



云化 IP 城域网中 vBRAS 池化部署研究

龚霞¹, 陈华南², 朱永庆¹, 袁世章¹, 杨冰¹

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 广东 广州 510630;

2. 中国电信天翼云科技有限公司, 广东 广州 510245)

摘要: 云网融合/云网一体已成为 IP 承载网的主要发展方向。作为最贴近用户的承载网, IP 城域网拥有丰富的业务特性, 是网络云化转型的重要试验田。面向多元接入、流量流向变化等网络承载需求, IP 城域网从传统南北向树状架构向城域 Spine-Leaf 架构转型, 以适应固移融合、多云接入等新型业务场景。基于云化 IP 城域网演进, 对 vBRAS 池化部署方案及关键技术进行详细剖析, 为 vBRAS 规模商用部署和技术演进提供技术参考。

关键词: 云化 IP 城域网; vBRAS; 池化

中图分类号: TN919

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023016

Research on deployment of pooled vBRAS in cloud IP metropolitan area network

GONG Xia¹, CHEN Huanan², ZHU Yongqing¹, YUAN Shizhang¹, YANG Bing¹

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

2. China Telecom Cloud Technology Co., Ltd., Guangzhou 510245, China

Abstract: Cloud-network integration was the main development direction of IP carrier networks. As the closest network to users, IP MAN has rich service features and it is also an important test field for network cloudification. Facing the carrier requirements of multiple access and the changes of traffic direction, IP MAN was transformed from the traditional north-south tree architecture to the Spine-Leaf architecture to meet the service requirements, such as fixed-mobile convergence and multi-cloud access scenarios. Based on the evolution of the cloud IP MAN, the deployment scheme of pooled vBRAS and key technologies were introduced, and technical reference for the large-scale commercial deployment and technology evolution of vBRAS were provided.

Key words: cloud IP MAN, vBRAS, pooled

0 引言

网络设备技术迭代更替源自业务需求与技术演进双驱动。自软件定义网络 (software defined network, SDN)、网络功能虚拟化 (network

functions virtualization, NFV)^[1]技术被提出以来, 业界一直积极探索这些技术在运营商网络中的应用^[2], 期望通过软硬件解耦、转控分离技术实现网元的云化部署^[3], 以满足 5G 与云时代云增强现实 (augment reality, AR)/虚拟现实 (virtual

reality, VR)、增值云服务等新型业务的灵活、快速部署需求^[4]。其中,虚拟化宽带远程接入服务器(virtual broadband remote access server, vBRAS)作为IP网络云化的代表,采用通用硬件与虚拟化网络功能(virtualized network function, VNF)^[5]的方式实现传统多业务网关(multi-service edge, MSE)硬件设备能力,受到业界的广泛关注^[6]。其中, MSE 又称为宽带远程接入服务器(broadband remote access server, BRAS)。习惯上,专用设备常称作 MSE,而虚拟化后称作 vBRAS 较多,实际上 vBRAS 与 vMSE 并无差别,本文采用业界惯用叫法。

随着云网融合^[7]的发展及算力的下沉^[8],云网边缘端融合成为未来网络演进趋势^[9],同时将催生更加丰富的边缘云网业务生态。MSE 采用虚拟化方式实现成为云网融合的发展方向,以满足网元功能灵活扩展、业务按需部署的需求, vBRAS 设备技术演进也成为业界的探索重点。

从网络部署方式来看,传统城域网主要采用扁平化树状三层组网架构^[10],包含接入层、接入控制层与核心层,如图1所示。其中, MSE 设备作为用户接入锚点^[11],采用分布式部署方式,受限于部署位置及纳管范围, MSE 设备存在资源利用率低、升级驱动力不足、新技术部署困难等问题,一方面阻碍了设备技术的发展,另一方面导致建网成本居高不下。

