

問1 データセンターのネットワークの検討に関する次の記述を読んで、設問に答えよ。

K社は国内にデータセンターを所有する大手EC事業者である。データセンターのネットワークには、VXLAN (Virtual eXtensible Local Area Network) を利用している。K社の情報システム部は、ネットワークの拡張性を向上させるためにEVPN (Ethernet VPN) の適用を計画しており、EVPNを用いたVXLANの技術検証を行うことを検討している。

[VXLANの概要]

RFC 7348で規定されたVXLANでは、VXLANヘッダー内の **a** ビットのVNI (VXLAN Network Identifier) を用いて、約1,677万個のレイヤー2のオーバーレイネットワークをレイヤー **b** のネットワーク上に構成できる。VXLANトンネルの端点であるVTEP (VXLAN Tunnel End Point) は、VXLANのカプセル化及びカプセル化の解除を行う。VTEP及びVXLANトンネルの構成例を図1に示す。

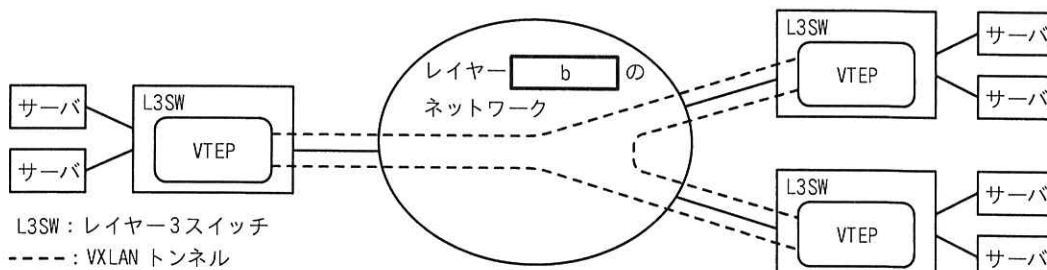


図1 VTEP及びVXLANトンネルの構成例

図1中のL3SWのVTEPは、サーバから受信したイーサネットフレームに、VXLANヘッダー、**c**ヘッダー及びIPv4ヘッダーを付加したIPパケット（以下、VXLANパケットという）を、宛先のVTEP（以下、リモートVTEPという）に転送する。転送されるVXLANパケットの送信元及び宛先には、各VTEPに割り当てられたIPアドレスを利用する。VXLANパケットの構造を図2に示す。

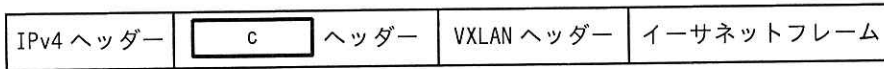


図 2 VXLAN パケットの構造

VTEP は、イーサネットフレームの宛先に応じて VXLAN パケットの宛先を決定するための情報として、リモート VTEP から受信した VXLAN パケットから次の情報を組み合わせて学習する。

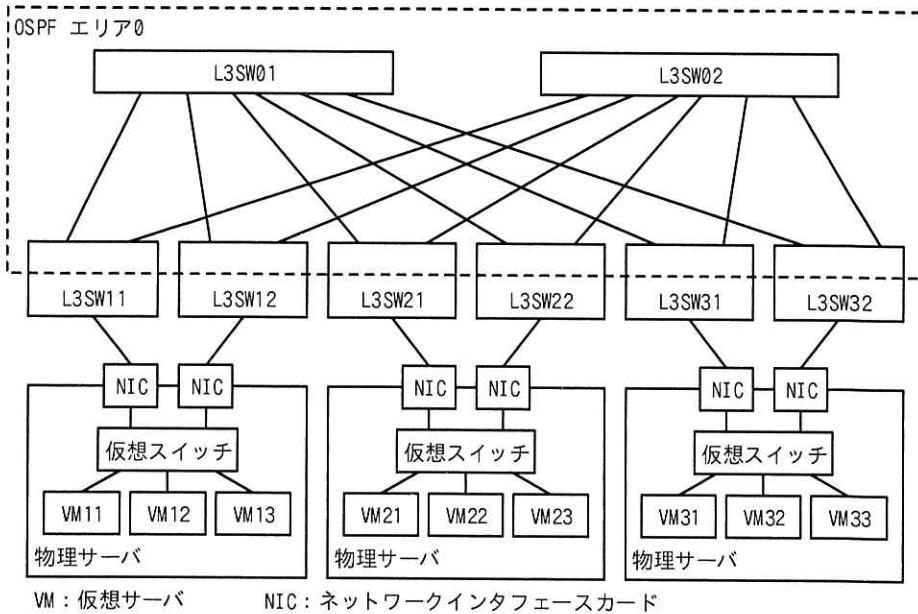
- ・ ①リモート VTEP に接続されたサーバの MAC アドレス
- ・ ② VXLAN トンネルの VNI
- ・ ③リモート VTEP の IP アドレス

