



## 面向新型城域网的 UMR 技术方案研究与应用

尹远阳<sup>1</sup>, 王志中<sup>1</sup>, 姜有强<sup>2</sup>, 孙嘉琪<sup>1</sup>, 梁筱斌<sup>1</sup>

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 广东 广州 510630;

2. 中国电信股份有限公司广东分公司, 广东 广州 510180)

**摘要:** 新型城域网采用 spine-leaf 与 BRAS (broadband remote access server) 高挂集中部署的全新网络架构。随着新型城域网部署, 原有 IP 城域网家庭宽带业务逐步割接到新型城域网, 当前网络典型承载方案存在对设备 MAC (media access control) 路由表压力大、业务部署困难等问题。通过研究与分析, 创新性地提出 UMR (unknown MAC route) 技术实现方案, 并完成实验验证, 为推进新型城域网快速部署提供参考意义。

**关键词:** 云网融合; 新型城域网; 灵活调整; 固移承载; SRv6

**中图分类号:** TP915.06

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2022028

## Research and application of UMR technology for new metropolitan area network

YIN Yuanyang<sup>1</sup>, WANG Zhizhong<sup>1</sup>, JIANG Youqiang<sup>2</sup>, SUN Jiaqi<sup>1</sup>, LIANG Xiaobin<sup>1</sup>

1. Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

2. Guangdong Branch of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510180, China

**Abstract:** The new metropolitan area network adopts the new architecture of spine-leaf. BRAS is a high hanging and centralized deployment mode. With the deployment of the new metropolitan area network, the home wide service is gradually cut over to the new network. The current typical bearer scheme has many problems, such as the sharp increase of pressure on the network equipment MAC routing table, the large and complex network configuration. After analyzing and comparing the defects of typical bearer schemes, the implementation scheme of UMR technology was innovatively put forward, which provided reference significance for promoting the rapid deployment of new metropolitan area network.

**Key words:** cloud network integration, new metropolitan area network, flexible adjustment, fixed mobile bearing, SRv6

### 0 引言

在国家新基建战略下, 运营商不断推动网络升级演进, 助力数字经济, 这为融合云、网、边、

端、创新型网络建设等方面带来了新机遇, 同时对云网融合新型网络架构提出了新要求。现有的 IP 城域网面临的挑战主要如下。

(1) 架构不灵活, 网络扩展不灵活, 网络功



能与设备紧耦合,难以满足算力下沉带来的边缘云快速接入和东西向流量增长。

- 扩容压力大,流量和带宽保持规模增长,导致设备成本/投资大。
- 业务接入设备能力分散部署,部分设备利用率偏低,新业务开通周期长,无法满足弹性需求。

(2) 业务分网承载,难以保障固移融合场景一致性体验,特别是难以满足 2C/2H 多屏互动的大视频业务的跨网平滑迁移以及 2B 业务差异化承载。

(3) 同一客户的政企业务按类型分网承载业务部署不统一:互联网访问/L3VPN 采用 IP 城域网承载,L2VPN 组网型采用 IPRAN 承载。

- (4) 缺乏自动化开通,智能化运维手段。
- 业务开通人工环节多、时间长,无法弹性调整。
- 故障定位慢,依赖运维人员经验。

因此,在面向现有 IP 城域网的挑战下,基于 spine-leaf 架构的新型城域网应运而生。本文

重点研究新型城域网针对业务接入云化集中部署,海量家庭带宽用户业务的典型承载解决方案的研究与分析。通过分析方案缺陷与痛点,创新性地提出 UMR (unknown MAC route) 技术解决方案,并完成实验验证,为新型城域网建设提供指导。

## 1 城域网发展及新型城域网架构

IP 城域网的发展与新技术的迭代,已经无法满足当前云网融合统一承载需求,优化网络架构解决固移融合用户体验一致性,提升网络灵活的扩展性和可靠性,新型城域网组网架构如图 1 所示,新型城域网是将现有 IP 城域网、STN (smart transport network)、IPRAN (IP radio access network) 融合为一张网,满足家庭带宽、移动、专线、云业务、云互联的统一承载要求。