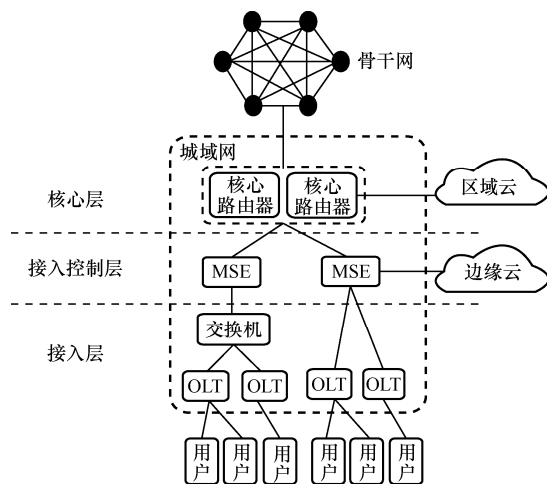


图1 传统城域网架构

为解决传统城域网中 MSE 分布式部署带来的痛点问题,满足未来新型业务发展需求,业界开展了一系列城域网组网架构和 vBRAS 关键技术研究,其中以云化 IP 城域网为代表的技术创新得到运营商、客户、供应商等的认可。其中,云 IP 城域网是以云中心,以固移融合等理念构建的新型城域网架构,业界常称其为新型城域网。云化 IP 城域网组网架构如图2所示。其中, A 指移动承载网的接入设备, Spine 指城域脊设备, Leaf 指城域叶设备, Super Spine 指超级脊设备。还包括网关(gateway, GW)、数据中心叶设备(data center-leaf, DC-Leaf)、业务叶设备(service-leaf, S-Leaf)、接入叶设备(access-leaf, A-Leaf)、光线路终端(optical line terminal, OLT)以及客户处所设备(customer premise equipment, CPE)。

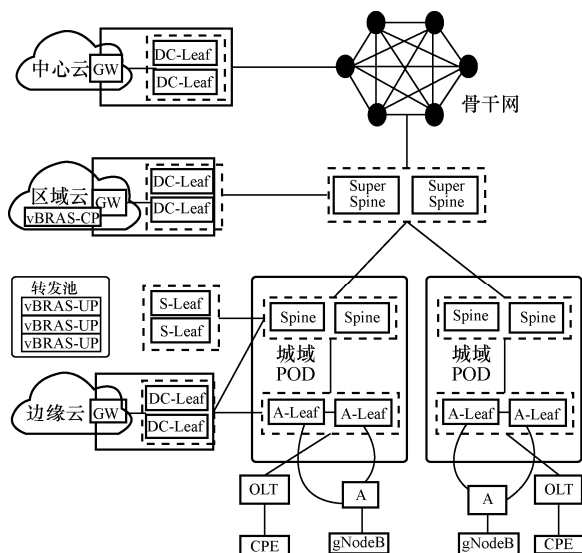


图2 云化 IP 城域网组网架构

云化 IP 城域网采用 Spine-Leaf 组网架构,即城域 POD (point of delivery) 模块化架构,可满足 POD 随用户/业务规模灵活扩展的需求。为了满足固网和移动业务快速入云需求,通过部署 EVPN over SRv6 技术^[12],可实现各类业务的融合承载与差异化保障。云化 IP 城域网组网架构为实现云网融合、云网一体化提供了网络与技术基础。

区别于传统 MSE 串行接入城域网方式,云化 IP



城域网部署转控分离 vBRAS, 采用云化和集约化方式部署于通信技术 (communication technology, CT) 云资源池^[13]中, 以实现网业分离, 同时提升了设备资源利用率, 降低了建网成本。由于纯 vBRAS 存在转发性能受限等问题, 因此, 云化 IP 城域网采用 vBRAS 池化技术, 融合了虚拟化网元与传统专用网元的优势, 凭借其控制面云化、转发面池化的架构, 提供了与专用硬件一致的网元转发性能、可靠性等能力, 同时提升了网络功能部署灵活性及用户/业务故障保护能力, 具备资源利用率高、新功能部署灵活、故障保护能力强等特点, 得到产业链认可。

1 vBRAS 池化部署

vBRAS 是云化 IP 城域网实现网业分离的核心网元, 同时也是网络云化的主要方向。本节就 vBRAS 技术架构、池化部署方案及关键技术进行探讨, 以更好地适配云化 IP 城域网演进。

1.1 vBRAS 技术架构

面向网络云化演进及网络资源灵活部署需求, vBRAS 技术架构需满足功能解耦、转控分离、与硬件无关等设计要求。vBRAS 作为业务控制网元, 需实现控制、转发与管理等功能, 且各个功能模块可拆分, 以实现功能灵活部署及资源弹性调度。同时, 基于 NFV 架构实现时, vBRAS 必须支持控制面与转发面功能分层解耦, 以实现业务集中管理, 提升业务部署效率及灵活性。

