



LSN DCI EVPN VxLAN 组网架构研究及实现

颜永明, 左良, 许斌, 徐海峰, 叶克闯
(中国电信股份有限公司上海分公司, 上海 200085)

摘 要: 虚拟化技术的兴起, 打破了传统数据中心的架构, 数据中心之间存在着大量互联场景, 如异地双活、数据中心容灾、数据同步备份、数据迁移、集中式存储、共享虚拟化资源池、虚拟机漂移等, 由此产生了大量的东西向流量, 需要构建一个可靠、灵活、安全、易于部署的二、三层网络, 以满足数据中心互联需求。研究了 EVPN VxLAN 组网架构, 在业内尚无异构多厂商规模商用组网成功案例的情况下, 结合中国电信股份有限公司上海分公司 LSN 数据中心现状, 提出并实现了适用于现网的 DCI 组网。

关键词: VxLAN; EVPN; VTEP; VNI; DCI; LSN

中图分类号: TN919

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017199

Research and implementation of network architecture of LSN DCI EVPN VxLAN

YAN Yongming, ZUO Liang, XU Bin, XU Haifeng, YE Kechuang
Shanghai Branch of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200085, China

Abstract: With the rise of virtualization technology, the architecture of traditional data center is disrupted. There exist a large number of interconnected needs among the data centers, such as data center active-active, data center redundancy, data synchronous backup, data migration, integrated data store, shared virtual resource pool, virtual machine drift and so on. Thereby, a large amount of east-west flow was generated, it is necessary to build a reliable, flexible, secure, and easy to deploy layer-2 and layer-3 network to meet the requirement of DCI (data center interconnection). The network architecture of EVPN VxLAN was analyzed, there hasn't been successful large-scale business case for implementation of multi-vendor DCI EVPN VxLAN networking. Combined with current status of LSN data center of Shanghai Telecom, the deployment of DCI via existing network was proposed and achieved.

Key words: virtual extensible local area network, Ethernet virtual private network, VxLAN tunnel end point, virtual network identifier, data center interconnection, local service node

1 引言

随着网络功能虚拟化 (network function virtualization, NFV) 时代的到来, SDN (software

defined networking, 软件定义网络)、NFV 技术已日渐成熟, 数据中心架构正从传统的核心、汇聚、接入分层结构逐步向 spine-leaf (叶脊) 架构演进。中国电信股份有限公司上海分公司 (以下简称上



海电信) 以此为基础, 构建的新型 LSN (local service node, 区域综合信息服务节点) 数据中心, 是集成了计算、存储、网络虚拟化为一体的区域云数据中心。LSN 采用 spine-leaf 架构, overlay 网络使用 VxLAN (virtual extensible local area network, 虚拟可扩展局域网) 技术, 突破了 4 094 个 VLAN 限制, 可大幅增加数据中心内部 VM (virtual machine, 虚拟机) 数量, 数据中心可按租户或者按应用划分为多个逻辑的实体, 而租户、应用、存储资源之间的互联需求, 将在各数据中心之间形成大量的东西向流量。

目前, 上海电信 LSN 节点的出口 underlay 网络由 IDC 核心节点承载, 原因在于 LSN 的区域数据中心业务属性与 IDC 业务相近。但 IDC 四核心采用的是传统版本的核心路由器设备, 暂不支持 VxLAN 功能。而传统路由器所支持的 MPLS VPLS 功能需在 underlay 网络部署, 无法灵活满足 DCI 的二层互连需求; 现采用裸光纤实现 LSN 间 DCI 互联, 但随着 LSN 节点数量的增长, 造成光纤链路成倍增加, 也不适用于 DCI 的大规模互连, 如图 1 所示。最好的解决方式是在 LSN 节点间应用 EVPN VxLAN 技术组网。EVPN 的控制平面和数据平面相分离, 控制平面使用 MP-BGP 穿越 IDC 四核心通告 EVPN 路由信息, 数据平面则应用 VxLAN 封装, 通过 IDC 四核心三层 IP 可达的网络, 构建二、三层互通的 overlay 虚拟网络。而 LSN 数据中心多业务边缘路由器 (multi-service edge, MSE), 应能同时承载多方向的流量: 南北向 Internet 上网、东西向 DCI 互联 (EVPN)、作为 CE 对接城域网 B 平面三层 MPLS VPN 网络和城域网 B 平面软交换网络。因此在实现 EVPN DCI 组网的同时, 需综合考虑各流量的走向、路由表项的关系、网络安全及多厂商 MSE 设备兼容性问题。在全球业内尚无成功规模商用案例可借鉴的情况下, 本文针对上述复杂环境下遇到的难点展开研究, 提出适合上海电信 LSN 数据中心