K 社の現行のネットワークでは、VTEP は、自身に接続されたサーバからリモート VTEP に接続されたサーバ宛てのイーサネットフレームを、次の方式を選択して転送する。

- ・ イーサネットフレームが、VTEP によって学習されているサーバ宛てのユニキャストの場合には、図 2 中の IPv4 ヘッダーの宛先 IP アドレスに、リモート VTEP の IP アドレスをセットして転送する。
- ・ ④イーサネットフレームが、BUM (Broadcast, Unknown Unicast, Multicast) フレームの場合には、図 2 中の IPv4 ヘッダーの宛先 IP アドレスに、IP マルチキャストのグループアドレスをセットして転送する。

[現行の検証ネットワーク]

K 社は、現行のネットワークの維持管理のために、検証ネットワーク（以下、検証 NW という）を構築している。現行の検証 NW を図 3 に示す。



L3SW のループバックインタフェースの IP アドレス

機器名	IP アドレス/プレフィックス長
L3SW01	10.0.0.1/32
L3SW02	10.0.0.2/32
L3SW11	10.0.0.11/32
L3SW12	10.0.0.12/32
L3SW21	10.0.0.21/32
L3SW22	10.0.0.22/32
L3SW31	10.0.0.31/32
L3SW32	10.0.0.32/32

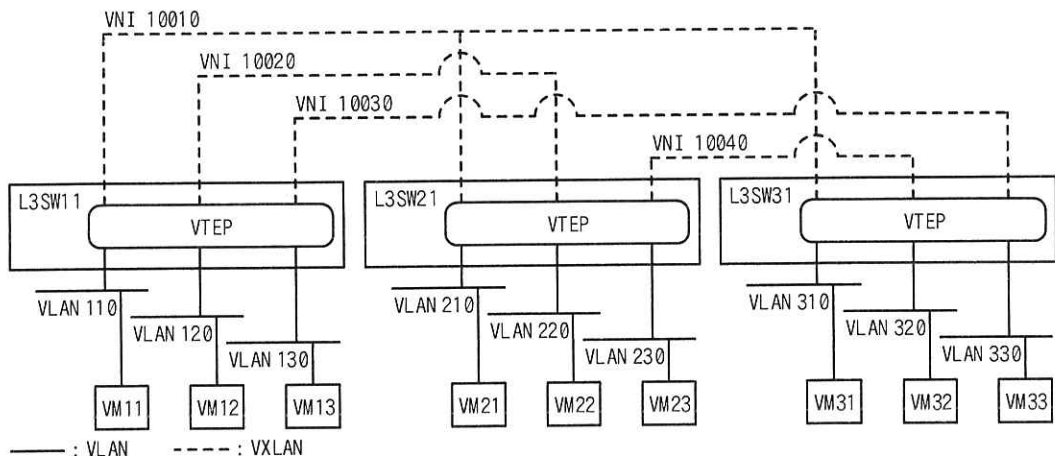
図3 現行の検証NW (抜粋)

図3の概要を次に示す。

- ・物理サーバに接続するL3SWのポートには、タグVLANを設定している。
- ・物理サーバの二つのNICはアクティブ/スタンバイ構成であり、L3SW11、L3SW21及びL3SW31に接続するNICをアクティブにしている。
- ・L3SWの経路制御にはOSPFを用いている。
- ・L3SWは、OSPFで交換するLSA (Link State Advertisement) の情報から d というデータベースを作成する。次に、d を基に、それぞれのL3SWを根とする e ツリーを作成して、ルーティングテーブルに経路情報を登録する。