基于网元技术结构, vBRAS 技术架构包含控制面 (control plane, CP) 和转发面 (user plane, UP) 两部分^[14], vBRAS 典型架构如图 3 所示。其中, vBRAS-CP 采用 x86 虚拟化方式部署, 实现用户/业务管理等功能, 功能/性能迭代快速, 且性能可随资源池实现弹性伸缩; vBRAS-UP 主要负责流量转发与业务策略执行等功能, 业界针对其形态进行了多方向的研究和探索。

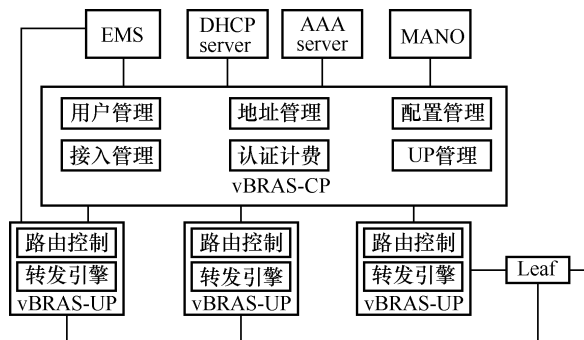


图3 vBRAS 典型架构

从硬件构件、业务适用场景等角度切入, vBRAS-UP 主要可分为专用网元 (vBRAS-pUP, 以下简称 pUP)、虚拟化网元 (vBRAS-vUP, 以下简称 vUP)、白盒设备等主要形态。

(1) 专用网元

专用网元采用传统 MSE 设备类型, 主要用于承载公众用户互联网接入、互联网电视 (Internet protocol television, IPTV) 视频等业务, 满足高流量高通量及高效快速转发需求。其中包括, 网元管理系统 (element manager system, EMS), 动态主机配置协议服务器 (dynamic host configuration protocol server, DHCP server), 认证、授权与计费服务器 (authentication, authorization, accounting server, AAA server), 管理与编排 (management and orchestration, MANO)。

(2) 虚拟化网元

虚拟化网元采用通用服务器设备, 主要用于承载 ITMS (integrated terminal management system, 终端综合管理系统)、互联网电话 (voice over Internet protocol, VoIP) 等对转发性能要求较低的大会话小流量业务, 实现用户会话从专用网元卸载, 降低设备成本。

(3) 白盒设备

白盒设备重点考虑转发模式可编程, 驱动软硬件解耦, 是未来网元设备演进的一个重要方向, 受到了产业界的推崇。现阶段白盒设备主要采用 L2/L3 通信芯片, 可提供给客户灵活定制转发模式的代码字段较少, 且芯片对 PPPoE (point-to-point

protocol over Ethernet)/IPoE (Internet protocol over Ethernet) 支持不足, 导致目前白盒设备无法提供 PPPoE 等有状态业务的管理能力。

基于上述特点, 当前云化 IP 城域网中部署的 vBRAS-UP 主要包含 pUP 和 vUP 两类, 依据网元的特性, 分别承载不同类型的业务, 最大化设备利用率, 降低建网成本。vUP 基于虚拟化技术云化部署, 具备新功能快速加载、各功能组件/虚机冗余保护能力。同时, vUP, 具有部署灵活性的特点, 可基于业务量需求自动扩缩容, 并基于 CP 的用户集约化管控, 实现 vUP 出现故障时的快速切换, 从而提升业务可靠性。pUP 则主要采用池化部署方式, 实现 pUP 接口、板卡、设备等出现故障时的用户无感知切换。

1.2 vBRAS 池化部署方案

云化 IP 城域网采用基于 Spine-Leaf 的城域 POD 模块化架构, Spine、Leaf 设备主要实现流量汇聚及高效转发, vBRAS 各网元组件旁挂于城域 POD 架构, 可实现用户的集中式管控、功能的灵活加载, 从而实现网业分离。在云化 IP 城域网实践中, vBRAS 采用转控分离方式部署于 CT 云, 转控分离 vBRAS 部署模型如图 4 所示。CP 部署于城域核心数据中心 (data center, DC), 具备城域内多个 POD 的用户接入能力, 从而实现城域内全部用户的集中式接入与管理, 提升并发性能和集约化管理能力; vUP 与 CP 同池部署, 可降低内部交互的复杂度, 提升系统可靠性, 降低云基础设施的建设成本; pUP 采用池化方式部署^[15], 受限于 pUP 设备的用户接入能力, 通常以城域 POD 为单位进行节点设置, 负责本 POD 范围内用户的接入与流量转发。pUP 池可基于业务量及覆盖范围灵活选择部署于核心 DC 或边缘 DC, 为用户提供流量转发与业务策略等服务。