DCI 互联的 EVPN VxLAN 组网方案, 并在现网完成部署。

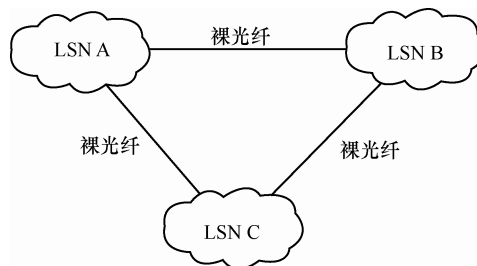


图 1 采用裸光纤方式实现 DCI 互联

2 LSN 数据中心简介

LSN 是以云数据中心为核心的本地网的集中体现。在距离用户最近的端局部署 vPOP (虚拟 POP 点) 形态的 vDC (virtual data center, 虚拟化数据中心), LSN 为用户提供了基于 NFV 的各种增值服务。LSN 提供高速接入与丰富本地云资源池服务、SDN 组网、ICT 承载, 并可提供 Internet 接入及内容、应用发布, 是上海电信重新定义的新型网络架构。在确定 DCI 方案之前, 其南北向流量主要经过上海 IDC 四核心节点, 去往 Internet。拓扑结构如图 2 所示。

3 基于 VxLAN 技术构建 LSN

VxLAN 通过三层报头将二层报文加以封装, 在三层网络中实现了对二层网络的扩展。将该技术在数据中心中运用, 可在三层可达的网络中实现二层网络的迁移, 迁移过程中, 二层网络的 MAC 地址和 IP 地址无需改变, 能最大程度地确保业务的持续性。

从具体实现来看, VxLAN 在 underlay IP 网络基础上构建 overlay 网络, 报文封装采用 L2 over L4 (MAC in UDP) 方式, 在 overlay 层面上实现了相互隔离的多张虚拟局域网。将内层以太报文完整地封装在 VxLAN 报头内, VxLAN 封装报头共 8 byte, 其中, VNI (VxLAN network identifier) 使用 24 bit 以标识不同网络, 理论上最