- ・⑤ LSA に含まれるルータ ID には、それぞれの L3SW のループバックインタフェースに割り当てた IP アドレスを使用している。
- ・⑥ OSPF の ECMP (Equal-Cost Multipath) によって、トラフィックを負荷分散している。
- ・PIM-SM (Protocol Independent Multicast - Sparse Mode) による IP マルチキャストルーティングを用いており、L3SW01 及び L3SW02 に IP マルチキャストのランデブーポイントを設定している。

現行の検証 NW の VLAN, VXLAN 及び VTEP を図 4 に示す。



注記 L3SW12, L3SW22 及び L3SW32 の VTEP に係る構成は省略している。

VM の IP アドレスと VLAN ID

VM 名	IP アドレス/プレフィックス長	VLAN ID
VM11	192.168.1.1/24	110
VM12	192.168.1.1/24	120
VM13	192.168.1.1/24	130
VM21	192.168.1.2/24	210
VM22	192.168.1.2/24	220
VM23	192.168.1.2/24	230
VM31	192.168.1.3/24	310
VM32	192.168.1.3/24	320
VM33	192.168.1.3/24	330

VXLAN のカプセル化に用いる対応表

機器名	VLAN ID	VNI	グループアドレス
L3SW11	110	10010	239.0.0.1
	120	10020	239.0.0.2
	130	10030	239.0.0.3
L3SW21	210	10010	239.0.0.1
	220	10020	239.0.0.2
	230	10040	239.0.0.4
L3SW31	310	10010	239.0.0.1
	320	10040	239.0.0.4
	330	10030	239.0.0.3

図 4 現行の検証 NW の VLAN, VXLAN 及び VTEP (抜粋)

図 4 の概要を次に示す。

- ・ 図 3 の物理ネットワーク上に、VXLAN トンネルを論理的に構成している。
- ・ L3SW11, L3SW12, L3SW21, L3SW22, L3SW31 及び L3SW32 に VTEP を設定している。
- ・ ⑦ VTEP の IP アドレスには、それぞれの L3SW のループバックインタフェースに割り当てた IP アドレスを使用している。
- ・ VTEP の BUM フレームの転送には、IP マルチキャストを用いる設定にしている。
- ・ VTEP では、図 4 中の“VXLAN のカプセル化に用いる対応表”に示す次の三つの情報を対応させてカプセル化を行っている。
 - 受信したイーサネットフレームの“VLAN ID”
 - VXLAN トンネルの“VNI”
 - BUM フレームを転送するときを使う IP マルチキャストの“グループアドレス”

レイヤー 2 のネットワークにおける VM11 及び VM23 と各 VM の通信可否を表 1 に示す。

表 1 レイヤー 2 のネットワークにおける VM11 及び VM23 と各 VM の通信可否 (抜粋)

通信先 通信元	VM11	VM12	VM13	…	VM31	VM32	VM33
VM11	—	×	×	…	○	×	×
VM23	ア	イ	ウ	…	エ	オ	カ

○：通信可 ×：通信不可 —：通信元と通信先が同じ

[現行の検証 NW における VTEP の動作]

図 4 中の VM11 と VM31 の ARP 通信における VTEP の動作を、次に示す。

- (1) L3SW11 の VTEP では、⑧ VM11 から受信した VM31 の MAC アドレスを問い合わせる ARP 要求フレームに対して VXLAN のカプセル化を行い、IP マルチキャストのグループアドレスを宛先にして、グループに参加する全てのリモート VTEP に転送する。
- (2) L3SW12, L3SW21, L3SW22, L3SW31 及び L3SW32 の VTEP では、受信した VXLAN パケットのカプセル化を解除して、対応する VLAN に ARP 要求フレームをブロードキャストする。
- (3) L3SW31 の VTEP では、⑨ VM31 から受信した ARP 応答フレームに対して、VXLAN