vBRAS 池化主要指 pUP 转发面池化部署, 在提供高性能转发能力的同时, 满足业务高可靠需求, vBRAS 池化部署架构如图 5 所示。pUP 转发池通过 S-Leaf 与城域 Spine 相连, 与 CP 分离部署, 逻辑上 IP 可达。

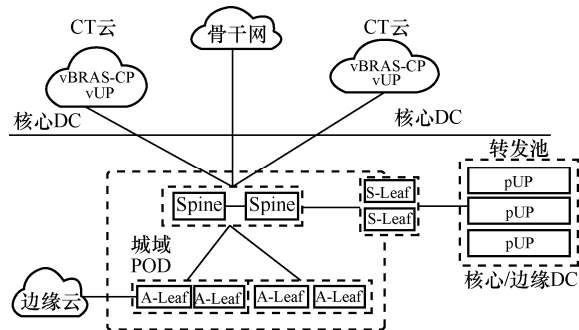


图 4 转控分离 vBRAS 部署模型

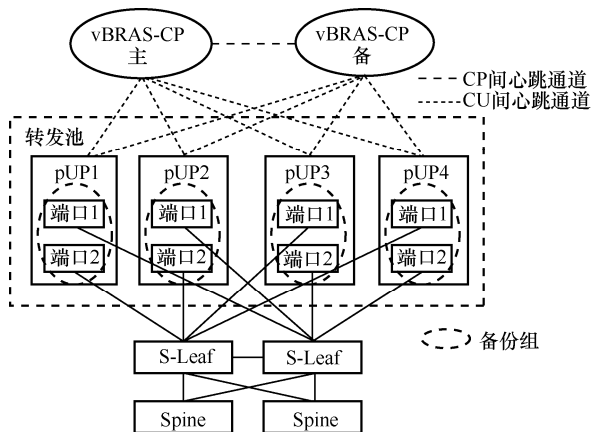


图 5 vBRAS 池化部署架构

vBRAS 池化部署方案具有如下特点。

- 扩展灵活: 采用集中式控制面、分布式转发面, 通过 vBRAS-CP 纳管城域内多个 pUP 转发池, 可实现 CP 和 pUP 弹性扩展。
- 可靠性高: pUP 转发池内部署了 $N+1$ 备份技术, 以备份组方式进行用户管理, 支持在端口、板卡、设备等故障情况下的用户无感知切换 (即将用户从故障 pUP 切换到备份组内的其他 pUP 设备上承载, 切换过程用户不掉线), 实现用户级冗余备份。
- 资源利用率高: 将用户分配在同一个 pUP 池的不同设备 (即同一备份组的不同设备) 上进行负载分担, 提升了资源利用率。

1.3 vBRAS 池化关键技术

资源利用率提升和可靠性提升一直是通信设备追求的目标, 但传统网元技术受限于内部架构, 很难达到两全其美。vBRAS 池化应运而生, 在提



高 pUP 上用户接入可靠性的同时提升设备资源的利用率。其关键技术包括用户接入管理技术、故障保护技术。

(1) 用户接入管理技术

pUP 池基于用户备份组实现故障保护功能。一个备份组包含不同 pUP 设备上的一组用户侧端口, 用户在同一备份组内的不同 pUP 设备上分担负载。下面以 PPPoE 接入流程为例, 介绍基于 pUP 池的用户接入负载分担实现方法。

在 vBRAS 池化场景中, PPPoE 接入过程协议流程不变, 但在 CP 上增加了 pUP 选择功能, 即基于备份组内各 pUP 设备的用户承载规模, 结合负载分担算法选择其中一个 pUP 接入。PPPoE 用户接入组网示意图如图 6 所示, pUP 选择流程如下。

