16 octets)        |
+-----------------------------------------+
|  MPLS Label1 (3 octets)                 |
+-----------------------------------------+
|  MPLS Label2 (0 or 3 octets)            |
+-----------------------------------------+
```

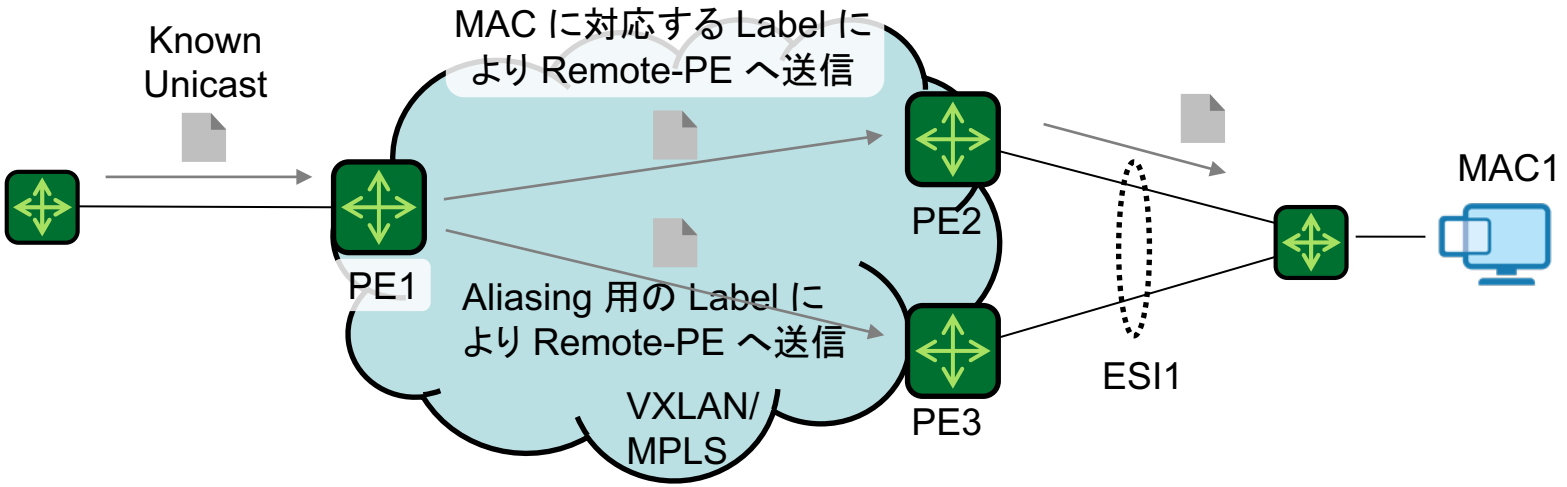
All-active Multihoming と DF Election



- EVPN は CE が 2 つ以上の PE と接続することで All-active Multihoming を実現可能
  - 同一 ES に接続する PEs は、BUM を CE へ中継する PE (DF: Designated Forwarder) を決定し、CE への BUM パケットが複数送信されることを防止する

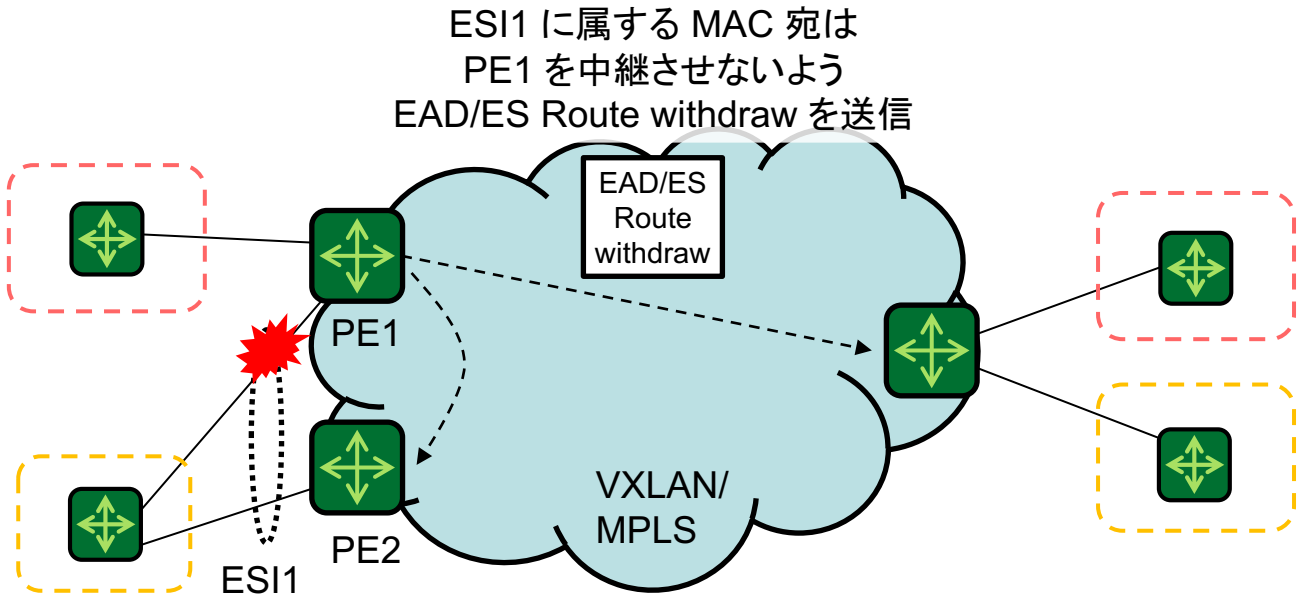
※BUM: Broadcast, Unknown unicast, Multicast

Aliasing



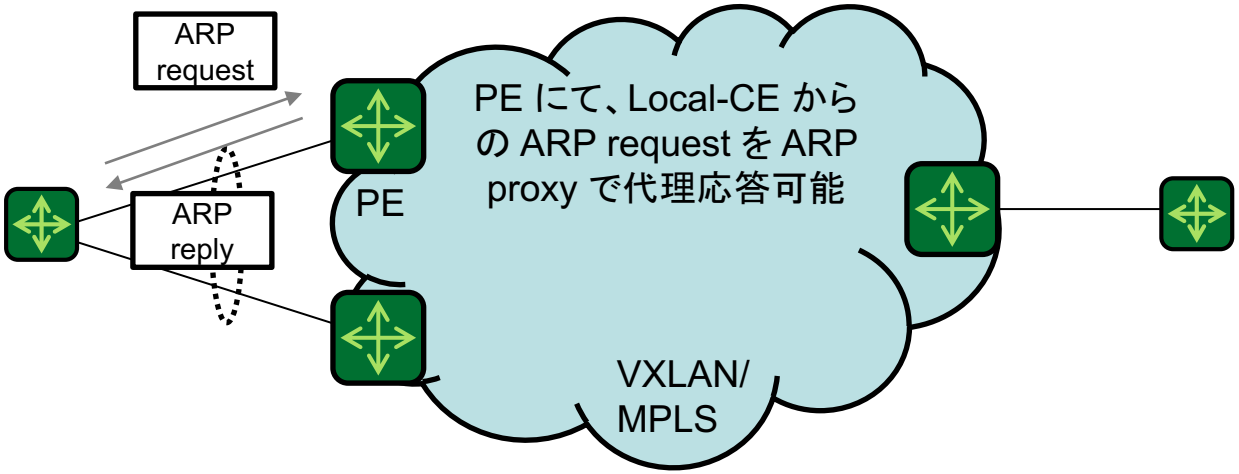
- All-active 環境の場合、同一 ES に接続する PEs への Load Balancing を実現可能
  - 同一 ES に接続する PEs (PE2, PE3) は、同一 ES への到達性があることを Ethernet Auto Discovery per EVI (EAD/EVI) Route により、EVPN 環境構築時に Remote-PE (PE1) へ通知している
  - PE1 が PE2 からのみ MAC1 の MAC/IP Route を受信している場合
    - ✓ PE1 が MAC1 宛のパケットを PE2 へ中継する際、MAC/IP Route で学習した Label を利用する
    - ✓ PE1 が MAC1 宛のパケットを PE3 へ中継する際、EAD/EVI Route で学習した Aliasing 用の Label を利用する

Mass-withdraw による Fast Convergence



- Multihoming 環境の場合、PE と CE 間で回線障害が発生した時、高速な Convergence を実現可能
  - PE が接続している ES 情報を Ethernet Auto Discovery per ES (EAD/ES) Route により、EVPN 環境構築時に Remote-PE へ通知している
  - PE は CE 間で回線障害が発生した時、Remote-PE へ EAD/ES Route の withdraw を送信することで、Remote-PE は障害が起こっている PE への冗長パスを削除し、通信を早急に復旧する

ARP/ND proxy

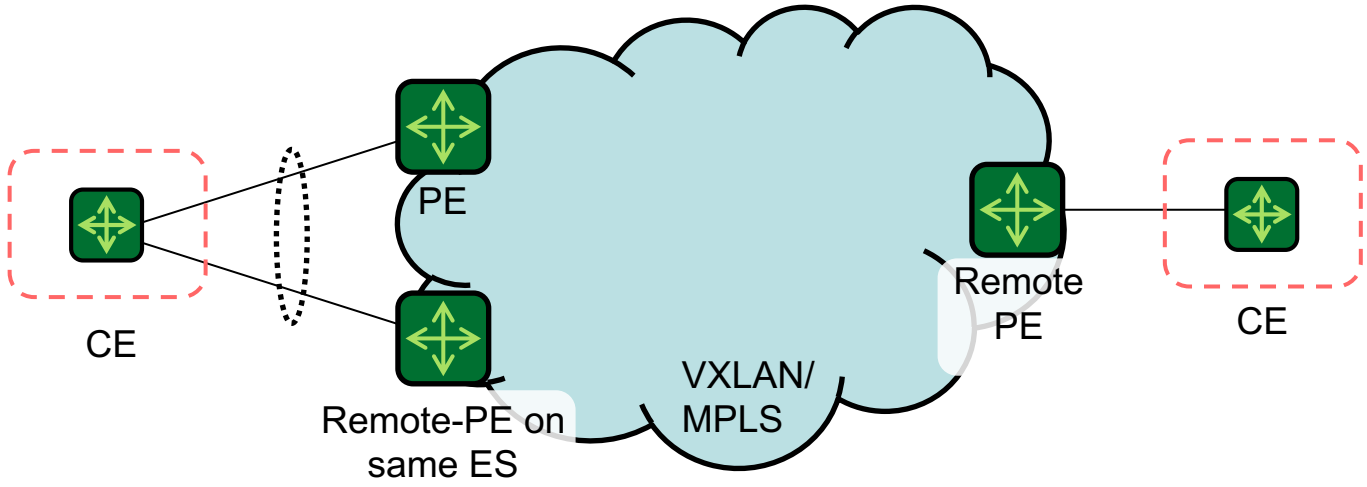


- PE は Local-CE からの ARP request, ND solicitation が送信されたとき、ARP/ND Proxy により代理応答することで、コア網への BUM を抑制することが可能
  - PE は Local-CE からのパケットを Snooping することで、MAC Address 及び IP address を学習し、ARP/ND Table を更新する
  - PE は Remote-PE へ MAC/IP Route により、MAC/IP binding 情報を広告し、ARP/ND Table を更新させ、Remote-PE でも ARP/ND proxy を実現することが可能

FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.

EVPN プロトコル紹介

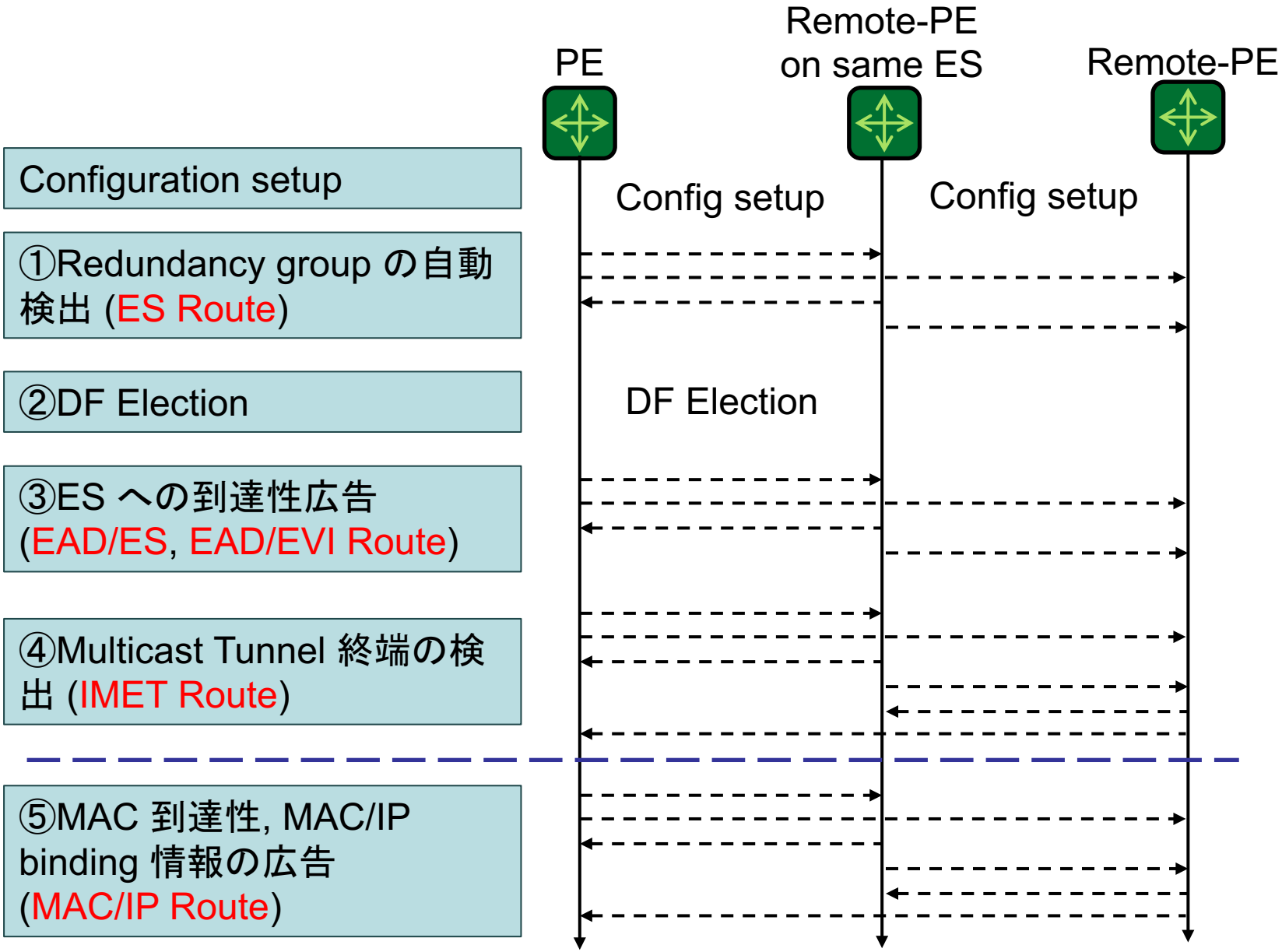
EVPN startup scenario の環境例



- Multihoming が設定されている PE, Remote-PE on same ES と、Singlehoming が設定されている Remote PE で構成される EVPN 網における EVPN startup scenario 例を紹介

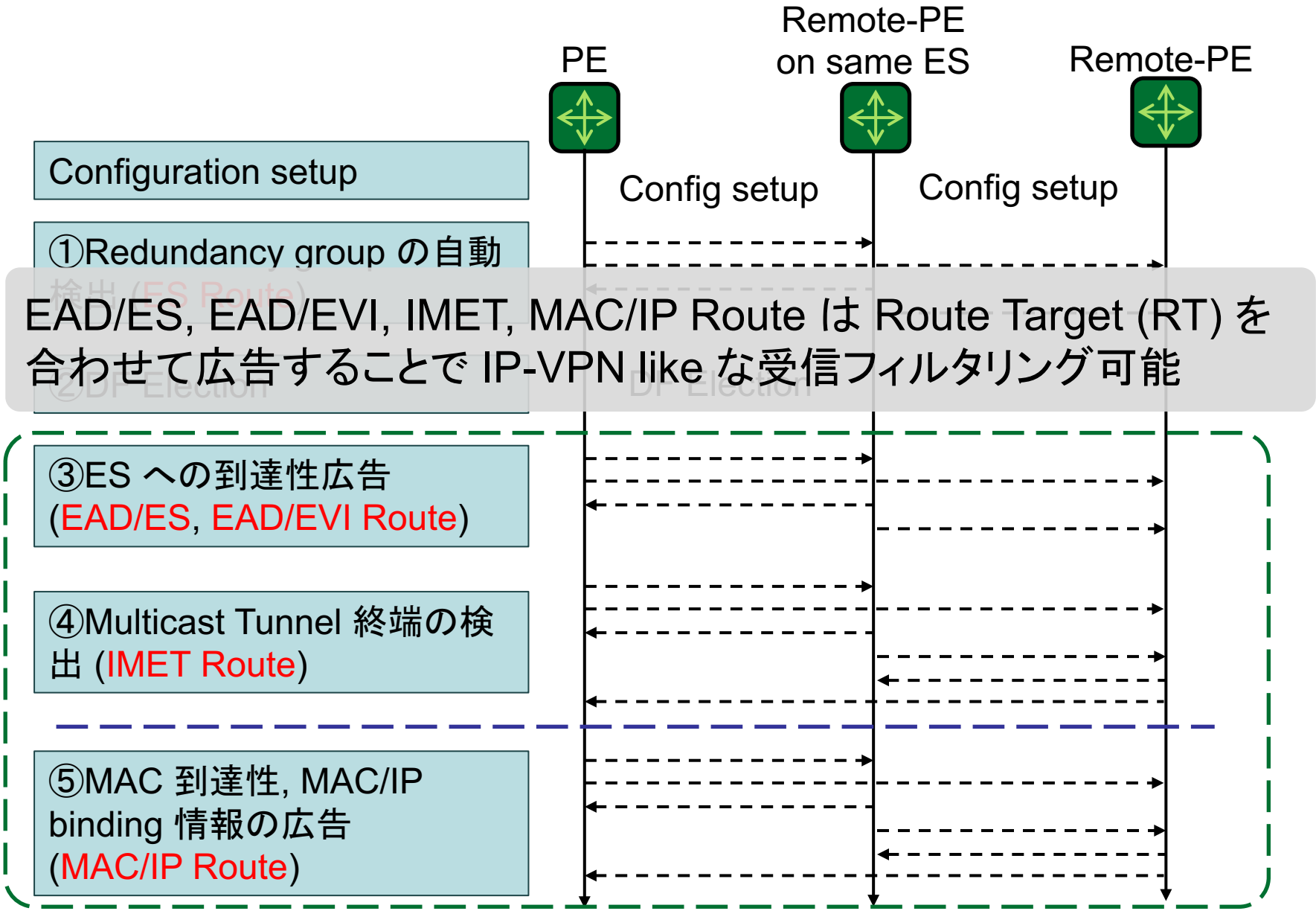
EVPN startup scenario

FURUKAWA ELECTRIC



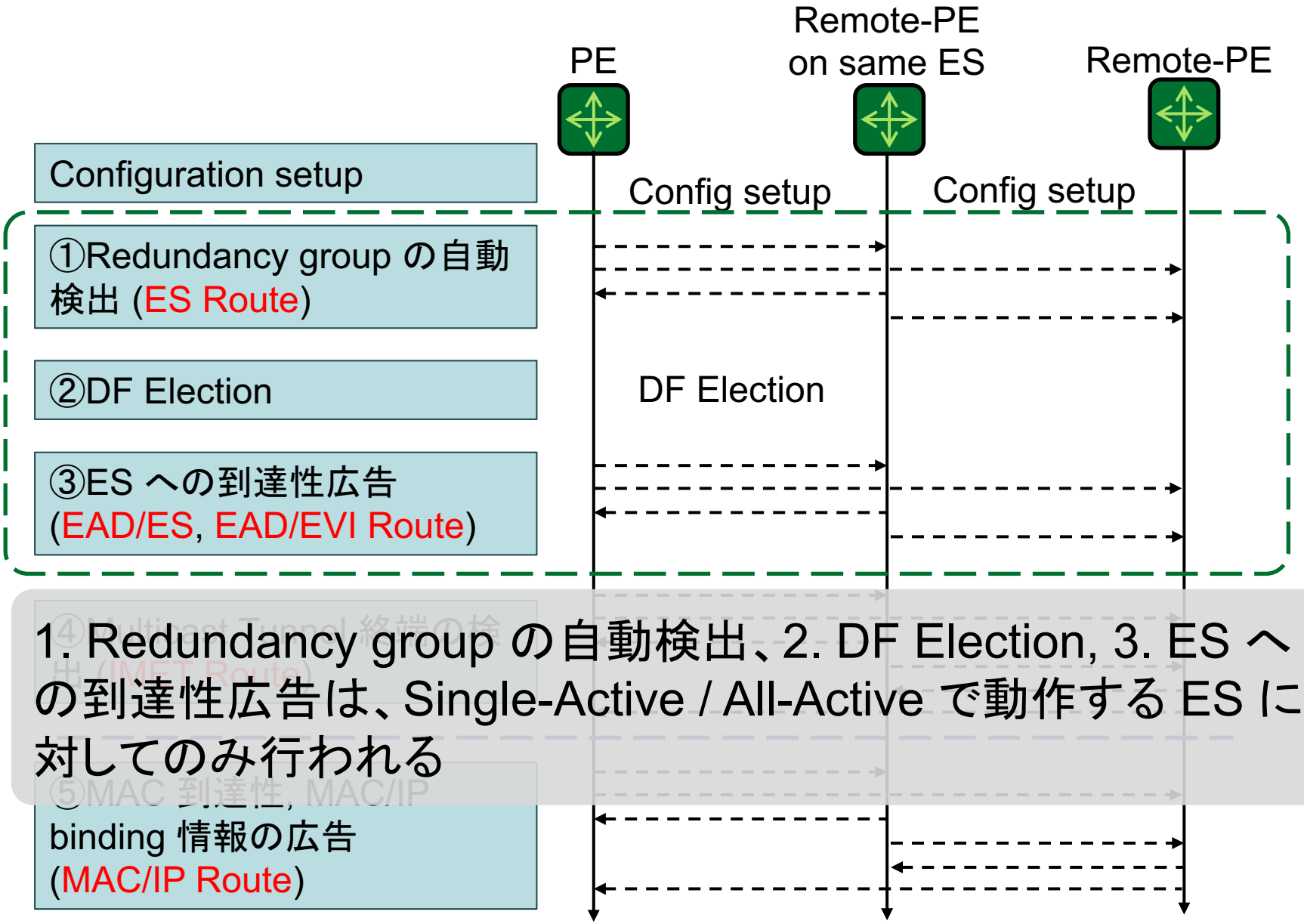
EVPN startup scenario

FURUKAWA ELECTRIC



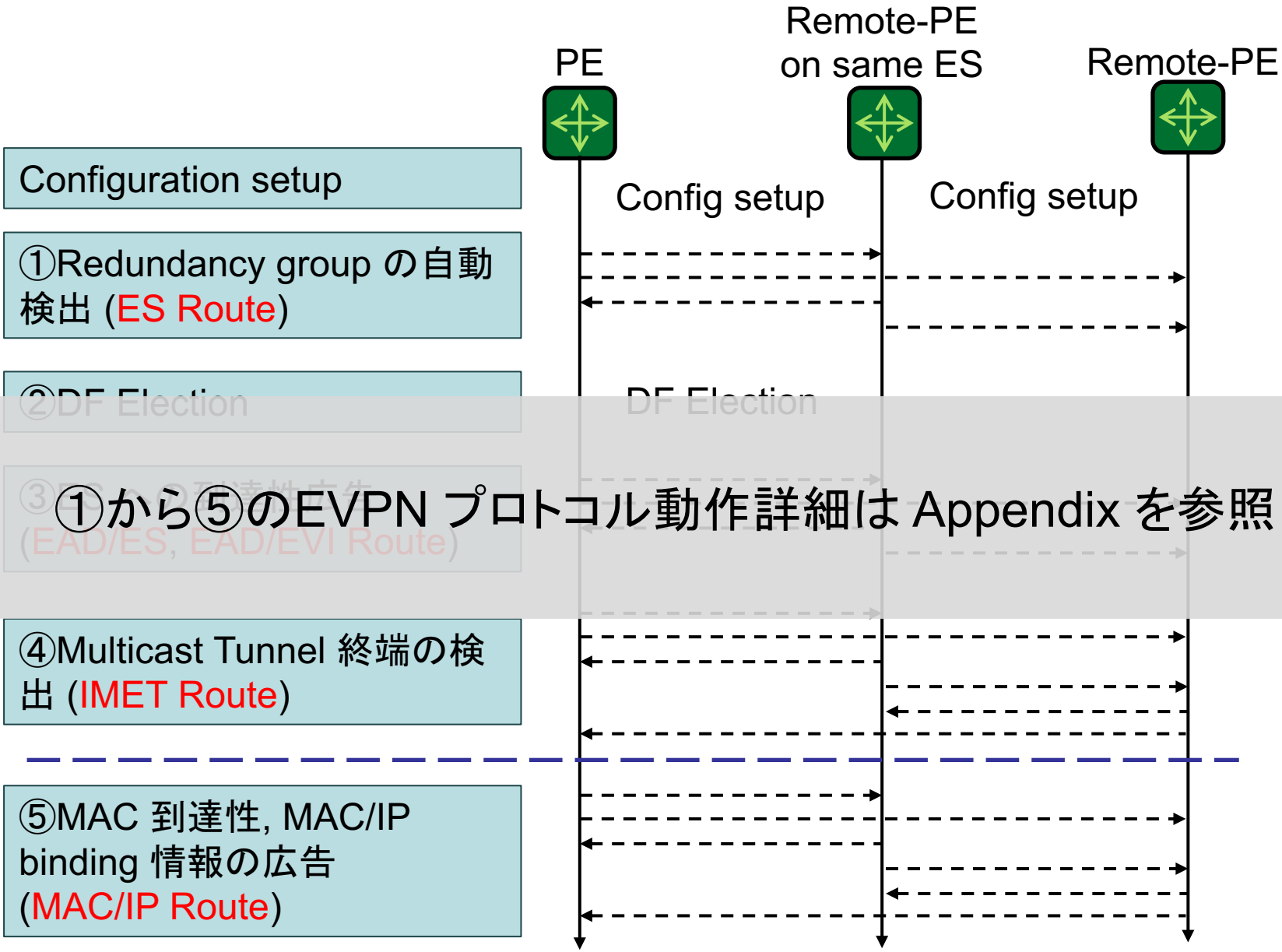
EAD/ES, EAD/EVI, IMET, MAC/IP Route は Route Target (RT) を合わせて広告することで IP-VPN like な受信フィルタリング可能

EVPN startup scenario



1. Redundancy group の自動検出、2. DF Election, 3. ES への到達性広告は、Single-Active / All-Active で動作する ES に対してのみ行われる

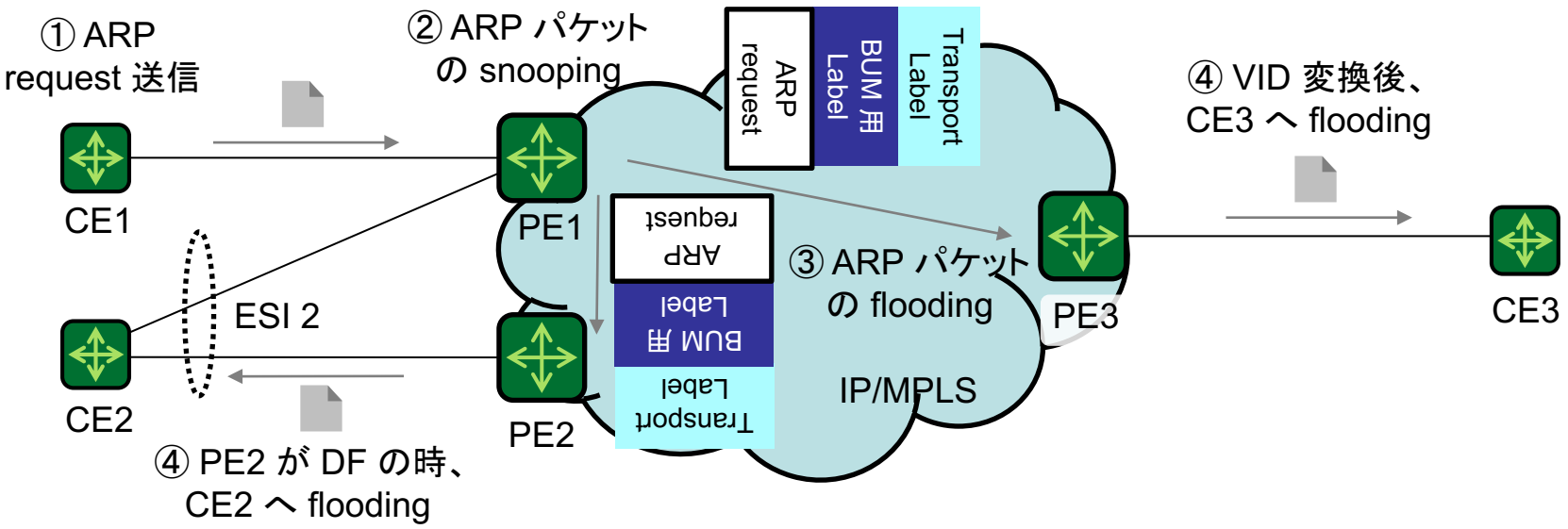
EVPN startup scenario



FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.

EVPN 動作例

Packet Walk (BUM from CE1)



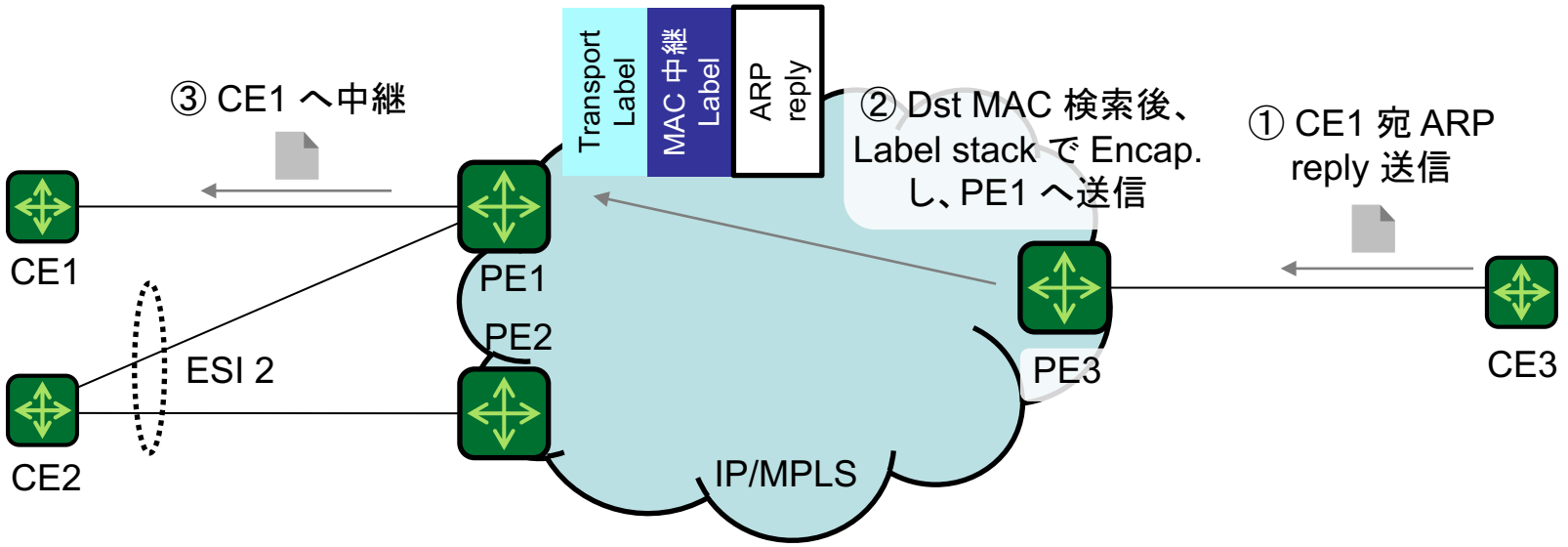
① CE-VID = 1 の ARP request (source-MAC CE1, destination-IP CE3) が PE1 に送信される

② PE1 では CE-VID に従って、フレームは EVI1 のものと判別される。PE1 は ARP Snooping により、EVI-1 の MAC Table, Proxy-ARP table の更新を行なう

③ PE1 は PE2, PE3 へ ARP を Flooding する

④ PE2 と PE3 に MPLS-encapsulated frame が到達する。PE2 は ESI=2 の DF であれば、CE2 へ Broadcast を送信する。PE3 は必要に応じて VID translation を行なった後、CE3 へ Flooding する

Packet Walk (Unicast from CE3 to CE1)

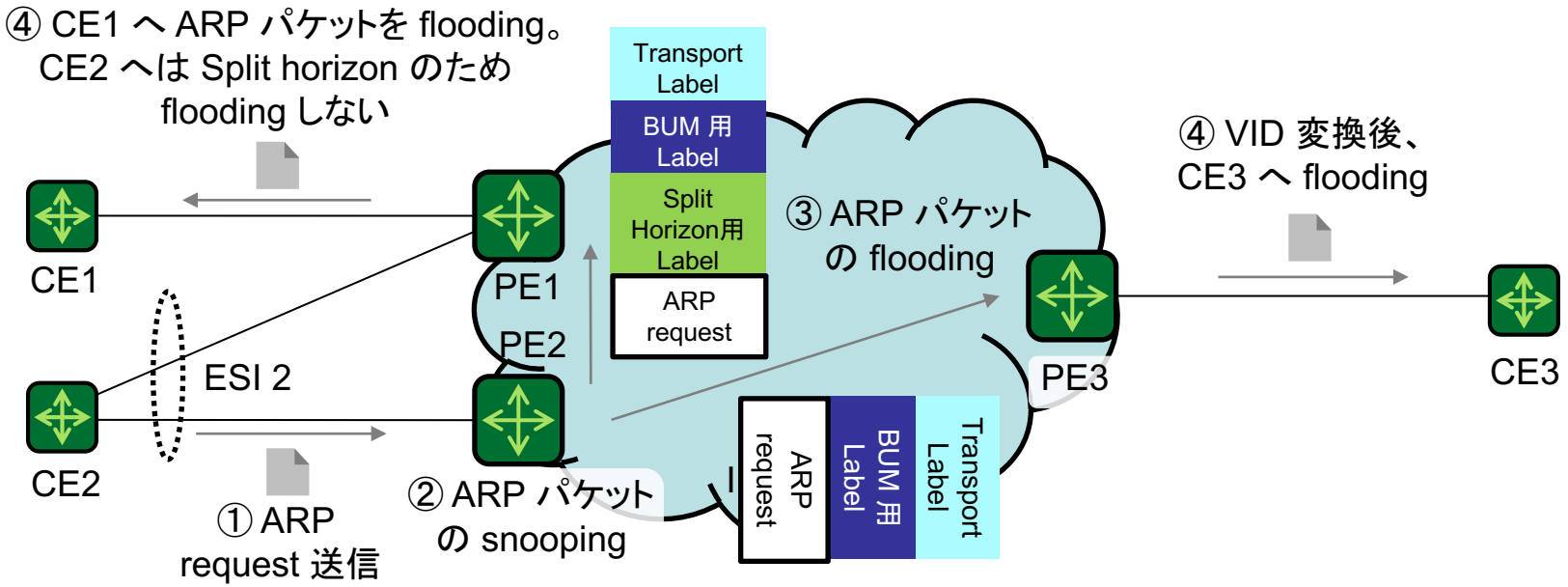


① CE-VID=1 の ARP reply (source-MAC CE3, destination-IP CE1) が PE3 に送信される

② PE3 では CE-VID に従って、フレームは EVI1 のものと判別される。MAC Table 検索を行い、CE1-MAC に紐づく Label Stack で Encapsulate して PE1 に送信する

③ PE1 はフレームを受信すると CE1 に送信する

Packet Walk (BUM from CE2)



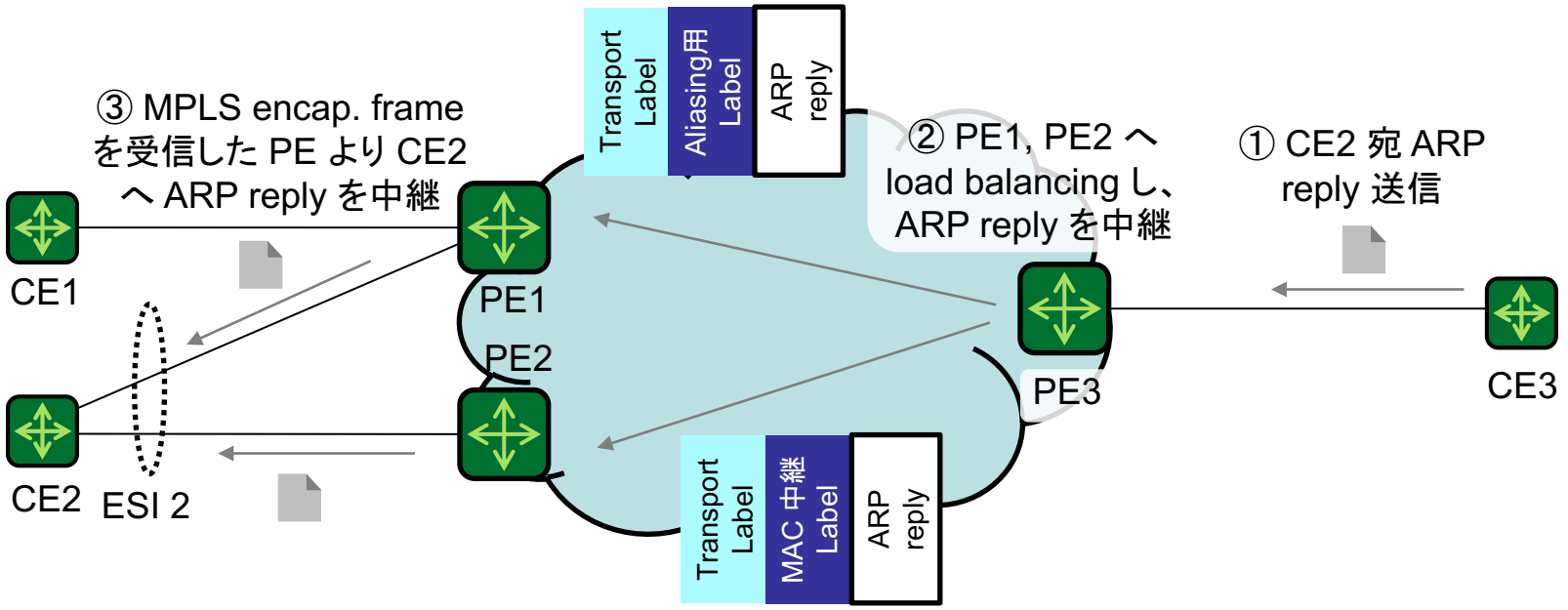
① CE-VID=1 の ARP request (source-MAC CE2, destination-IP CE3) が PE2 に送信される