新型城域网采用模块化、标准化的方式组建,具备弹性伸/缩的横向扩容能力。全面引入新设备和新技术,实现端到端网络重构,引入 IPv6+ 为云网业务赋能,主要表现在如下方面。

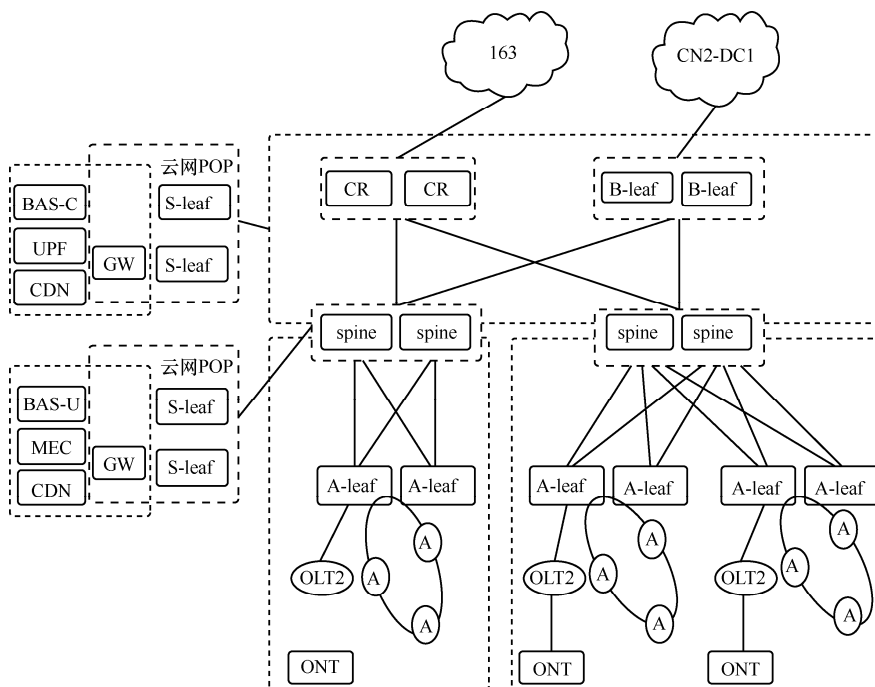


图 1 新型城域网组网架构

- (1) 基于 STN 网元构建 spine-leaf 架构
- 新型城域网基于 STN 承载网演进, 满足 spine-leaf 架构组网建设要求。
  - spine 设备直接采用 STN-ER 设备, 实现流量快速转发和疏导, 主要负责 leaf 节点之间的流量无阻塞转发与出城流量快速转发; leaf 设备以 STN-B 设备为主, 负责综合接入区汇接和服务节点的互联。
- (2) 转控分离 vBRAS 技术, 云化、集中部署
- 提升利用率和可靠性: 控制面云化, 组件冗余, 统管虚拟/硬件转发面; 转发面池化, 实现  $N:1$ 、 $(N+1):1$ 、 $1:1$  备份。
  - 集中部署提升运营效率: 提高 IP 地址使用率, 减少路由条目, 有利于实现新业务的快速上线和开通。
- (3) 部署 SRv6+EVPN+FlexE 融合承载技术, 提升网络的灵活性和差异能力
- SRv6+EVPN: 端到端 SRv6 承载, 提升网络编程能力, 业务灵活选路, 为云网融合提供技术支撑。
  - FlexE 切片技术: 业务切片可按需设置, 实现差异化承载能力。

## 2 新型城域网家庭宽带业务承载技术方案

### 2.1 EVPN VPLS 方案与 EVPN VPWS 方案研究

在新型城域网中, 城域核心网采用集中化的

BAS-U 池实现业务集中接入。当前主要有两种承载方案: EVPN VPLS (ethernet VPN virtual private LAN service) 方案与 EVPN VPWS (ethernet VPN virtual private wire service) 方案, 方案组网示意图如图 2 所示, 两种方案都采用 SRv6 作为底层隧道。