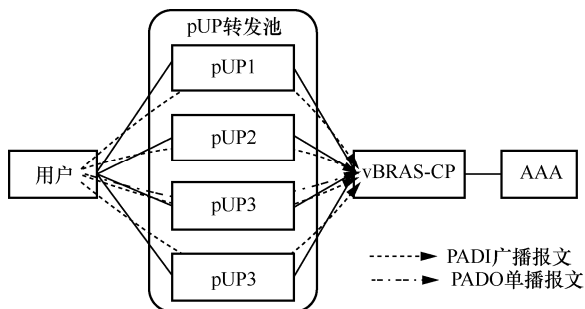


图 6 PPPoE 用户接入组网示意图

步骤 1 PPPoE 用户拨号发送 PPPoE 活动发现初始化 (PPPoE active discovery initiation, PADI) 广播报文, 被 pUP 转发池中的所有 pUP 设备接收并通过 CP 与 UP 间的标准接口上传至 CP 面进行处理。

步骤 2 CP 根据哈希算法选择用户接入的 pUP (如图 6 中的 pUP3), 并回复 PPPoE 活动发现应答 (PPPoE active discovery offer, PADO) 单播报文至此 pUP。当 CP 收到新用户接入请求时, 基于各 pUP 上已接入的用户数进行哈希运算, 从而实现池内各 pUP 设备上用户的负载均衡。

步骤 3 后续用户接入、认证与地址分配流程与现有 MSE 接入流程相同。

(2) 故障保护技术

vBRAS 池基于设备接口组形成备份组, 提供

基于接口组和备份组的两级用户故障保护能力。若 pUP 转发池中的某 pUP 出现设备故障, 则基于备份组, 将此 pUP 上承载的用户均匀切换至池内其他 pUP 设备承载, 实现用户无感知的故障保护功能。

接口组内通常包含多个接口, 主要根据接入的用户规模来确定。接口组内采用链路捆绑方式, 当某一物理接口/链路出现故障时, 相关业务流量可实时切换至接口组内其他接口承载, 从而实现接口级的故障保护。

备份组通常基于池内各 pUP 设备的接口组进行配置, 同一备份组内每台 pUP 设备的接口组规模 (即接口组内的接口类型和数量) 通常一致, 在实现设备间用户负载均衡的同时, 实现资源利用率最优。当备份组内某一接口组出现故障时, CP 将此接口组上承载的用户均匀切换至备份组内其他接口组承载, 此过程以用户地址段为粒度进行切换。

下面以 4 个 pUP 池化系统为例, 介绍基于备份组的用户故障保护实现方法与流程, pUP 基于接口组和备份组的故障保护方案示意图如图 7 所示。其中, 备份组 1 中包含 pUP1~pUP4 设备的接口组 1, 每台设备的接口组 1 中均包含 3 个用户数基本相同的用户组 (对应 CP 分配的 3 个用户接入地址段)。

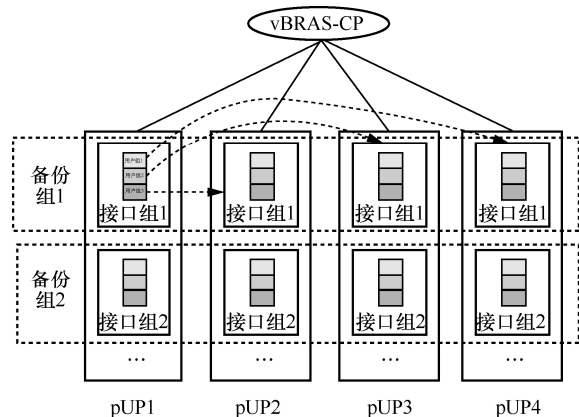


图 7 pUP 基于接口组和备份组的故障保护方案示意图

步骤 1 当 pUP1 设备、板卡故障导致接口组 1 出现故障时, CP 通过下发用户表项方式,

将接口组 1 上承载的用户均匀切换至 pUP2~pUP4 的接口组 1 中。例如,将用户组 1、用户组 2、用户组 3 分别切换到 pUP4、pUP3、pUP2,从而保证切换后用户在 pUP2~pUP4 上也负载均衡。