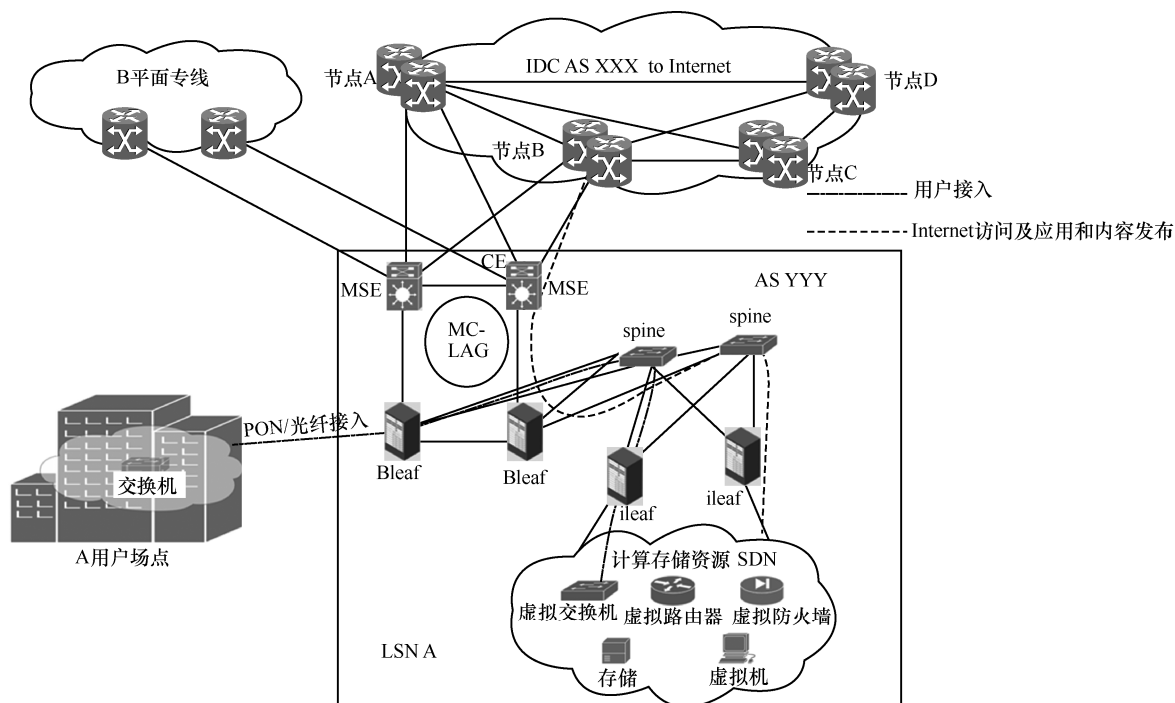


图2 LSN 现网拓扑结构

大可创建 2^{24} 个互相隔离的逻辑网络，突破了传统 VLAN 所能提供的 4 094 个隔离网络的上限，可确保在云环境中，满足大量计算、存储、虚拟网络分区资源的多租户需求。

VxLAN 通过 VTEP（VxLAN tunnel end point，VxLAN 隧道终端）隧道端点跨越三层 underlay 网络，使用 VTEP 的 IP 地址，对二层报文实施 VxLAN 封装/解封装。在目前 NVO3（network virtualization over layer 3，基于三层

IP overlay 网络构建虚拟网络技术）中，VxLAN 使用得最为广泛，由于其 overlay 的特点，无需改造 underlay 网络，易于网络 SDN 化的率先实现。

VxLAN 报文封装格式如图 3 所示。

（1）外层 MAC 分组头

目的 MAC 地址，为路由表中下一跳 IP 地址对应的 MAC 地址。源 MAC 地址为每一跳路由设备自身的 MAC 地址。

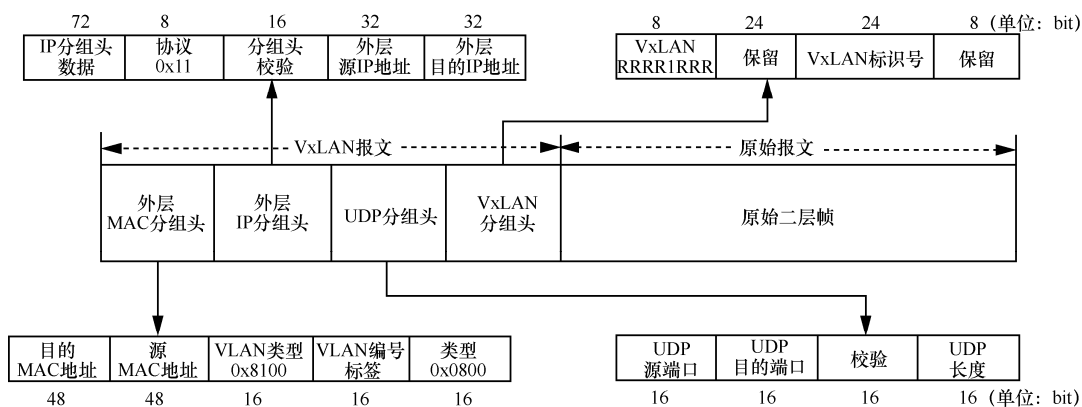


图3 VxLAN 帧格式



(2) 外层 IP 分组头

本端与对端所对应的 VTEP IP 地址。协议 0x11 表示 UDP 数据分组。

(3) 外层 UDP 分组头

源端口号的内层分组头通过 Hash 随机生成, VxLAN 目的 UDP 端口号默认值为 4789(可修改)。

(4) VNI

VxLAN 网络标识, 最大支持 2^{24} 个, 用于区分 VxLAN。

(5) VTEP

VTEP 用于 VxLAN 报文的封装和解封。NVE (network virtualization edge, 网络虚拟边缘节点) 以 VTEP 进行标识, 每一个 NVE 至少有一个 VTEP, VTEP 使用 IP 地址表示, 两个 NVE 的 VTEP 可以组成一条 VxLAN 隧道, VxLAN 隧道被这两个 NVE 的所有 VNI 公用。