方案一: EVPN VPLS 方案, 在 A-leaf 与 S-leaf 之间部署 VSI (virtual switching instance), 并与 RR (route reflector) 建立连接, 所有 Leaf 设备将学习 OLT (optical line terminal) 的用户 MAC 信息。由于在新型城域网内 BRAS 池化后, 一个 BRAS 池面临百万用户地址学习, 因此, 该方案存在不足。

- VRR (virtual route reflector) 负责百万级或千万级 MAC 地址学习并进行路由反射, 设备 MAC 路由表项压力大。
- 为确保整个网络的稳定和设备正常工作, 对于特定的设备, RR 设备需要配置复杂 MAC 过滤规则, 否则 A-leaf 也将面临 MAC 性能压力, 导致网络崩溃。
- VPLS 组网容易环路, 从而引起网络风暴, 造成整网 MAC 漂移, 频繁发生导致整网瘫痪, 给网络运维带来困难。

方案二: EVPN VPWS 方案, 以 OLT 为单位在 A-leaf 部署 VPWS, 承载网不感知用户 MAC, VRR 仅需要反射 EVPN 连接路由; 可以采用

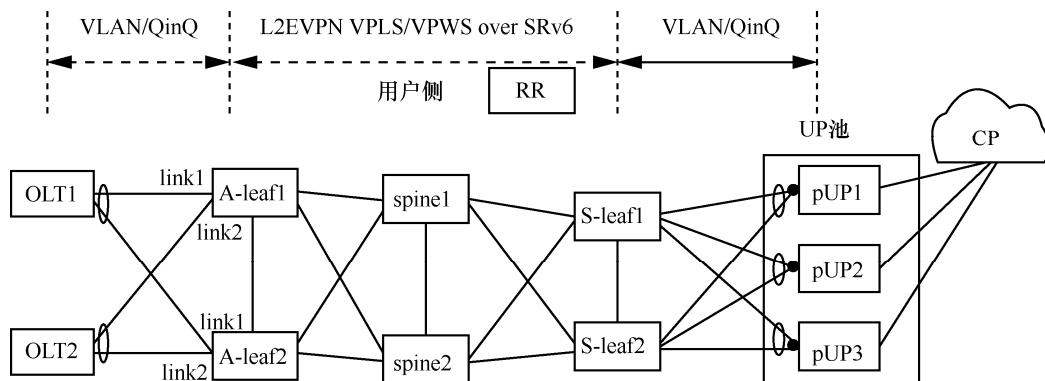


图2 EVPN VPLS 与 EVPN VPWS 部署方案组网示意图



VLAN 透传方式,不修改用户 QinQ (802.1Q-in-802.1Q) 的 VLAN,但是针对 S-leaf 的 SVLAN 需要以资源池为单位进行规划,保证池内唯一。在规划 SVLAN 时,可以与 A-leaf 的 SVLAN 不一致,确保两侧 SVLAN 独立,避免 SVLAN 在资源池侧的冲突。该方案的缺陷如下。

- 需要对整网 SVLAN 进行统一规划,同时每新增一个 OLT 都需要做端到端的规划。
- 针对大量用户集中接入,用户 VLAN 在同一个池内冲突会影响整网故障定位困难。
- 随着用户数增加需要配置 VPWS 业务量大,操作相对复杂,不利于业务快速开通。