② PE2 では CE-VID に従って、フレームは EVI1 のものと判別される。PE2 は ARP Snooping により、MAC Table, Proxy-ARP table への更新を行なう

③ PE2 は PE1, PE3 へ ARP を Flooding する。PE1 へ送信されるパケットには Split Horizon 用の Label が入る

④ PE1 と PE3 に MPLS-encapsulated frame が到達する。PE1 は Split Horizon 用の Label により CE2 への Flooding は行わない。PE3 では、必要に応じて VID translation を行なった後、CE3 へ Flooding する

Packet Walk (Unicast from CE3 to CE2)



① CE-VID=1 の ARP reply (source-MAC CE3, destination-IP CE2) が PE3 に送信される

② PE3 では CE-VID に従って、フレームは EVI1 のものと判別される。MAC Table 検索を行い、CE2-MAC は ESI2 に属するものであると判断する。CE2-MAC への Next-hop としては PE1 or PE2 のどちらへ中継するか決定し、CE2-MAC に紐づく Label Stack で Encapsulate して PE1 or PE2 に送信する

③ PE1 or PE2 は frame を受信すると CE2 に送信する

EVPN 概要紹介まとめ

FURUKAWA ELECTRIC

- EVPN は既存の L2VPN 技術の課題を下記機能により解決
  - All-active Multihoming による PE の Load Balancing
  - ARP/ND proxy による BUM 制御の最適化
  - IP-VPN like なオペレーションによるスケーラビリティ向上
  - Mass Withdraw による Fast Convergence
  - L2/L3VPN 網の統合
- 参考文献
  - RFC 7432 - BGP MPLS-based Ethernet VPN:
    https://tools.ietf.org/html/rfc7432
  - IETF Draft - A Network Virtualization Overlay Solution using EVPN:
    https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-bess-evpn-overlay-05
  - IETF Draft - Usage and applicability of BGP MPLS based Ethernet VPN:
    https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-bess-evpn-usage-03

プログラム全体の流れ

FURUKAWA ELECTRIC

1. **プログラム導入・EVPN 概要紹介**
   - 神谷 尚秀 (古河ネットワークソリューション株式会社)
2. **EVPN って本当に良いの？ソフトバンクがキャリア EVPN を考えてみた**
   - 三宅 正浩 (ソフトバンク株式会社)
3. **マルチベンダ環境における EVPN 構築のノウハウ ～Interop Tokyo 2016 ShowNet での相互接続検証を元に～**
   - 大久保 修一 (さくらインターネット株式会社)
4. **コンテンツ事業者での EVPN 話**
   - 高澤 信宏 (ヤフー株式会社)
5. **パネルディスカッション**

FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.

パネルディスカッション

パネルディスカッションネタ

FURUKAWA ELECTRIC

- マイグレーション関連
  - 現行網からどのように EVPN 網へ移行していくか
- オペレーション関連
  - EVPN 網の運用者に求められるスキルとは
  - EVPN を導入することで運用効率・安定性は向上するか
- EVPN 関連の標準化動向
  - EVPN の IETF における標準化動向と EVPN の今後の発展に期待することとは

マイグレーション関連

FURUKAWA ELECTRIC

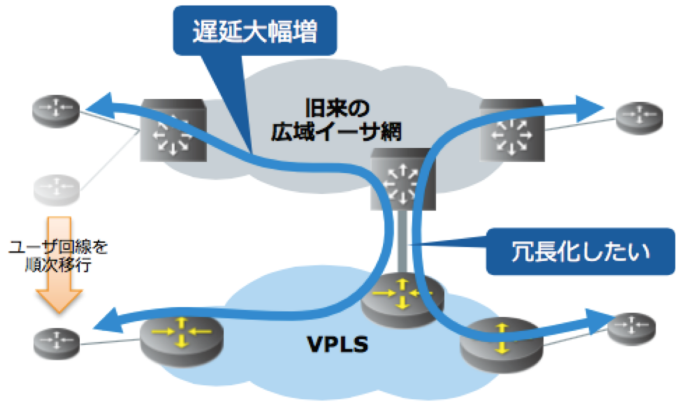
- 現行網から EVPN 網へ移行する際のハードルとは？

EVPNのメリット　－VPLSとの比較－

■ **マイグレーション**

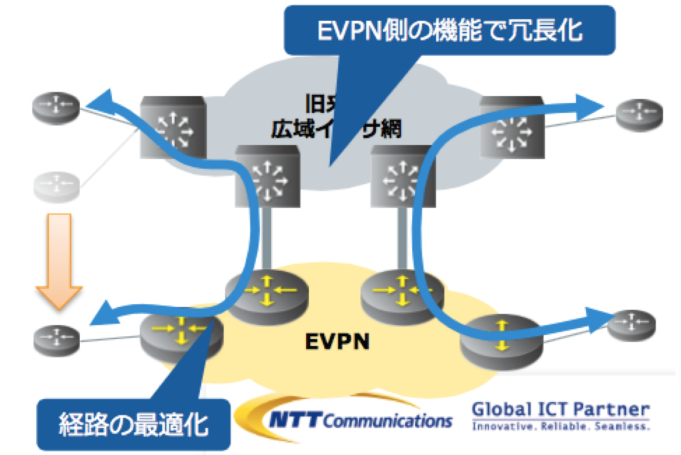
VPLS

- 冗長接続の実現に課題
  - ✓ STP
  - ✓ G.8032
    - → E-OAMの実装差分により接続できない事例
  - ✓ VPLS-Multihoming
    - → 独自実装に頼る方式、PW数が2倍に
- 結果single接続による遅延の増加



EVPN

- EVPNのMultihoming(single-active)を使用する場合ならNW間のネゴシエーションは不要
- MAC毎にprimary PEを選択できれば、遅延最適化も可能か



Ref: MPLS Japan 2015, キャリアサービスへのEVPN適用の検討と課題, 横山 博基 (NTTコミュニケーションズ株式会社)

オペレーション関連

FURUKAWA ELECTRIC

- EVPN 網を運用するために必要な知識とは
  - 知識習得のためにどのような取り組みが必要か
- EVPN を導入することで運用効率・安定性は向上するか

EVPN 関連の標準化動向

FURUKAWA ELECTRIC

- EVPN 関連技術の標準化動向について
- EVPN の今後の発展に期待することとは

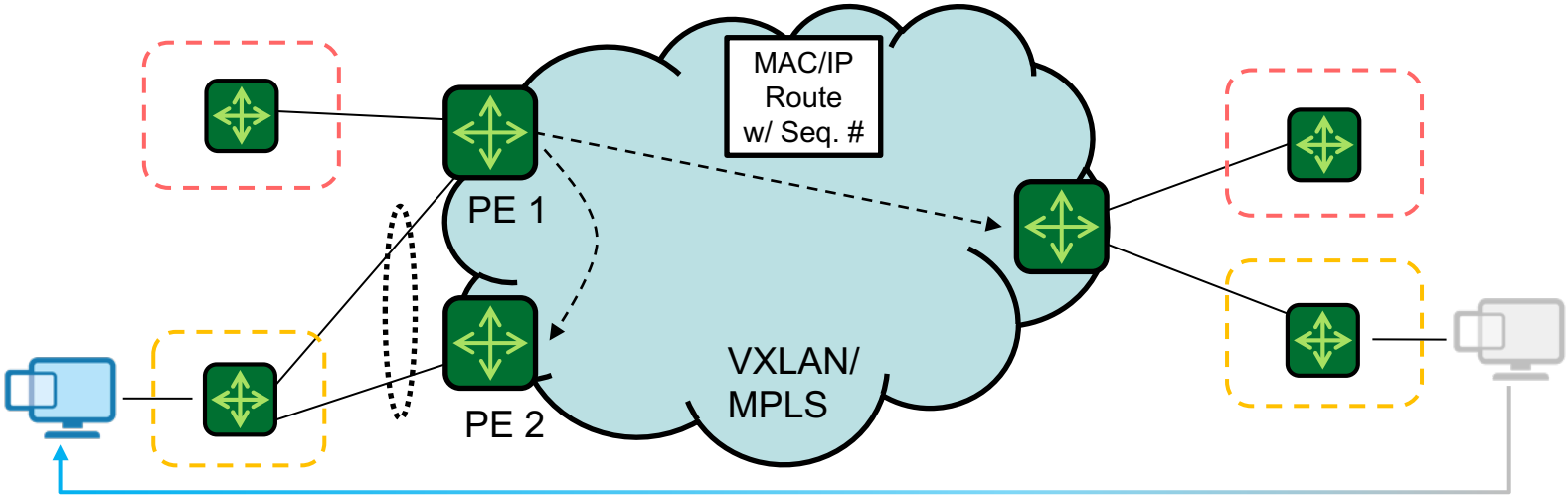
Appendix

EVPN の各機能 (cont.)

MAC Mobility

FURUKAWA ELECTRIC

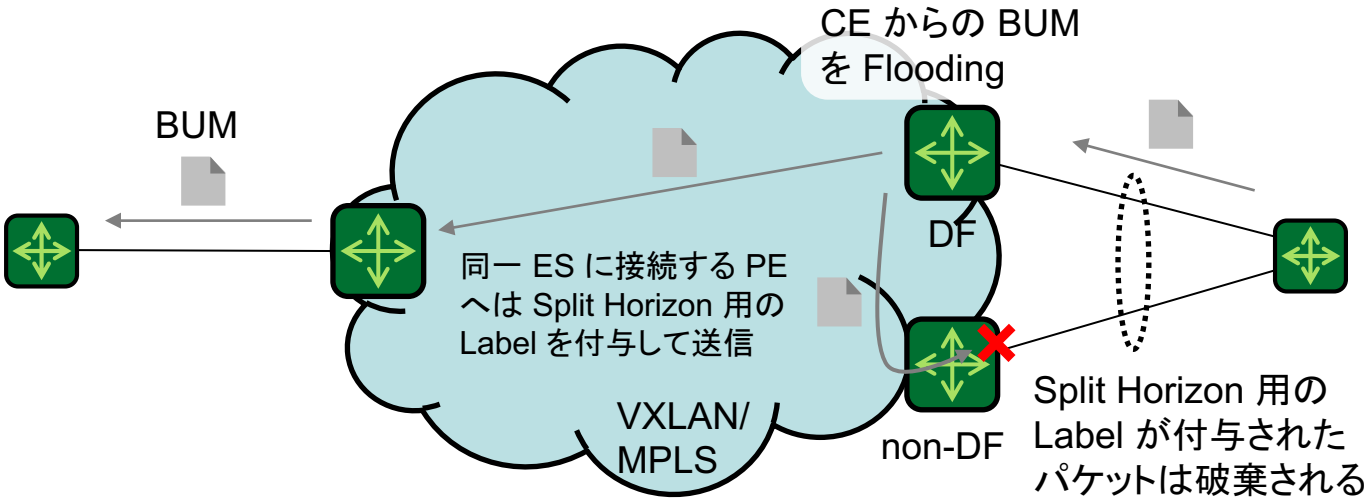
- ある ES 接続されている Host がライブマイグレーション等により、同じ EVPN に属している別 ES へ移動 (MAC Mobility) した時、最新の EVPN Route Table へ更新し、MAC address の duplicate を防止可能
  - ES 間での MAC Mobility が発生し、Host が移動した先の PE は Data-Plane で MAC address を学習した時、MAC/IP Route と合わせて MAC Mobility Ext-comm を広告することで、Ext-comm 内のシーケンス番号 (MAC Mobility の回数に対応) により、シーケンス番号が一番大きな値の MAC/IP Route を最新の経路情報として各 PE に受信させる



Split Horizon

FURUKAWA ELECTRIC

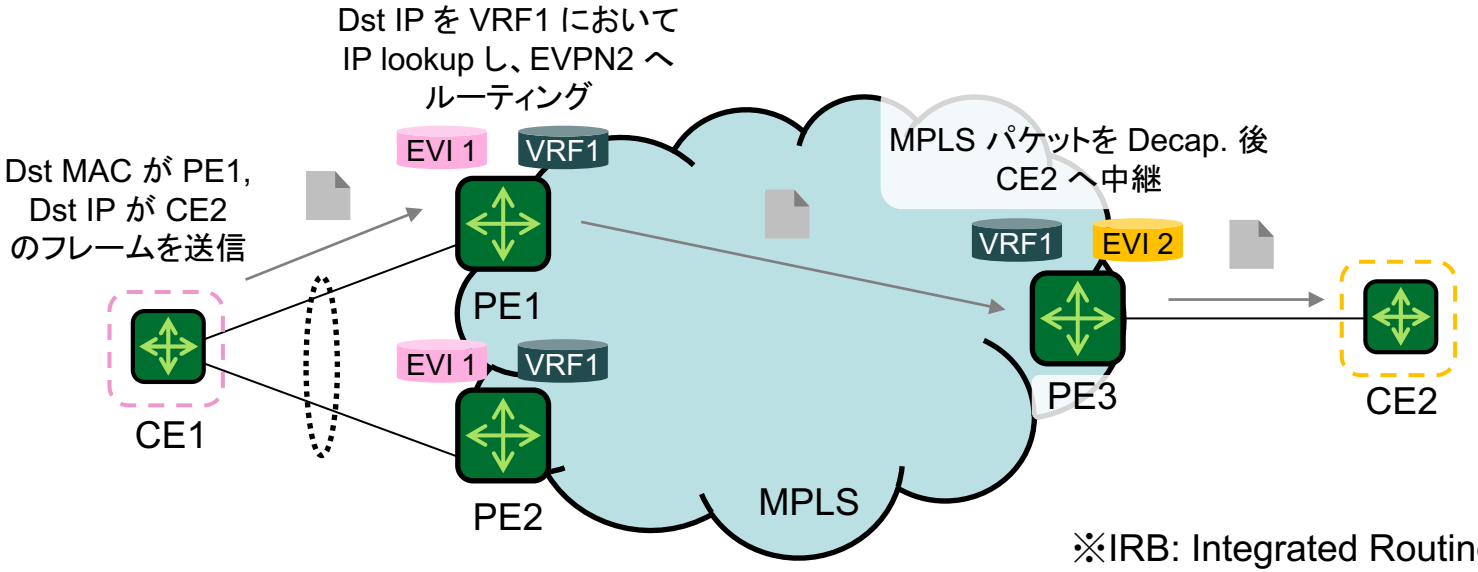
- Local-CE から送信された BUM は Core 網に Flooding される。Multihomed 環境では、Split Horizon 機能により、BUM を送信した CE と同じ ES に接続する PE からの BUM 折り返し送信を防止することが可能