步骤 2 pUP2~pUP4 对外发布切换用户的路由,将用户流量引导到本 pUP。

基于上述过程,即可实现在 pUP 池内用户的无感知故障切换,从而提高业务可靠性。另外,pUP 池的故障保护不仅涉及用户接入线卡、端口,还包括运营级 NAT (carrier-grade NAT, CGN) 板卡。基于故障保护技术,将 CGN 板卡与接入用户的线卡、端口相关联,当 CGN 板卡出现故障时,同样可实现用户在线无感知切换。

2 vBRAS 技术演进

vBRAS 池化系统已大规模商用部署,具备用户集约化管控、高可靠等能力,同时降低了建网成本。随着云原生技术的发展,vBRAS 向虚拟化功能微服务化、pUP 能力增强、用户/业务功能增强等方向演进。

(1) 虚拟化功能微服务化

随着云网融合的进一步深化,以云原生方式实现 CT 云部署是大势所趋。目前,vBRAS-CP、vUP 采用虚拟机实现,业界在 vBRAS 实现上通常将 CP 划分为 3~4 种类型虚机,vUP 划分为 2~3 种类型虚机,甚至采用单虚拟机承载。此方式存在资源划分颗粒度大、部署成本较高、新功能开发周期长等问题。为进一步提升 vBRAS 功能部署灵活性,进一步降低 vBRAS-CP、vUP 部署成本,vBRAS-CP、vUP 功能将向微服务化方向演进。

(2) pUP 能力增强

目前,pUP 设备采用传统 MSE 设备类型,大多为 400 Gbit/s 平台,整机接口容量达 6.4 Tbit/s 或 7.2 Tbit/s。而设备、板卡的会话 (session) 能力不足导致接入用户规模小,造成带宽资源浪费问题。后续应推动产业链 pUP 设备会话能力提升,

进一步提升设备效能。

(3) 用户/业务功能增强

转控分离 vBRAS 基于 CT 云部署,除了实现传统 MSE 设备功能,还需为用户/业务提供增强服务能力,围绕用户打造增值服务功能圈。在用户接入功能增强方面,vBRAS 不仅面向用户提供多种接入方式的宽带用户接入与管理功能,还可充当虚拟客户处所设备 (virtual customer premise equipment, vCPE)、虚拟提供商边缘 (virtual provider edge, vPE) 设备与虚拟 L2TP 网络服务器 (virtual L2TP network server, vLNS) 等角色,实现接入用户的服务能力增强。在业务功能增强方面,vBRAS 不仅可以提供宽带业务、多播业务与虚拟专用网 (virtual private network, VPN) 业务,还可提供虚拟网络地址转换 (virtual network address translation, vNAT)、虚拟深度包检测 (virtual deep packet inspection, vDPI) 及虚拟防火墙 (virtual fire wall, vFW) 等增值业务功能,面向 2B/2C/2H 场景灵活定制业务链。

3 结束语

vBRAS 池化实现方案代表 IT/CT 新技术融合,且更加契合现阶段云网融合发展方向,在云化 IP 城域网中得到各方认可,解决了现网分布式部署方式下资源利用率低、设备演进慢、部署成本高等问题,实现网络架构弹性扩展、用户集约化管理和业务高可靠性。

与此同时,在入网先入云理念的驱动下,vBRAS 池化符合云下沉趋势,受到产业界的推崇。后续基于 vBRAS 快速演进,可持续打造 vBRAS 能力圈。现阶段的 vBRAS 池化研究与实践成果为后续研究提供了坚实的技术基础。

参考文献:

- [1] 穆域博,柴瑶琳. SDN/NFV 技术演进趋势分析[J]. 信息通信技术与政策, 2021, 47(3): 12-18.
MU Y B, CHAI Y L. Research on developments of SDN/NFV