EVPN VPLS 与 EVPN VPWS 关键能力的对比见表 1。

## 2.2 EVPN VPLS 方案中,网络 RR 设备的路由压力分析

EVPN VPLS 方案部署的 RR 路由分析如图 3

所示,根据现网业务部署模型,对应典型配置按 OLT1 双归双活接入 A-leaf,当 OLT 下用户 A 的家庭宽带业务上线时,在 A-leaf1 和 A-leaf2 各学习一条 MAC 表项,生成两条 EVPN MAC 路由发往 RR。同理,ITMS (integrated terminal management system)、VoIP (voice over internet protocol)、IPTV (internet protocol television) 业务上线时,各需要生成两条 MAC 路由,因此一个用户需要生成 8 条 MAC 路由,按新型城域网规划目标,一个接入池规划按 60 万~80 万用户目标设计,以此规模网络设备需要 480 万~640 万 RIB (routing info base) 表项资源。假设一个地市用户按 400 万预估,则仅家庭宽带业务至少需要 800 万 MAC RIB 表项资源,如考虑其他业务接入,将对 RR 设备压力将成倍增加。

EVPN VPLS 方案在资源使用率、业务部署、业务配置方面优势较突出,但需要重点解决百万

表 1 EVPN VPLS 与 EVPN VPWS 关键能力对比

| 区别       | EVPN VPLS 方案                                                                               | EVPN VPWS 方案                                                                       |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 业务部署     | OLT 接入 A-leaf 的 VSI, A-leaf、S-leaf 需要学习用户 MAC, 同一台 OLT 的不同 S-VLAN 可以共享同一个 VSI 实例           | OLT 接入 A-leaf 的 EVPN VPWS 实例, A-leaf、S-leaf 不学习用户 MAC, 每个 S-VLAN 部署一条 EVPN VPWS 业务 |
| 广播域及安全性  | (1) 广播, 多点到多点方式<br>(2) 针对广播导致的安全风险可以通过 BGP EVPN MAC-flapping 和 MAC 抑制、AC 口隔离、E-Tree 等技术解决。 | (1) 非广播, 点到点方式<br>(2) 本身无广播机制, 无广播导致的安全问题                                          |
| RR 反射    | 每台 A-leaf 和 S-leaf 发布的 MAC 路由给 RR, 由 RR 进行 MAC 路由的反射扩散                                     | A-leaf 和 S-leaf 不学 MAC, RR 只需要反射 EVPN VPWS 路由                                      |
| 负载分担     | 可支持 N:1 或(N+1):1                                                                           | 可支持 1:1 或 1+1 或 N:1                                                                |
| 部署和运维复杂度 | 部署简单, 对网络运维能力要求高, 容易引起网络环路及风暴                                                              | 部署配置量多, 相对复杂, 不利于业务快速开通, 对网络的运维能力要求相对较低                                            |

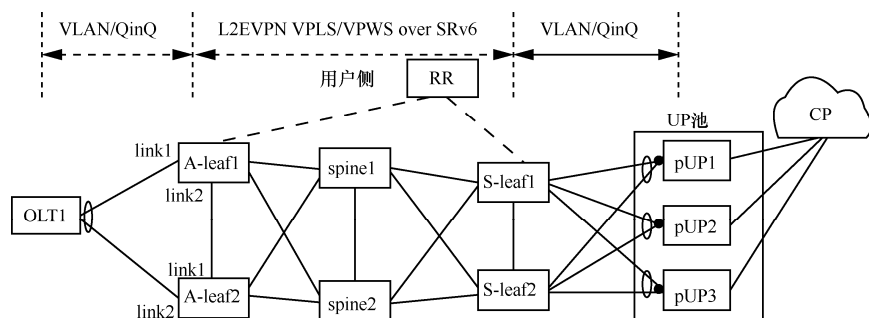


图 3 EVPN VPLS 方案部署的 RR 路由分析





实验对比, 仪表模拟用户 MAC 数量为 512 000 个, UP 侧模拟 10 个 MAC 接入, 对比 VPLS 方式与 UMR 方式对应 RR 上的 MAC 路由表数如图 5 所示。

通过实验室验证测试, UMR 技术方案对应 A-leaf 设备接入的 MAC 数量仅与本地接入的用户数量有关, 不会因为 RR 使全网的 (多个 A-leaf 接入形成的池) MAC 反射到对应 A-leaf, 大大降低了 A-leaf 压力, 同时 RR 上对应的 MAC 数量仅为 A-leaf 侧默认 MAC 路由和 UP 侧明细路由, 与 VPLS 方案相比, UMR 技术方案实现使 RR 路由量下降, 增强了网络可部署性。