  - PE は CE から受信した BUM を同一 ES に接続された他の PE に Flooding する場合、Split Horizon 用の Label を付与して送信する
  - Split Horizon 用の Label が付与されたパケットを受信した PE はパケットを破棄する



Inter-subnet Forwarding

FURUKAWA ELECTRIC

- Inter-subnet forwarding は EVPN で L3 中継を実現する技術
  - PE において IRB IF を利用し、異なる Subnet 間の中継を L3 domain を通じて行う
  - PE は Local 学習や EVPN Route により学習した IP Host address、および、IP prefix をルーティングテーブルへ登録し、必要に応じてパケットをルーティングする
  - ルーティングテーブルは VRF により分離可能



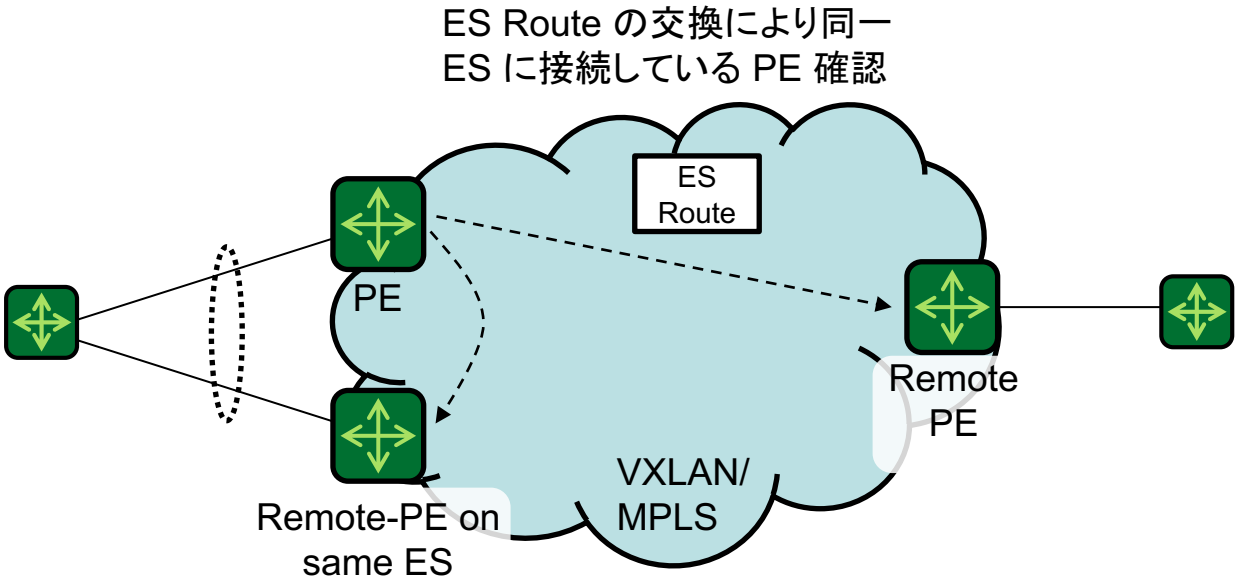
※IRB: Integrated Routing and Bridging

EVPN プロトコル動作詳細

①Redundancy group の自動検出

- PE は ES Route を広告し合うことで、同一 の ES に接続している PE を発見する

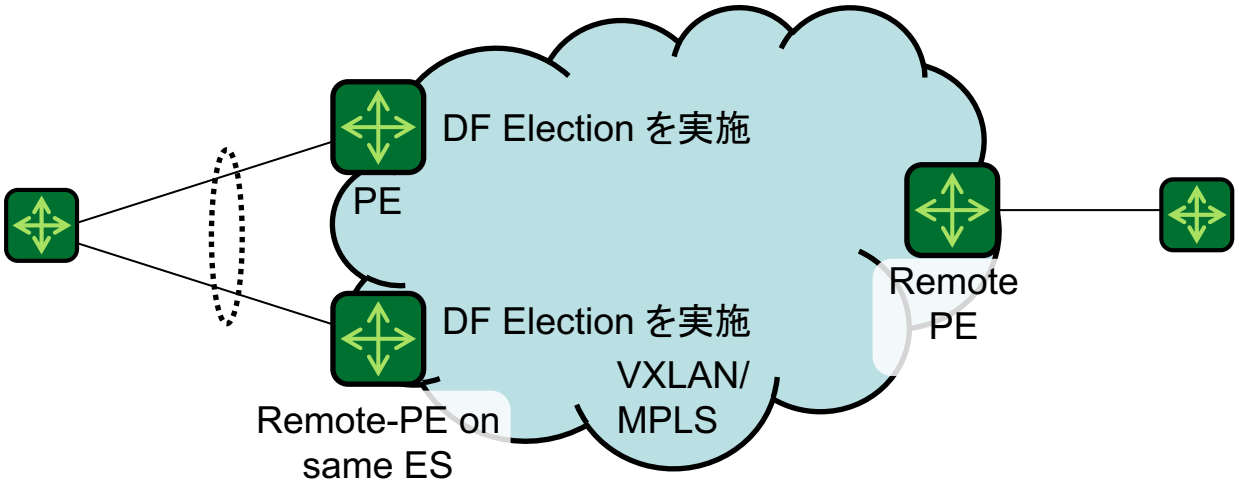
1. PE は ES Route と合わせて ES-Import RT Ext-comm を広告する
2. Remote-PE は受信した経路情報に含まれる ESI 値より、広告元の PE が自身と同じ ES に接続しているかどうか判定する



②Designated Forwarder Election

FURUKAWA ELECTRIC

- 同一の Multihomed CE に接続された PEs は ES Route を交換した後、CE へ BUM を送信する PE (DF) の選択を行なう

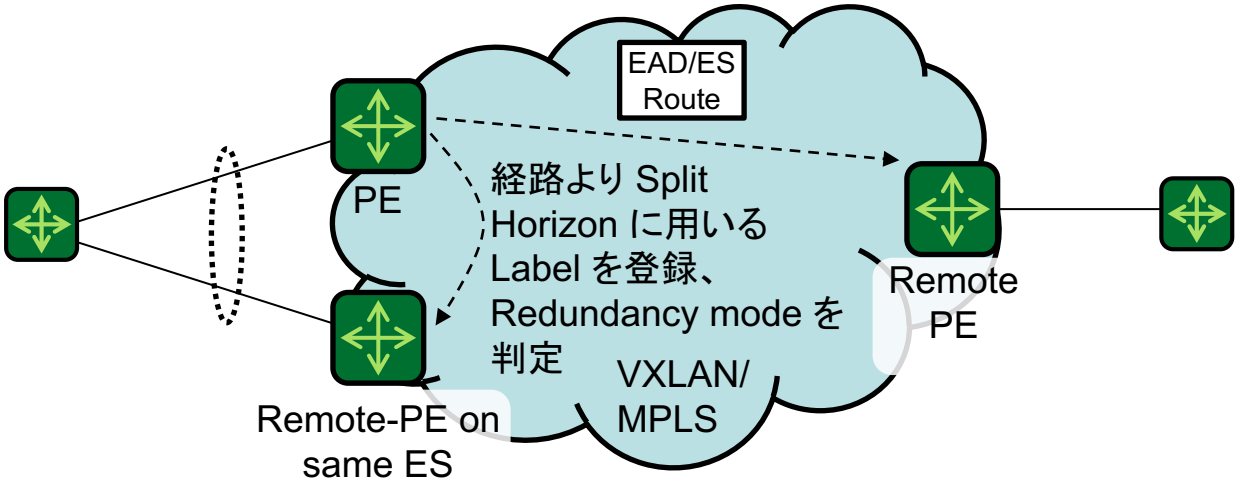


③ES への到達性広告 (EAD/ES Route)

FURUKAWA ELECTRIC

- PE は EAD/ES Route を広告することで、Split Horizon に用いる Label の登録と、Redundancy mode を設定する

1. PE は EAD/ES Route と合わせて ESI Label Ext-comm を広告し、Ext-comm に含まれる Label を Split Horizon に用いる受信 Label として登録する
2. Remote-PE は受信した経路情報より、Split horizon に用いる送信 Label として登録し、PE が接続する ES の Redundancy mode (All-active/Single-active) を判定する

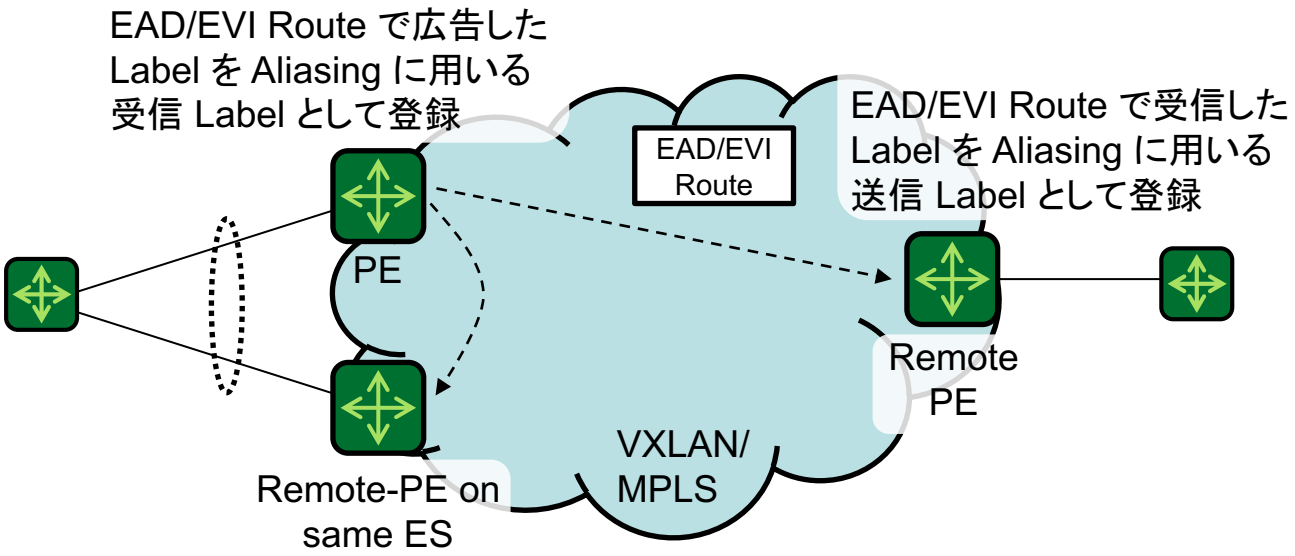


③ ES への到達性広告 (EAD/EVI Route)

FURUKAWA ELECTRIC

- PE は EAD/EVI Route を広告することで、Aliasing に用いる Label を設定する

1. PE は EAD/EVI Route を広告し、EAD/EVI Route に含まれる Label を Aliasing に用いる受信 Label として登録する
2. Remote-PE は受信した経路情報に含まれる Label を Aliasing に用いる送信 Label として登録する



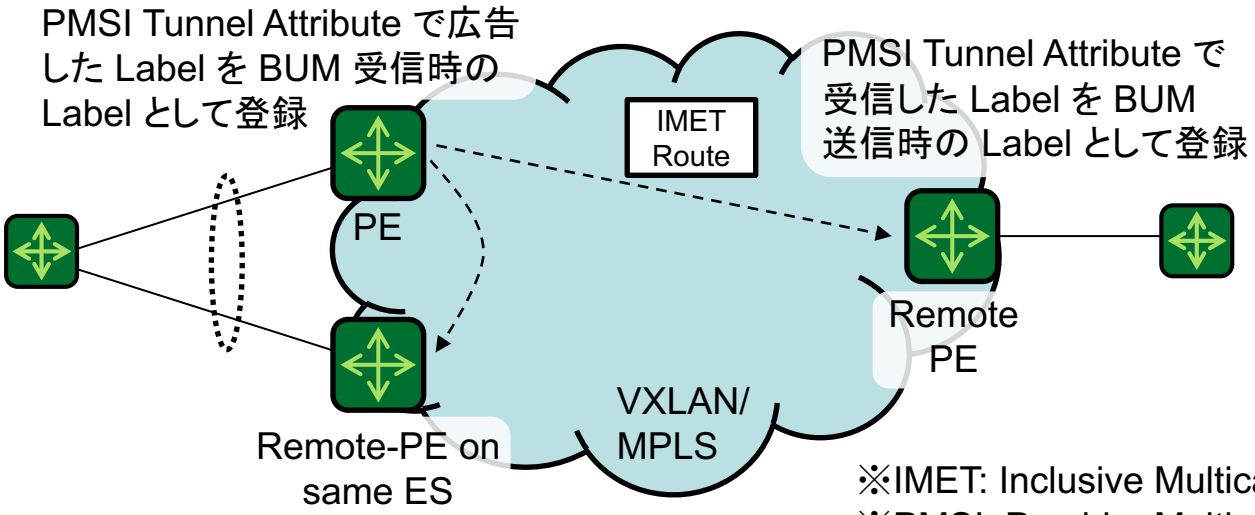
④Multicast Tunnel 終端の検出

FURUKAWA ELECTRIC