VxLAN 帧结构增加 50 byte 的开销, 接口 MTU 值需要统一调整。

4 结合 VxLAN 技术使用 EVPN 实现 DCI 互联

EVPN (Ethernet virtual private network, 以太网虚拟专用网络) 是一种二层或三层 VPN 技术, 通过对 MP-BGP (多协议边界网关协议) 的标准化扩展以及控制平面与数据平面的分离, 可灵活地实现跨厂商的 VxLAN 互通。其 EVPN 路由信息通过控制平面 MP-BGP 通告, MP-BGP 扩展 EVPN NLRI 定义, 为下一跳解析实现 MAC 地址及 IP 地址的通告。数据平面可采用 NVO (VxLAN)、PBB、MPLS 封装方式, 实现单播 L2/L3 及 BUM (broadcast, unknown-unicast, multicast) 报文的转发。其中, VxLAN 标准中只对 VxLAN 的报文封装格式进行了定义, 并没有明确对控制平面加以规定。而 EVPN 则是一种多协议地址映射标准, 采用 MP-BGP 作为路由协议, EVPN 与 VxLAN 相结合, 就可以为 VxLAN 带来完整的控制平面,

最终, 可通过可达的 underlay IP 网络构建出二、三层互通的 overlay 虚拟网络。

使用 MP-BGP EVPN 作为控制平面, 与传统 BGP 类似, VTEP 点必须与其他 VTEP 或者 RR (router reflector, 路由反射器) 建立 MP-BGP 邻居关系, 邻居之间可以通过 MD5 实现加密认证。然后, 通过交换 EVPN 包含性多播以太网标签 (TYPE 3) 路由来实现 VTEP 的自动发现, 并自动在拥有相同 VxLAN ID 的各个 VTEP 间创建 VxLAN 隧道, 对 VxLAN 隧道和 VxLAN 自动关联后, 形成二层/三层通道。

5 LSN EVPN VxLAN 组网架构

5.1 总体架构构建思路

目前 LSN 节点已按区域属性上挂 IDC 四核心中的两个节点, 且 IDC 四核心架构已成环, 从网络物理拓扑来看, 具备了承载 LSN DCI 互联的条件。

LSN 节点内 MSE 设备上联 IDC 核心节点, 已用于承载 Internet 流量, 要进一步实现东西向的 DCI 互联, 无需新增物理端口, 只需使用逻辑接口方式隔离东西向 Internet、南北向 DCI 流量, 可减少物理端口和传输链路的消耗, 提高端口利用率。

VTEP 位置及要求: 基于 spine-leaf 设备性能、路由条目的控制、组网的灵活性、配置简单化以及众多 LSN 节点无需统一规划内部 VxLAN (只需要 DCI 互联的 VxLAN 一致) 等多种因素考虑, 可将 VTEP 部署在 LSN 的 MSE 设备上, 并且使用私网地址, 提高安全性。

IDC 四核心之间可开启三层 MPLS VPN 功能, 对 LSN 的 DCI 业务 (在三层 MPLS VPN 中承载) 及 Internet 业务路由 (在全局路由表中承载) 进行隔离, 可进一步提高安全性及可靠性。

LSN 节点 MSE 之间建立 iBGP EVPN 邻居关系, 并作为 IDC 网络的三层 MPLS-VPN 的 CE 设

备, IDC 网络的核心设备作为 PE 设备, 进而实现 EVPN 数据封装在 IDC 的三层 MPLS VPN 通道内传递。通过 LSN MSE 之间形成的 EVPN MP-BGP 邻居关系传递 VxLAN 路由信息, 建立 VxLAN 隧道, 实现 DCI 互联。

在 LSN 内部, 由 spine-leaf 边界汇聚交换机完成 LSN 内部 SDN VxLAN 到 VLAN 的映射, 并通过 VLAN 封装与 LSN MSE 设备对接, LSN MSE 则负责完成 LSN 内部 VLAN 与 EVPN VxLAN 的互相映射, 并根据 L2 路由表查找到目的 MSE VTEP, EVPN VxLAN 报文到达 IDC 核心节点后, 进一步封装在 IDC 三层 MPLS-VPN 管道中, 穿越 IDC 网络, 转发给目的 LSN MSE, 目的 MSE 完成 EVPN VxLAN 至 VLAN 的映射, 转发到目的 LSN 内的边界汇聚交换机再映射成 SDN VxLAN 封装, 从而实现不同 LSN 节点间的 DCI 互联。DCI 封装管道模型如图 4 所示。