のカプセル化を行い、L3SW11 の VTEP 宛てに転送する。

- (4) L3SW11 の VTEP では、受信した VXLAN パケットのカプセル化を解除して、VM11 宛てに ARP 応答フレームを転送する。

(1)～(4)の動作完了後に確認できる、L3SW11 及び L3SW31 が学習した VXLAN についての情報を、表 2 に示す。

表 2 L3SW11 及び L3SW31 が学習した VXLAN についての情報

機器名	VM の MAC アドレス	VNI	リモート VTEP の IP アドレス
L3SW11	AC- α β -F1-00-00-31	キ	ク
L3SW31	AC- α β -F1-00-00-11	ケ	コ

注記 1 AC- α β - F1-00-00-11 は、VM11 の MAC アドレスである。

注記 2 AC- α β - F1-00-00-31 は、VM31 の MAC アドレスである。

[EVPN の概要]

K 社の情報システム部では、S 課長から指示を受けた Q 主任が、EVPN を用いた VXLAN の技術検証を検討することになった。Q 主任が調査した EVPN の概要を示す。

RFC 7432 及び RFC 8365 で規定された EVPN は、RFC 4760 で規定された MP-BGP (Multiprotocol Extensions for BGP-4) を用いて、オーバーレイネットワークを制御するための情報を交換する。VXLAN のネットワークに EVPN を適用した場合、コントロールプレーンに EVPN を用いてオーバーレイネットワークを制御して、データプレーンに VXLAN を用いてイーサネットフレームを転送する。

図 1 の構成例に対して EVPN を適用した場合の EVPN の主な機能について、Q 主任が K 社の現行のネットワークと比較して確認した内容を次に示す。

機能 1：リモート VTEP に関する情報の学習について

現行のネットワークでは、VTEP は受信した VXLAN パケットからリモート VTEP の情報を学習する。EVPN を適用した場合、VTEP は MP-BGP を用いて、リモート VTEP の IP アドレス及び VNI などの情報をあらかじめ学習する。

機能 2：リモート VTEP に接続されたサーバに関する情報の学習について

現行のネットワークでは、VTEP は受信した VXLAN パケットから、リモート VTEP に接続されたサーバの MAC アドレス、VNI 及びリモート VTEP の IP ア

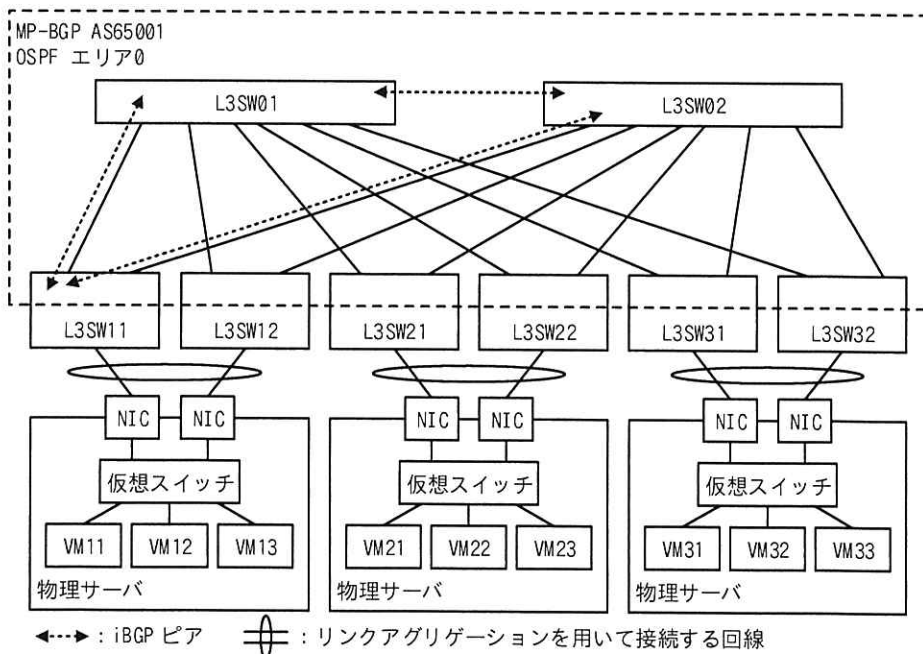
ドレスの情報を学習する。EVPN を適用した場合、VTEP は MP-BGP を用いて、リモート VTEP に接続されたサーバの MAC アドレス、VNI 及びリモート VTEP の IP アドレスなどの情報をあらかじめ学習する。