- PE は IMET Route を広告することで、BUM 送受信時に用いる Label の設定を行う

※下記は BUM 処理に Ingress replication を用いる場合の動作例

1. PE は IMET Route と合わせて PMSI Tunnel Attribute を広告し、PMSI Tunnel Attribute で広告した Label を BUM 受信時に付与させる Label として登録する
2. Remote-PE は受信した経路情報に含まれる Label を BUM 送信時に付与する Label として登録する

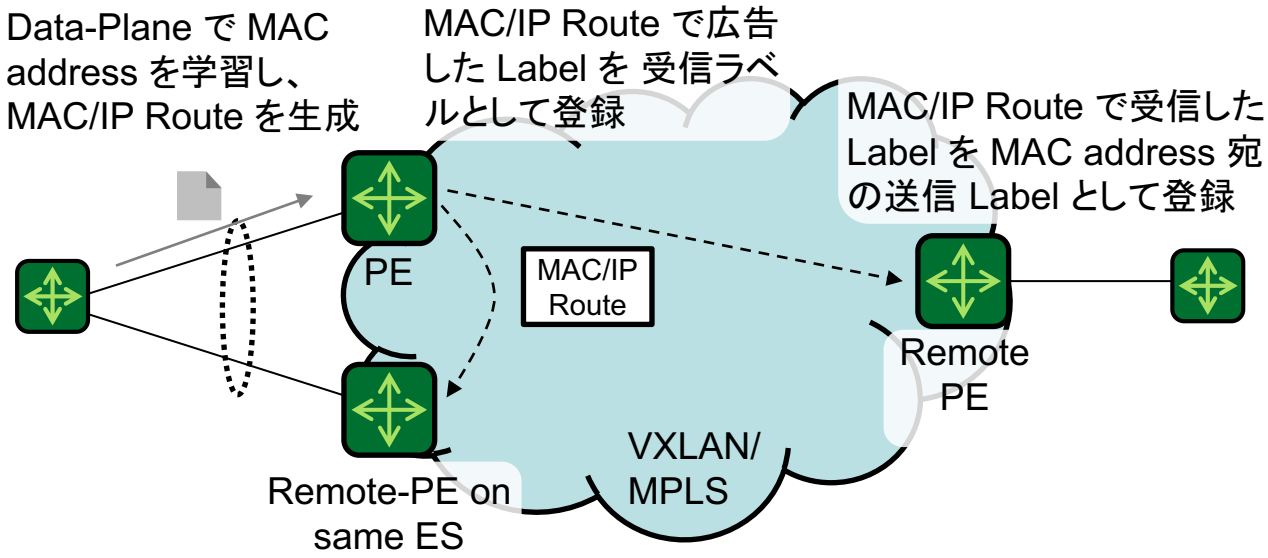


※IMET: Inclusive Multicast Ethernet Tag
※PMSI: Provider Multicast Service Interface

⑤MAC 到達性の広告

- PE は Data-Plane で学習した MAC address 情報を MAC/IP Route として広告することで、L2VPN に用いる Label の設定を行う

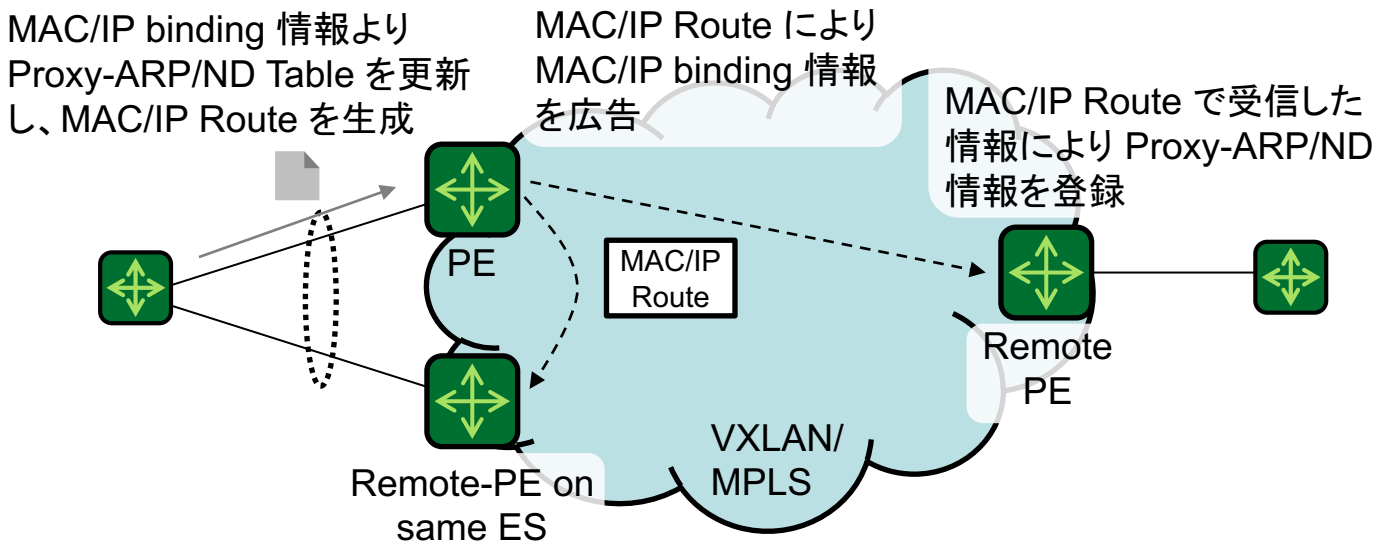
1. PE は学習した MAC address 情報を保持した MAC/IP Route を広告し、MAC/IP Route で広告した Label を MAC address に対する受信 Label として登録する
2. Remote-PE は MAC/IP Route に含まれる Label を MAC address 宛の送信 Label として登録する



⑤MAC/IP Binding 情報の広告

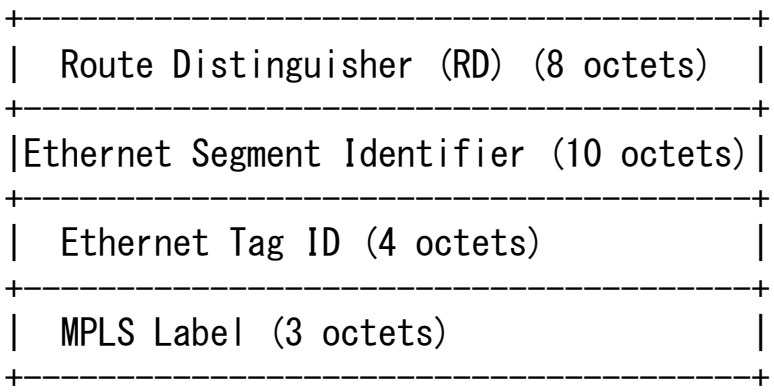
- PE は、ARP snooping 等により学習した MAC/IP binding 情報を MAC/IP Route として広告することで、Proxy-ARP/ND Table の設定を行う

1. PE は学習した MAC/IP binding 情報を保持した MAC/IP Route を広告する
2. Remote-PE は MAC/IP Route で受信した MAC/IP binding 情報より Proxy-ARP/ND Table を更新する



各種 Route Type フォーマット

Ethernet Auto Discovery Route (EAD Route 0x1)



- EAD Route には EAD/ES Route および EAD/EVI Route がある
  - Ethernet Tag ID が MAX-ET なら EAD/ES, MAX-ET {0xFFFFFFFF} でなければ EAD/EVI となる
- EAD/ES Route と合わせて ESI Label Ext-comm (Optional, Transitive) を送信する

フォーマット

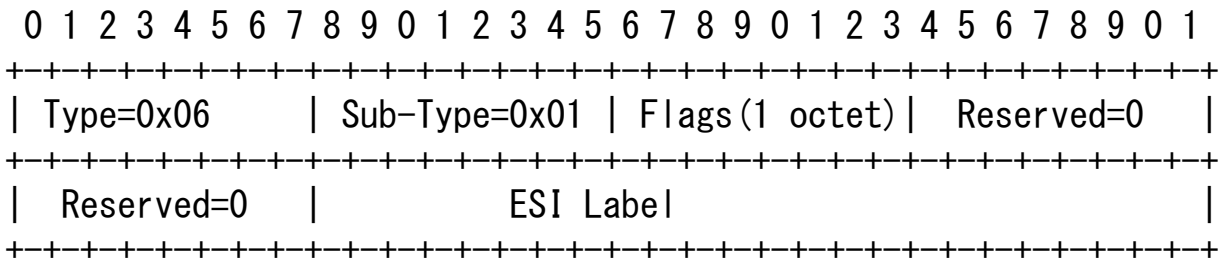
[EAD/ES]

- RD: EVI RD
- ESI: ESI 値
- Ethernet Tag ID: MAX-ET 固定 (不使用)
- MPLS Label: Zero (explicit-null) 固定 (不使用)

[EAD/EVI]

- RD: EVI RD
- ESI: ESI 値
- Ethernet Tag ID: Ethernet Tag ID 値 (VLAN Aware Bundle 以外なら 0)
- MPLS Label: local-PE で割当てたラベル (Aliasing for Load Balancing に利用)

ESI Label Ext-comm (Optional, Transitive)

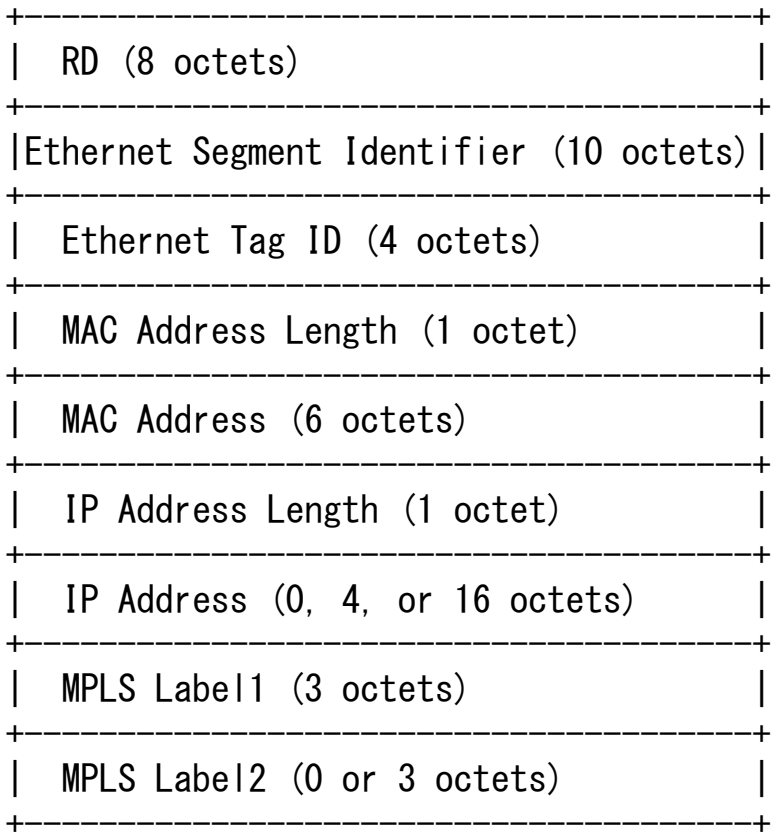