### 3.2 UMR 技术方案端到端故障可靠性保护实现

作为一种网络技术方案, 必须具备在网络故障时的可靠性保护能力, UMR 技术方案针对网络故障点的保护实现如图 6 所示, 在网络中模拟不同故障点, 实现网络的业务可靠性保护倒换, 满足业务承载需要, URM 技术方案故障点场景处

理, 见表 2。

从上述各个故障点的保护技术可以看出, UMR 方案的端到端故障可靠性基本延续了 EVPN VPLS 方案的保护技术, 比 VPLS 方案故障收敛速度更快, 保护技术标准化高, 技术相对比较成熟。

## 4 结束语

本文提出的 EVPN VPLS with UMR 技术方案, 解决了 EVPN VPLS 方案中对应设备需要大容量 MAC 规格及用户明细 MAC 通告问题: A-leaf 只发布默认 MAC 路由, 减少了 RR 和 S-leaf 设备的 MAC 学习, RR 设备的 MAC 路由表项从百万级别降低到千级别, 同时也降低了网络部署与运维难度, 提高网络灵活调度及业务服务能力, 可以作为新型城域网部署应用方案。

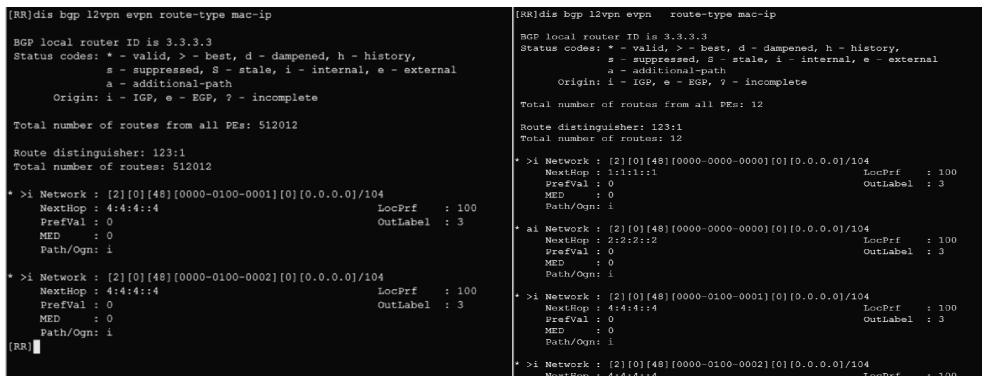


图 5 对比 VPLS 方式与 UMR 方式对应 RR 上的 MAC 路由表数

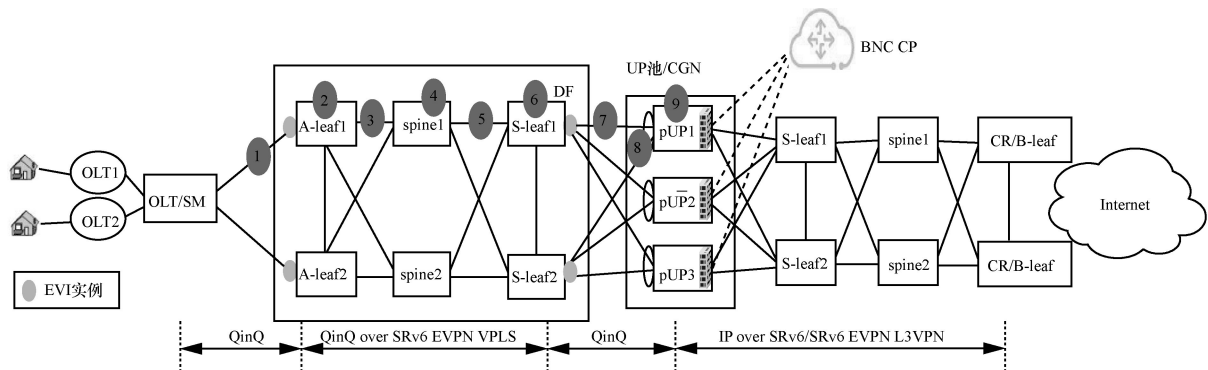


表2 URM 技术方案故障点场景处理

| 故障点     | 故障后上行流行为                                                    | 故障后下行流行为                                         | 故障切换                                                                           | 故障恢复                                                 |
|---------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 故障点 1   | OLT/SW→A-leaf2→<br>spine1&2→S-leaf1&2→pUP1                  | pUP1→S-leaf1&2→spine1&2→<br>A-leaf2→OLT/SW       | 上行: OLT 的 Eth-Trunk 成<br>员口故障会后毫秒级切换                                           | OLT 的 Eth-Trunk 成员口<br>恢复后, 毫秒级回切                    |
| 故障点 2   | 同上                                                          | 同上                                               | 上行: OLT 的 Eth-Trunk 成<br>员口故障会后毫秒级切换<br>下行: 在 spine 上触发 SRv6<br>节点保护, 毫秒级切换    | A-leaf1 恢复后, 流量负<br>载分担到 A-leaf1 和<br>A-leaf2, 毫秒级回切 |