5.2 DCI 组网遇到的难点和限制条件

DCI 组网遇到的难点和限制条件具体如下。

作为 EVPN VTEP 点的 MSE 设备由多家厂商设备提供, 需在异构条件下, 实现 EVPN 互通: 目前有中兴通讯股份有限公司 (以下简称中兴通讯)、华为技术有限公司 (以下简称华为)、思科系统公司 (以下简称思科)、阿尔卡特—朗讯 (以下简称阿朗) 4 家厂商设备。EVPN 协议标准还处于草案阶段, 各厂商参照标准、版本不尽相同。

MSE 上存在 4 个方向的流量: Internet、DCI、B 平面专线、B 平面软交换。4 个方向的流量必须

相互隔离。

为避免 VTEP 暴露在公网上遭受到安全威胁, VTEP 间应使用私网地址建立 EVPN VxLAN 隧道, 需进一步考虑防止公网、私网 IP 流量的对穿。

经前期调研, 现网 4 家厂商 MSE 设备均不支持在 VRF 内实现 EVPN MP-BGP 配置, 即 EVPN MP-BGP 相关表项只能存在于全局路由表中。

根据 IDC 组网规范, IDC 四核心上, 全局路由表是不能用来传递私网路由的, 且 IDC 网内不能开启多播。

5.3 DCI EVPN VxLAN 组网方案比较

(1) 方案 1: 在 DCI WAN 侧 (IDC 四核心) 启用 EVPN MPLS 协议组网

优点: MPLS 比 VxLAN 协议本身更加顽健可靠, 可以提供流量工程、快速收敛路由等功能, 故障收敛时间、可靠性要比 VxLAN 好很多, 适合 WAN 使用。

缺点: IDC 四核心需要支持 EVPN, 需要根据产品型号升级版本或更换设备, 投资改动太大。

(2) 方案 2: EVPN VxLAN 协议组网

各类业务均在各自指定 VRF 中承载, 其中 EVPN VxLAN underlay 路由放在专用的 VRF 内。

优点: 路由条目清晰, Internet 南北向流量在全局路由表里, VTEP 在 VRF 内, EVPN BGP 邻居关系使用私网地址 VRF 建立, 不受公网流量攻击, 安全性高。在路由层面就将各类业务进行了隔离, 东西向 DCI、南北向 Internet 流量以及到 B 平面的专线业务和软交换业务彼此独立, 各不相扰。

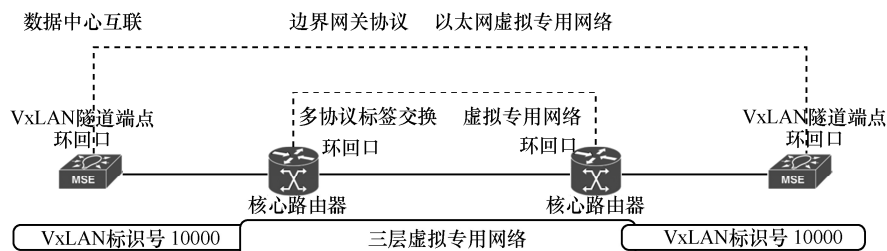


图 4 DCI 封装管道模型



缺点：目前各厂商均不支持将 VTEP 地址放在 VRF 内，不支持在 VRF 内实现 EVPN MP-BGP 配置。该方案需要开发，需要对传统 MP-BGP 以及 VRF RT/RD 底层转发机制做较大的改动，难度较大。

（3）方案 3：使用 EVPN VxLAN 协议组网

LSN MSE 设备的全局路由表承载 EVPN VxLAN underlay 路由，而 Internet 和其他业务在各自指定 VRF 中承载。

优点：使用 EVPN VxLAN 协议组网，全局路由表承载 EVPN VxLAN underlay 路由，Internet 和其他业务的路由在各自指定的 VRF 中承载。DCI 路由器全局 BGP 域建立 IPv4 和 EVPN 的 BGP 邻居。这样路由条目比较清晰，也是在传统 MPLS VPN 比较常见的组网方式。EVPN BGP 邻居关系使用私网地址建立，不受公网流量攻击，安全性高。