- EAD/ES Route と合わせて送信される

フォーマット

- Flags: 1 << 0 … redundancy mode が “Single-Active” ならばセット
- ESI Label: BUM の送受信に ingress replication を使う場合は受信用 Label、P2MP LSPs を使う場合は送信用 Label (Split Horizon に利用)

MAC/IP Advertisement Route (MAC/IP Route 0x2)

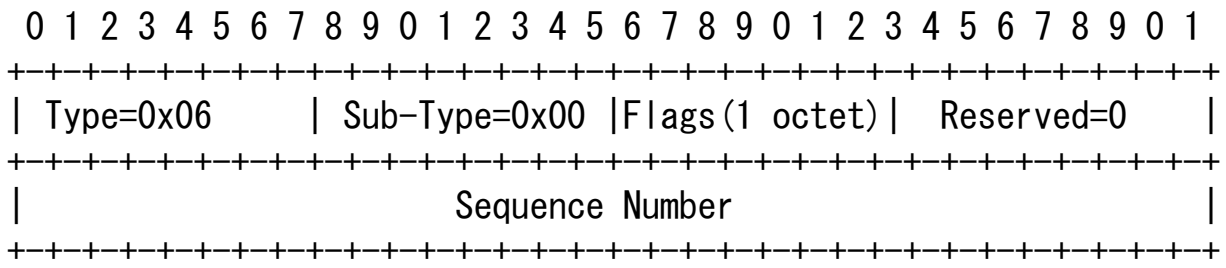


- MAC Mobility Ext-comm (Optional, Transitive)、Default Gateway Ext-comm (Optional, Transitive) を合わせて送信する

フォーマット

- RD: EVI RD (設定値)
- ESI: ESI値
- Ethernet Tag ID: Ethernet Tag ID 値 (VLAN Aware Bundle 以外なら 0)
- MAC Address Length, MAC Address: MAC 情報
- IP Address Length, IP Address: Optional。MAC と対応する IP address 情報が入る (IP Address は、remote-PE での ARP proxy や Inter-Subnet Routing に利用)
- MPLS Label 1: MAC に割り当てたラベル
- MPLS Label 2: Optional

MAC Mobility Ext-comm (Optional, Transitive)

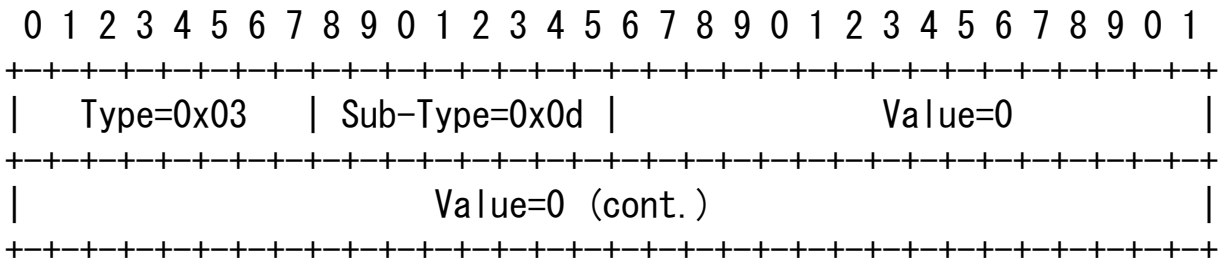


- MAC/IP Advertisement Route と合わせて送信される

フォーマット

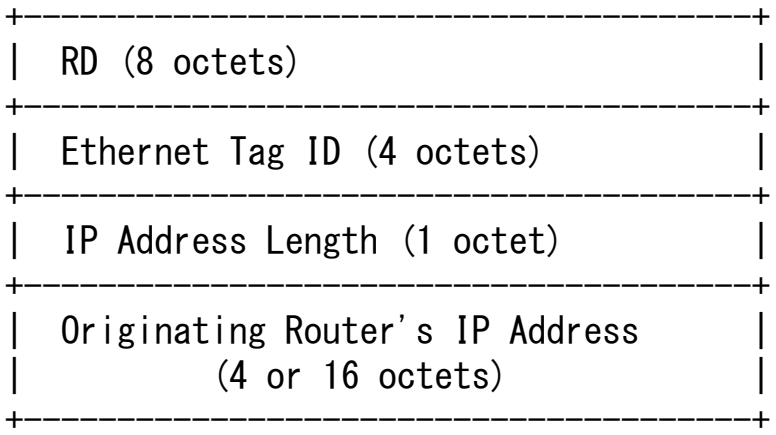
- Flags: 1 << 0 … Flag が set されている場合、MAC address は static であり、MAC move は発生しない
- Sequence Number: 同一の MAC address に関して複数回の update が発生する場合、MAC/IP Route の順番整合性を確保するために付与される

Default Gateway Ext-comm (Optional, Transitive)



- MAC/IP Advertisement Route と合わせて送信される
- Opaque Type (RFC4360) の Ext-comm を利用する
- IP address フィールドが 0.0.0.0 or 0::0 である MAC/IP Route と共に広告される

Inclusive Multicast Ethernet Tag Route (IMET Route 0x3)



- IMET Route と合わせて PMSI Tunnel Attribute (Optional, Transitive) を送信する

フォーマット

- RD: EVI RD (設定値)
- Ethernet Tag ID: Ethernet Tag ID 値 (VLAN Aware Bundle 以外なら 0)
- IP Address Length, Originating Router's IP address: local PE の IP address (router-id) の length (bit) および address

※PMSI: Provider Multicast Service Interface

PMSI Tunnel Attribute (Optional, Transitive)