機能 3 : サーバとの接続について

現行のネットワークでは、複数の VTEP とサーバの接続にリンクアグリゲーションを利用できない。EVPN を適用した場合、VTEP は MP-BGP を用いて、自身に接続されたサーバを識別する ESI (Ethernet Segment Identifier) という識別子を交換できるようになる。同じ ESI を設定した論理インタフェースをもつ複数の VTEP は、サーバとの接続にリンクアグリゲーションを利用できる。

[新検証 NW の設計]

Q 主任は、現行の検証 NW を基に、EVPN を用いた VXLAN を検証するためのネットワーク（以下、新検証 NW という）を設計することにした。新検証 NW を図 5 に示す。



注記 iBGP ピアのうち、L3SW01 と L3SW02 との間、L3SW01 と L3SW11 との間及び L3SW02 と L3SW32 との間を例として図示している。

図 5 新検証 NW (抜粋)

現行の検証 NW から新検証 NW に流用される設計を次に示す。

- ・新検証 NW の L3SW 及び VM には、図 3 及び図 4 中の IP アドレス及び VLAN ID と同じ値を割り当てる。
- ・物理サーバに接続する L3SW のポートには、タグ VLAN を設定する。
- ・L3SW の経路制御に OSPF を用いて、現行の検証 NW と同じ設定にする。
- ・新検証 NW の VLAN, VXLAN 及び VTEP を図 4 と同じ論理構成にする。
- ・L3SW11, L3SW12, L3SW21, L3SW22, L3SW31 及び L3SW32 に VTEP を設定する。
- ・VTEP には、それぞれの L3SW のループバックインタフェースに割り当てる IP アドレスを使用する。

新検証 NW に追加される EVPN についての設計を次に示す。

- ・L3SW の EVPN を有効にする。
- ・L3SW に MP-BGP を設定して、AS を 65001 にする。
- ・⑩ L3SW01 及び L3SW02 を MP-BGP のルートリフレクタにして、L3SW01 と L3SW02 との間で iBGP ピアリングを行う。
- ・L3SW11, L3SW12, L3SW21, L3SW22, L3SW31 及び L3SW32 をルートリフレクタのクライアントにして、L3SW01 及び L3SW02 と iBGP ピアリングを行う。
- ・iBGP のピアリングに使用する IP アドレスには、それぞれの L3SW のループバックインタフェースに割り当てる IP アドレスを使用する。

新検証 NW における、現行の検証 NW から変更される設計を次に示す。

- ・現行の検証 NW で用いていた IP マルチキャストルーティングについては、利用しない。
- ・VTEP の BUM フレームの転送には、IP ユニキャストを用いる設定にする。
- ・物理サーバの二つの NIC をアクティブ/アクティブ構成にして、リンクアグリゲーションを用いて L3SW に接続する。

Q 主任は、EVPN の機能 1~3, 図 3~5 を参照して、新検証 NW の設計及び EVPN の機能を、上司の S 課長に説明した。2 人の会話を次に示す。

Q 主任：EVPN の技術検証を行うための新検証 NW を設計しました。図 5 のとおり、L3SW

に MP-BGP を設定して、EVPN を用いた VXLAN を構成するための物理ネットワークを構築します。VLAN、VXLAN 及び VTEP については、図 4 と同じ論理構成を組みます。

S 課長：新検証 NW で EVPN をどのように利用するのか教えてください。

Q 主任：EVPN の“機能 1”では、L3SW の VTEP は MP-BGP を利用して、リモート VTEP の情報をあらかじめ学習します。BUM フレームを受信した VTEP は、学習したリモート VTEP の情報を参照して、VLAN ID に対応する VNI をもつリモート VTEP を宛先に転送できるようになります。VTEP の BUM フレームの転送には、IP ユニキャストを用いる設定にします。