缺点：南北向 Internet 和其他业务流量要专门建立 VRF 进行承载，某些厂商 MSE 的 BRAS 功能在 VRF 环境下支持得不好，部分 Internet 业务功能存在无法在 VRF 环境下开启的风险。

（4）方案 4：使用 EVPN VxLAN 协议组网

LSN MSE 设备全局路由表同时承载 Internet 和 EVPN VxLAN underlay 路由，而其他业务在各自指定 VRF 中承载。

优点：使用 EVPN VxLAN 协议组网，Internet BGP 路由在和 EVPN VxLAN underlay 地址通过全局路由表进行学习和转发，其他方向流量的路由表则置于各自指定的 VRF 中，相互隔离。同时在各 LSN 的 MSE 之间通过 Global BGP 域建立 IPv4 EVPN 的 BGP 邻居。这种方式组网比较简单，是标准的 MP-BGP 组网方式。配置方便，子接口不需要放入 VRF 中，EVPN BGP 邻居关系使用私网地址建立，不受公网流量攻击，安全性高。

缺点：MSE 全局路由中同时出现公网 BGP 路由和私网 BGP 路由条目，路由条目不清，从路由层面无法隔离公网、私网流量对穿，需进一步

在业务层面应用 ACL 等手段隔离公网、私网流量。

5.4 DCI EVPN VxLAN 组网最优方案选择

方案 1 是最终的演进方向，但需要 LSN MSE 设备和 IDC 核心路由器都能支持 EVPN，在目前条件下无法实现。方案 2 是在方案 1 无法部署的情况下，一种很好的替代方案，但需要厂商软件开发在 VRF 内实现 EVPN 的相关功能，目前各厂商尚在开发中，暂无法实现。方案 3 和方案 4 都是目前在现网设备上可实现的两种 DCI 互联方式，但是，方案 3 Internet 和其他业务的路由在各自指定的 VRF 中承载，据 MSE 各厂商对于功能特性的反馈，在 VRF 下 MSE 部分 BRAS 功能业务实现会受影响，存在不确定因素，在业务使用完整性方面，方案 4 优于方案 3。

通过线下模拟测试，使用方案 4 组网，EVPN VxLAN 隧道建立正常，DCI 两端使用测试仪表构造数据分组发送流量，流量收发正常，无丢失分组。因此 LSN DCI EVPN 组网采用方案 4 使用 EVPN VxLAN 协议组网，LSN MSE 设备全局路由表同时承载 Internet 和 EVPN VxLAN underlay 路由，而其他业务在各自指定 VRF 中承载。但是全局路由中同时出现公网 BGP 路由和私网 BGP 路由条目，MSE 和 IDC 侧要做好相应安全策略，避免公网、私网 IP 流量的对穿。