```
+-----------------------------------+
|  Flags (1 octet)                  |
+-----------------------------------+
|  Tunnel Type (1 octets)           |
+-----------------------------------+
|  MPLS Label (3 octets)            |
+-----------------------------------+
|  Tunnel Identifier (variable)     |
+-----------------------------------+
```

- IMET Route と合わせて送信される

フォーマット

- Flags:

```
 0 1 2 3 4 5 6 7
+-+-+-+-+-+-+-+-+
|  reserved   |L|
+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

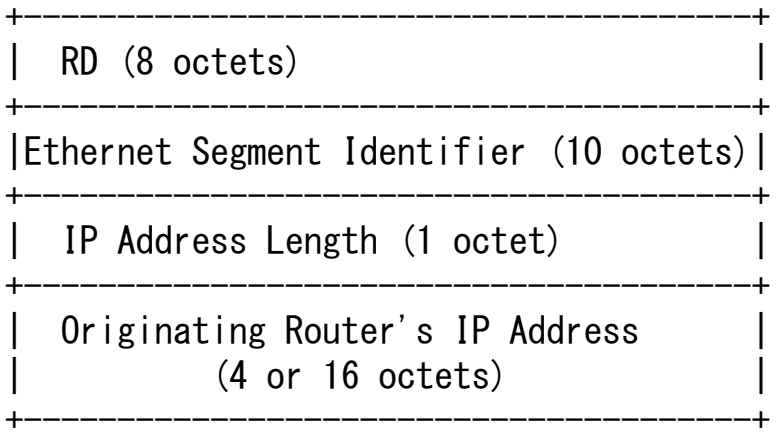
  L: Leaf Information Required

  ※Leaf Information Label については、送信時には Zero、受信時には無視

- MPLS Label: high-order 20bit を BUM の送受信に用いる Label とする。BUM の送受信に ingress replication を使う場合、受信用 Label として利用

- Tunnel Type:
  - 0 - No tunnel information present
  - 1 - RSVP-TE P2MP LSP
  - 2 - mLDP P2MP LSP
  - 3 - PIM-SSM Tree
  - 4 - PIM-SM Tree
  - 5 - BIDIR-PIM Tree
  - 6 - Ingress Replication
  - 7 - mLDP MP2MP LSP
- Tunnel Identifier: Tunnel Type が Ingress Replication の場合、local PE の tunnel endpoint IP address (BGP session の local address) をセット

Ethernet Segment Route (ES Route 0x4)



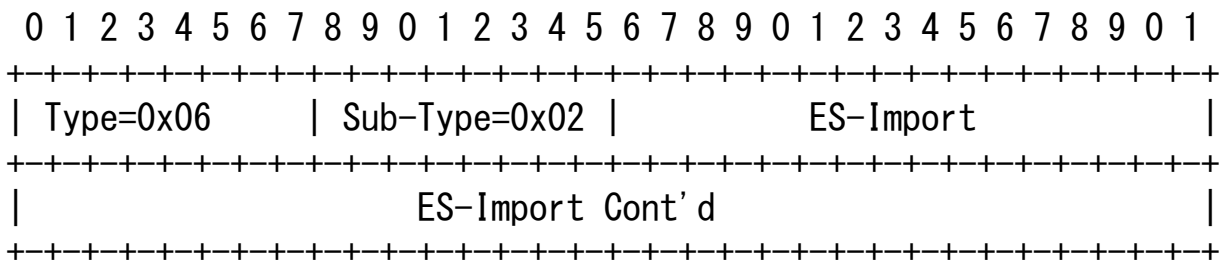
- ES Route と合わせて ES-Import Route-Target (Optional, Transitive) を送信する

フォーマット

- RD: EVI RD (設定値)
- Ethernet Segment Identifier: ESI値
- IP Address Length, Originating Router's IP address: local PE の IP address (router-id) の length (bit) および address

※PMSI: Provider Multicast Service Interface

ES-Import Route-Target (Optional, Transitive)



- ES Route と合わせて送信される

フォーマット

- ES-Import Value: ESI Type が 0, 1,2,3 ならば ESI の、Type を除いた部分の上位 6 Byte (MAC address に対応)