S 課長：IP マルチキャストルーティングを利用できないネットワークであっても拡張できるようになるのですね。ほかの機能についても説明してください。

Q 主任：EVPN の“機能 2”では、VTEP は MP-BGP を利用して、リモート VTEP に接続された VM の MAC アドレス、VNI 及びリモート VTEP の IP アドレスをあらかじめ学習します。VTEP は、リモート VTEP に接続された VM 宛てのイーサネットフレームを、学習した情報を参照して転送します。“機能 2”によって、BUM フレームのうちの によるフラディングの発生を低減できます。

S 課長：ネットワーク負荷の軽減を期待できそうですね。ところで、図 5 中の物理サーバと L3SW の接続方法は、図 3 中の接続方法と異なるのですか。

Q 主任：物理サーバと L3SW との間は、⑪ EVPN の“機能 3”によって、リンクアグリゲーションを用いて接続します。同一の物理サーバに接続する 2 台の L3SW に作成するリンクアグリゲーションの論理インタフェースには、同一の物理サーバに接続されていることを識別させるために、同じ を設定します。

S 課長：新検証 NW を使ってどのようなテストを実施するのか教えてください。

Q 主任：VM 同士の通信可否を確認します。

S 課長：現行の検証 NW から設定を変更する BUM フレームの転送についても、動作を確認してください。

Q 主任：分かりました。⑫ ARP 要求フレームをカプセル化した全ての VXLAN パケットをキャプチャして、宛先 IP アドレスを確認します。

Q 主任が検討した新検証 NW の設計及びテスト内容は、情報システム部で承認された。Q 主任は EVPN の技術検証の実施のため、新検証 NW の構築に着手した。

設問 1 [VXLAN の概要] について答えよ。

- (1) 本文、図 1 及び図 2 中の ～ に入れる適切な字句又は数値を答えよ。
- (2) 本文中の下線①～③について、それぞれの情報が図 2 中のどのヘッダー又はイーサネットフレームに含まれるか。図 2 中の字句を用いて答えよ。
- (3) 本文中の下線④について、宛先 IP アドレスを IP マルチキャストのグループアドレスにして転送する目的を、45 字以内で答えよ。

設問 2 [現行の検証ネットワーク] について答えよ。

- (1) 本文中の , に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 本文中の下線⑤について、K 社においてルータ ID は、OSPF のネットワーク内で何を識別するものか。20 字以内で答えよ。
- (3) 本文中の下線⑥について、ECMP を用いるために必要となる設計を、“経路”と“コスト”という字句を用いて 45 字以内で答えよ。
- (4) 本文中の下線⑦について、VTEP の IP アドレスに物理インタフェースの IP アドレスではなく、ループバックインタフェースの IP アドレスを使用するのはなぜか。45 字以内で答えよ。
- (5) 表 1 中の ～ に入れる適切な通信可否を、表 1 の凡例に倣い“○”又は“×”で答えよ。

設問 3 [現行の検証 NW における VTEP の動作] について答えよ。

- (1) 本文中の下線⑧について、VXLAN パケットの宛先 IP アドレスを答えよ。
- (2) 本文中の下線⑨の動作について、L3SW31 が L3SW11 の VTEP 宛てに転送するために、L3SW11 から ARP 要求フレームを含む VXLAN パケットを受信したときに学習する情報を、45 字以内で答えよ。
- (3) 表 2 中の ～ に入れる適切な字句を、図 3 及び図 4 中の字句を用いて答えよ。

設問 4 [新検証 NW の設計] について答えよ。

- (1) 本文中の下線⑩について、ルートリフレクタを用いる利点を“iBGP”とい

う字句を用いて 25 字以内で答えよ。また、図 5 中の L3SW01 及び L3SW02 をルータリフレクタとして冗長化するとき、ループを防止するために設定する ID の名称を答えよ。

- (2) 本文中の , に入れる適切な字句を、本文中の字句を用いて答えよ。
- (3) 本文中の下線⑪について、現行の検証 NW と比較したときの利点を 25 字以内で答えよ。
- (4) 本文中の下線⑫について、VTEP は宛先 IP アドレスにセットするリモート VTEP の IP アドレスをどのように学習するか。20 字以内で答えよ。
- (5) 本文中の下線⑬について、ある VLAN ID をセットされた ARP 要求フレームは、VTEP によってどのようなリモート VTEP に転送されるか。“VNI” という字句を用いて 40 字以内で答えよ。