5.5 DCI 现网部署细节

（1）DCI 采用 MP-BGP EVPN 作为控制平面，VxLAN 作为数据平面，拓扑如图 5 所示。

（2）MSE 终结 EVPN VxLAN 隧道。

（3）MSE 与 IDC 互联接口采用子接口方式，每个子接口对应一个方向的流量。

（4）所有 DCI 相关地址都使用私网地址，与公网完全隔离。

（5）CR（IDC 四核心）配置策略。

- 四核心 CR 配置 MPLS VPN 并选择浦东和浦西各一台设备作为 VPNv4 RR。
- 四核心 CR 互连接口开启 MPLS LDP。

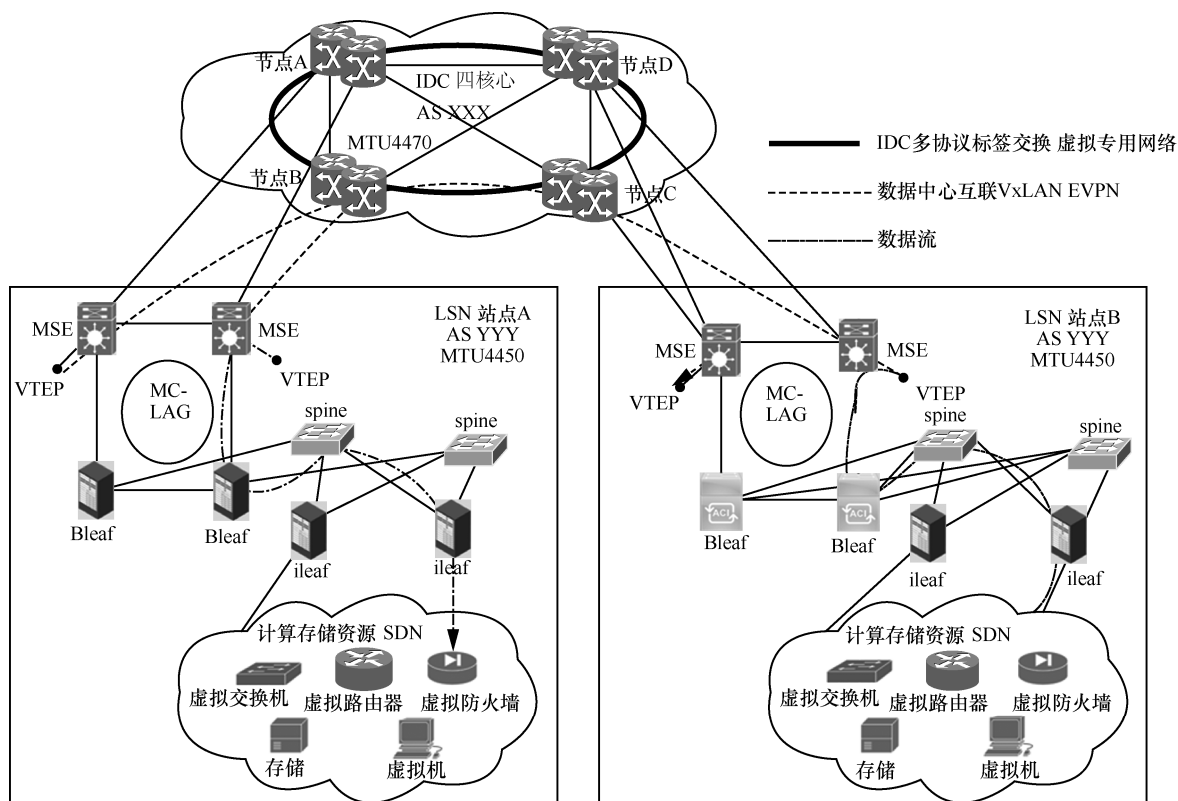


图5 上海电信 LSN 数据中心互联 EVPN VxLAN 组网拓扑

- MTU 统一设置为 4470。
- IDC CR MPLS vpn peer 参数设定。VRF NAME (vrf3-Telecom-LSN), RD (ASXXX:1...), RT (ASXXX:ASYYY)。
- VRF 路由策略: 每台 CR 指一条/32 位 VRF 路由 (用于 NVE 和 EVPN Peer 的 loopback 地址) 至 MSE, 在 BGP ipv4-family 的 vrf (vrf3-Telecom-LSN) 里重分布静态与直连路由。
- 安全策略: Internet 方向 *.1001 子接口 in 方向拒绝所有私网地址, DCI EVPN 互联 *.3601 子接口 in 方向拒绝所有公网地址。
- 各子接口开启 BFD。

(6) MSE (LSN) 配置策略

- 每台 MSE 指定一条 DCI 大段静态路由 (VTEP 点地址) 至 CR, 目标地址为 *.3601 子接口的 CR 侧地址。使各 LSN 节点 VTEP 地址可达。

- 关闭 BGP default ipv4unicast 功能, 防止建立 iBGP 邻居关系时 IPv4 地址族自动学习 iBGP 路由。
- 从 LSN 两个不同节点各选用一台 MSE 作为 EVPN RR。
- MSE 使用私网地址与 EVPN RR 建立 IPv4 EVPN BGP 邻居关系 (除阿朗为 system 地址外, 其他厂商都为 loopback100), 并开启 MD5 密码认证。
- EVPN RD 格式规划为 VTEP 地址:AS, RT 格式规划为 AS:VNI。VTEP 规划一个 B 的内网地址, AS 固定为 YYY。
- MTU 设置为 4450, IDC 侧设置为 4470, 由于 IDC 启用 MPLS, 因此要去掉 8 byte 的分组头, MSE 的 *.3601 子接口、Bleaf 互联接口以及 Bleaf 接口 MTU 取整设置为 4450, 如遇设备接口的 MTU 不包含二层以太网分组头则需要加再 14 byte (阿朗、思