| 故障点 3   | OLT/SW→A-leaf1&2→<br>spine1&2→S-leaf1&2→pUP1                | pUP1→S-leaf1&2→spine1&2→<br>A-leaf1&2→OLT/SW     | 链路故障触发 Ti-LFA 切<br>换, 上下行流毫秒级切换                                                | 故障链路恢复后, 流量<br>负载分担, 毫秒级回切                           |
| 故障点 4   | OLT/SW→A-leaf1&2→<br>spine2→S-leaf1&2→pUP1                  | pUP1→S-leaf1&2→spine2→<br>A-leaf1&2→OLT/SW       | 同上                                                                             | 故障节点恢复后, 流量<br>负载分担, 毫秒级回切                           |
| 故障点 5   | OLT/SW→A-leaf1&2→<br>spine1&2→S-leaf1&2→pUP1                | pUP1→S-leaf1&2→spine1&2→<br>A-leaf1&2→OLT/SW     | 同上                                                                             | 故障链路恢复后, 流量<br>负载分担, 毫秒级回切                           |
| 故障点 6   | OLT/SW→A-leaf1&2→<br>spine1&2→S-leaf2→pUP1                  | pUP1→S-leaf2→spine1&2→<br>A-leaf1&2→OLT/SW       | 上行: 在 spine 触发节点保<br>护, 毫秒级切换<br>下行: 相当于 UP 的 Eth-<br>Trunk 成员口故障, 毫秒级<br>切换   | 故障节点恢复后, 流量<br>负载分担, 毫秒级回切                           |
| 故障点 7   | OLT/SW→A-leaf1&2→<br>spine1&2→S-leaf2→pUP1                  | pUP1→S-leaf2→spine1&2→<br>A-leaf1&2→OLT/SW       | 上行: 故障瞬间通过 bypass<br>保护, 丢包毫秒切换<br>下行: 相当于 UP 的 Eth-<br>Trunk 成员口故障, 毫秒级<br>切换 | UP 的 Eth-Trunk 成员口<br>恢复后, 毫秒级回切                     |
| 故障点 8&9 | 假设 pUP3 为备:<br>OLT/SW→A-leaf1&2→<br>spine1&2→S-leaf1&2→pUP3 | pUP3→S-leaf1&2→<br>spine1&2→A-leaf1&2→<br>OLT/SW | 根据 UP 池备份模式切换                                                                  | 根据 UP 池备份模式切换                                        |