- technologies[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2021, 47(3): 12-18.
- [2] 余发科. SDN 技术在运营商 IP 承载网中的应用实践[J]. 软件, 2021, 42(11): 160-162.
YU F K. Application practice of SDN technology in operator's IP bearer network[J]. Computer engineering & Software, 2021, 42(11): 160-162.
- [3] 许文旭. 基于 SDN/NFV 技术的 IP 城域网网络重构研究[J]. 中国新通信, 2019, 21(19): 82-83.
XU W X. Research on the network reconstruction of IP MAN based on SDN/NFV[J]. China New Telecommunications, 2019, 21(19): 82-83.
- [4] 路宇浩, 庄性华, 刘艳萍, 等. 5G 背景下运营商云网边融合发展[J]. 通信企业管理, 2020(12): 62-65.
LU Y H, ZHUANG X H, LIU Y P, et al. Developing of operators' cloud-network-edge integration under the background of 5G[J]. C-Enterprise Management, 2020(12): 62-65.
- [5] 蒋铭, 于益俊. NFV 与 VNF 架构演进与网络架构未来[J]. 信息通信技术, 2016, 10(1): 45-51.
JIANG M, YU Y J. The architecture evolution of NFV/VNF and the future of network architecture[J]. Information and Communication Technologies, 2016, 10(1): 45-51.
- [6] 段朝辉. vBRAS 在运营商承载网中的应用[J]. 通讯世界, 2020, 27(6): 107, 110.
DUAN Z H. Application of vBRAS in operator's bearer network[J]. Telecom World, 2020, 27(6): 107, 110.
- [7] 云晴. 运营商云服务优势在于云网融合[J]. 通信世界, 2022(18): 8.
YUN Q. The advantage of operators' cloud services lies in cloud and network convergence[J]. Communications World, 2022(18): 8.
- [8] 闫岩, 姜海洋. 面向算力下沉的新型城域网一体化演进的研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2022, 35(8): 80-82, 92.
YAN Y, JIANG H Y. Research on integrated construction scheme of new metropolitan area network for ability subsistence[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2022, 35(8): 80-82, 92.
- [9] 中国信息通信研究院, 宽带发展联盟. 中国宽带发展白皮书[S]. 2021.
CAICT, Broadband Development Alliance. The white paper on development of China broadband[S]. 2021.
- [10] 蔡康, 唐宏, 朱永庆. 超宽带城域网架构设计思路 and 关键技术浅析[J]. 电信科学, 2012, 28(1): 5-9.
CAI K, TANG H, ZHU Y Q. Architecture design and analysis of key technologies of the ultra-broadband IP MAN[J]. Telecommunications Science, 2012, 28(1): 5-9.
- [11] 陈华南, 朱永庆, 阮科. 城域网 MSE 关键技术及应用研究[J]. 电信科学, 2013, 29(S1): 271-275.
CHEN H N, ZHU Y Q, RUAN K. Research of the key technologies and applications of MSE in IP MAN[J]. Telecommunications Science, 2013, 29(S1): 271-275.
- [12] 李振斌, 赵锋. “IPv6+” 技术标准体系[J]. 电信科学, 2020, 36(8): 11-21.
LI Z B, ZHAO F. Standard system of “IPv6+” technologies[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(8): 11-21.
- [13] 吕鹏, 卢超群, 谢磊, 等. 基于“核心+边缘”架构的 CT、IT 统一云资源池超前布局[J]. 电信技术, 2019(3): 45-48.
LYU P, LU C Q, XIE L, et al. Advanced layout of CT and IT

unified cloud resource pools based on “core + edge” architecture[J]. Telecommunications Technology, 2019(3): 45-48.

- [14] ITU-T. Signaling requirements for the separation of control plane and user plane in vBNG (broadband network gateway):ITU-T Q.3719[S]. 2019.
- [15] ITU-T. Signalling requirements for cloud-based control plane and pooled user plane of vBNG (broadband network gateway): ITU-T, Q.BNG-PUP[S]. 2022.

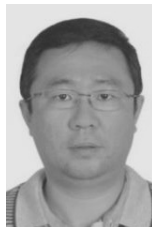
[作者简介]



龚霞 (1991-), 女, 现就职于中国电信股份有限公司研究院, 主要研究方向为 IP 网络新技术、网络虚拟化技术和云网融合技术。



陈华南 (1981-), 男, 现就职于中国电信天翼云科技有限公司, 主要研究方向为云网络技术。



朱永庆 (1974-), 男, 中国电信股份有限公司研究院正高级工程师、IP 网络技术研究中心总监, 主要研究方向为 IP 网络新技术、云网融合技术及 5G 技术。



袁世章 (1975-), 男, 现就职于中国电信股份有限公司研究院, 主要研究方向为 IP 网络规划、新技术、云网融合技术等。



杨冰 (1994-), 男, 现就职于中国电信股份有限公司研究院, 主要研究方向为 IP 网络新技术、网络虚拟化技术等。