科的 MSE 设备需要设置为 4464)。

- DCI 互联业务 VLAN 和 VxLAN 采用 1:1 映射方式。
- 安全策略: Internet 方向*.1001 子接口出方向拒绝所有私网地址, DCI EVPN 互联*.3601 子接口出方向拒绝所有公网地址; 公网 VLAN 入方向拒绝所有私网地址; 各子接口开启 BFD。
- 目前 IDC CR 不启用多播, MSE 以头端复制方式处理 overlay BUM 报文。但 MSE 需要支持核心复制, 不排除今后大量启用多播应用, 核心复制可有效提高端口利用率。
- DCI 仅提供二层通道, 不做三层转发。但需要 MSE 支持 EVPN 三层转发, 且支持对称和非对称 IRB (部分不支持异厂商三层互联)。
- MSE 通过 MC-LAG 与 Bleaf 互联, 为用户提供二层链路冗余, 避免二层环路。
- 各厂商 EVPN 草案共性标准: RFC7432draft-ietf-bess-evpn-prefix-advertisement-02, draft-ietf-bess-evpn-inter-subnet-forwarding-00。

6 结束语

此次 DCI EVPN VxLAN 组网, 得到了中兴通讯、华为、思科、阿朗、新华三集团各厂商的鼎力支持, 从调整 Graff 版本, 到升级 iOS, 在全球业内尚无成功实现多厂商 DCI EVPN 规模商用组网案例的情况下, 通过反复论证, 制定了多套组网方案, 并经多次线下测试, 最终选择出最适合于现阶段的组网方式, 即采用 EVPN VxLAN 协议组网, 全局路由表同时承载 Internet 和 EVPN VxLAN underlay 路由, 穿越 IDC 网络时则承载于 MPLS VPN 内的方式。该方案具有配置简单、MSE 子接口无需放入 VRF、EVPN BGP 邻居关系使用私网地址建立、不受公网流量攻击、安全性高等

特点。以实践证明了 EVPN VxLAN 组网可满足 LSN DCI 互联需求。同时各 MSE 厂商遵循的标准还处于草案阶段, 需要有一个正式版本发布, 规范统一标准。交换机和路由器遵循的草案不一致导致三层不通的问题, 需要各厂商之间协调, 要有一个明确的标准。

参考文献:

- [1] IETF. Virtual extensible local area network (VxLAN): a framework for overlaying virtualized layer 2 networks over layer 3 networks: RFC7348[S]. 2014.
- [2] IETF. BGP MPLS-Based Ethernet VPN: RFC7432[S]. 2015.
- [3] IP prefix advertisement in EVPNdraft-ietf-bess-evpn-prefix-advertisement-02[EB/OL]. (2015-09-14)[2017-04-11]. <https://tools.ietf.org/pdf/draft-ietf-bess-evpn-prefix-advertisement-02.pdf>.
- [4] 张届新, 傅志仁, 吴志明, 等. VxLAN 在云数据中心组网的应用[J]. 电信科学, 2015, 31(9): 163-169.
ZHANG J X, FU Z R, WU Z M, et al. VxLAN application in cloud datacenter network[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(9): 163-169.

[作者简介]



颜永明 (1978-), 男, 中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部 IDC 浦东运营中心副经理、高级工程师, 主要研究方向为数据网络、云组网等。

左良 (1976-), 男, 中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部 IDC 浦东运营中心技术工程师、助理工程师, 主要研究方向为数据网络、网络安全等。

许斌 (1988-), 男, 中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部 IDC 浦西运营中心技术室经理、助理工程师, 主要研究方向为数据网络、网络安全等。

徐海峰 (1974-), 男, 中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部 IDC 浦东运营中心技术工程师、助理工程师, 主要研究方向为数据网络、云组网等。

叶克闯 (1991-), 男, 中国电信股份有限公司上海分公司信息网络部 IDC 浦西运营中心技术工程师、助理工程师, 主要研究方向为数据网络、云组网等。