## 参考文献:

- [1] 马培勇, 吴伟, 张文强, 等. 5G 承载网关键技术及发展[J]. 电信科学, 2020, 36(9): 122-130.  
MA P Y, WU W, ZHANG W Q, et al. Key technologies and development of 5G bearer network[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(9): 122-130.
- [2] 陈运清, 雷波, 解云鹏. 面向云网一体的新型城域网演进探讨[J]. 中兴通讯技术, 2019, 25(2): 2-8, 27.  
CHEN Y Q, LEI B, XIE Y P. Evolution of new metropolitan area network for cloud network convergence[J]. ZTE Technology Journal, 2019, 25(2): 2-8, 27.
- [3] 关青, 冯忠义. 基于智能城域网的 vBRAS 部署方案探讨[J]. 通信电源技术, 2020, 37(12): 274-276.  
GUAN Q, FENG Z Y. Discussion on deployment scheme of vBRAS based on intelligent IP MAN[J]. Telecom Power Technology, 2020, 37(12): 274-276.
- [4] RFC. Covering prefixes outbound route filter for BGP-4[R]. 2015.
- [5] 吴伟, 张文强, 杨广铭, 等. 5G 承载网的“SRv6+EVPN”技术研究及规模部署[J]. 电信科学, 2020, 36(8): 43-52.  
WU W, ZHANG W Q, YANG G M, et al. SRv6+EVPN technology research and scale deployment of 5G bearer network[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(8): 43-52.
- [6] 张钰. 浅谈基于 VPLS 的二层网络扩展方案的应用[J]. 电信

科学, 2014, 30(S1): 137-140, 153.

- ZHANG Y. Application of layer 2 network expansion scheme based on VPLS [J]. Telecommunications Science, 2014, 30(S1): 137-140, 153.
- [7] 曹畅, 张帅, 唐雄燕. 下一代智能融合城域网方案[J]. 电信科学, 2019, 35(10): 51-59.  
CAO C, ZHANG S, TANG X Y. Next generation intelligent converged metro network[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(10): 51-59.
- [8] 丁志茂. 基于业网分离思想的新型城域网建设思考[J]. 中国新通信, 2020, 22(11): 62.  
DING Z M. Thoughts on the construction of new man based on the idea of industry network separation [J]. China New Telecommunications, 2020, 22(11): 62.
- [9] 张龙江, 王进勇, 梁凌. 基于 EVPN 的新型互联网技术在智能城域网中的应用[J]. 山东通信技术, 2021, 41(1): 12-16.  
ZHANG L J, WANG J Y, LIANG L. Application of new Internet technology based on evpn in intelligent man [J]. Shandong Communication Technology, 2021, 41(1): 12-16.
- [10] 陆钢, 陈长怡, 黄泽龙, 等. 面向云网融合的智能云原生架构和关键技术研究[J]. 电信科学, 2020, 36(9): 67-74.  
LU G, CHEN C Y, HUANG Z L, et al. Research on intelligent cloud native architecture and key technologies for cloud and



network integration[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(9): 67-74.

- [11] 乔建, 李忠超, 高丽华. 面向云网融合的新型城域网架构关键问题研究[J]. 电信快报, 2021(8): 22-25.

QIAO J, LI Z C, GAO L H. Research on key issues of new MAN's network architecture for cloud-network convergence[J]. Telecommunications Information, 2021(8): 22-25.

#### [作者简介]



**尹远阳** (1986- ), 男, 中国电信股份有限公司研究院工程师, 主要从事 IP 网络技术研究、新型城域网技术研究、IP 数通设备方案评测验证等工作。

**王志中** (1971- ), 男, 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要从事 IP 网络架构、技术方案研究等工作。

**姜有强** (1981- ), 男, 中国电信股份有限公司广东分公司高级工程师, 主要从事 IP 网络的规划、建设、维护以及 4G/5G 核心网的规划建设等工作。

**孙嘉琪** (1987- ), 女, 中国电信股份有限公司研究院工程师, 主要从事 IP 网络技术研究、新型城域网技术研究等工作。

**梁筱斌** (1982- ), 男, 中国电信股份有限公司研究院工程师, 主要从事 IP 网络技术研究、2B 业务承载方案设计等工作。