

# 面向云网一体的新型城域网演进探讨

## Evolution of New Metropolitan Area Network for Cloud Network Convergence

陈运清/CHEN Yunqing, 雷波/LEI Bo, 解云鹏/XIE Yunpeng

(中国电信股份有限公司北京研究院, 北京 102209)  
(China Telecom Corporation Limited Beijing Research Institute, Beijing 102209, China)



**摘要:** 新型城域网的设计应面向未来业务需求,以简洁、通用、高效、智能为目标演进。新型城域网可以高效、动态地连接大量的接入节点,逐步形成城域内的统一承载新平面。在演进策略方面,新型城域网的构建不是颠覆性地推倒重来,而是从现网、现状出发,基于各项技术研发进展,结合网络建设节奏,循序渐进实现平滑演进。

**关键词:** 城域网演进;叶脊架构;统一承载;网络切片

**Abstract:** The design of the new metropolitan area network should be oriented to the future service requirement, with concise, universal, high efficiency and intelligence as the evolution goal. A large number of access nodes in the metropolitan area are connected in an efficient and dynamic way, and a unified bearing new plane is gradually formed. The construction of the new metropolitan area network needs to proceed from the existing network and present situation. Based on the research and development of various technologies, and the specific situation of network construction, the smooth evolution is finally achieved.

**Key words:** metropolitan area network evolution; Spine-Leaf architecture; unified bearer; network slice

DOI: 10.12142/ZTETJ.201902001  
网络地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20190404.1622.002.html>

网络出版日期: 2019-04-04  
收稿日期: 2019-01-27

随着“互联网+”时代的到来,云与网络的融合趋势日渐明显,未来所有业务和应用都将在云上承载,“云网一体化”已成为一股不可阻挡的趋势。云网融合也打破传统基础网络运营牌照及资源垄断,降低了行业门槛。互联网业务(OTT)云服务商开始强势介入,运营商在企业对企业(B2B)市场正在遭遇前所未有的挑战。可以预见不久的未来,云网市场竞争将更加激烈,留给运营商的时间已经很短,运

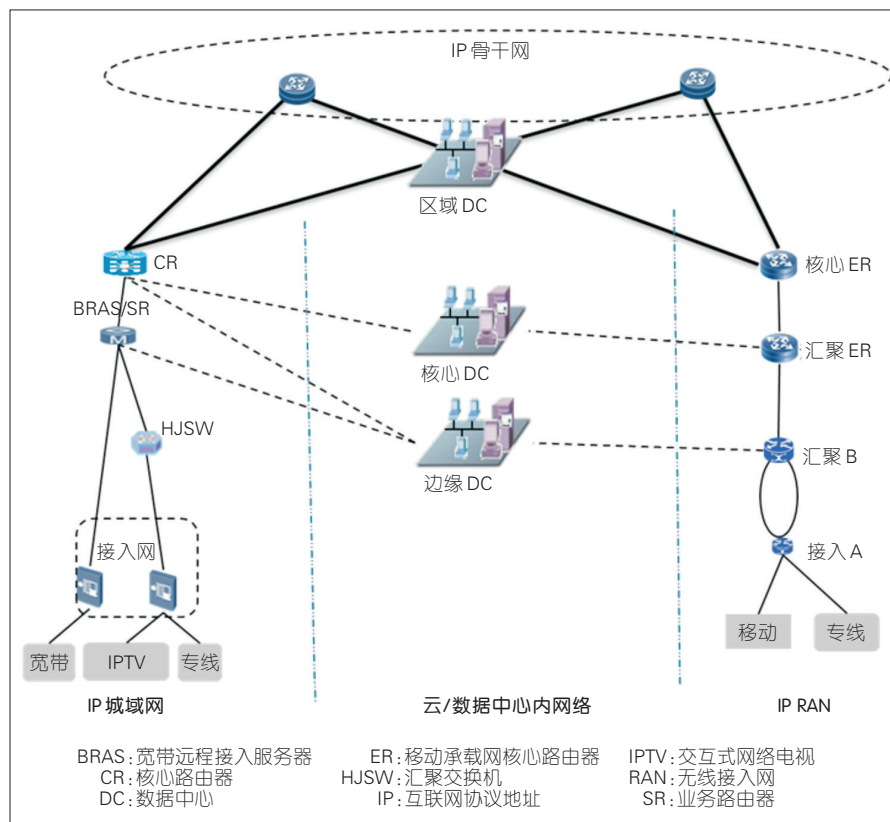
营商需要布局云网一体化总体战略,实现云网产品的差异化能力,打造技术领先和优质体验的优势,构建运营商B2B的“竞争力”<sup>[1]</sup>。

云网一体化需要将应用、云计算、网络及客户联通起来,提供一个端到端、完整、灵活、可扩展的方案,网络将按照云的要求提供网络资源(网络即服务),而云则根据应用的需要调用网络资源<sup>[2]</sup>。城域网作为用户/业务承载的重要入口,对运营商云网一体化的战略布局起着举足

轻重的作用。

### 1 城域网现状及问题

如图1所示,目前运营商在城域网范畴内普遍存在3种网络形态:第1种是承载公众用户宽带业务为主的互联网协议地址(IP)城域网,主要采用高端路由器和交换机设备组网,网络架构多为树型或口字型的扁平化架构;第2种是综合承载3G/4G移动回传业务和政企专线的IP无线接入网(RAN)/分组传送网



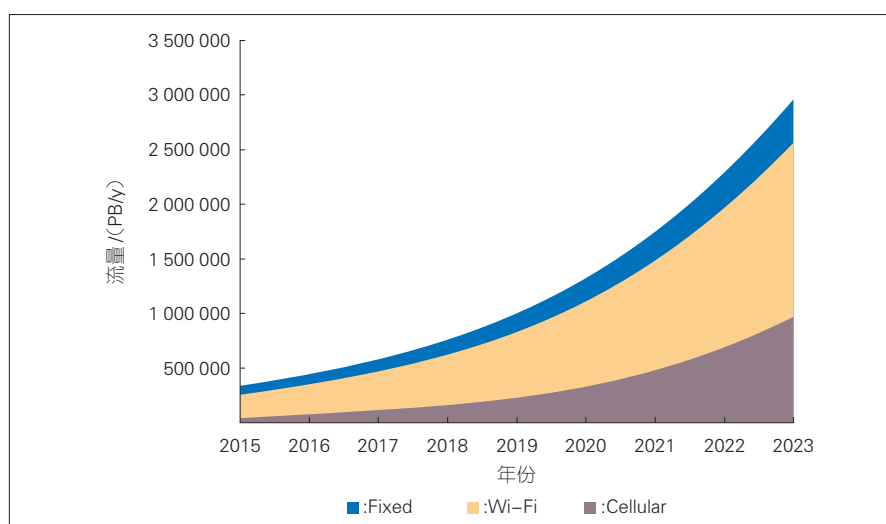
▲图1 城域网范畴内以IP设备为基础的3类网络

(PTN),主要采用IP RAN/PTN系列设备组网,网络架构多为环型或口字型架构;第3种是云/数据中心内网络,设备类型以交换机为主,网络架构通常为树型架构(传统数据中心)或叶脊(Spine-Leaf)架构(云数据中心)。这3类网络在城域网范畴内形成多个网络域。

这种多域的树/环形网络架构在云网一体化趋势下将难以为继。一方面未来网络流量将大幅增长。根据2018年Ovum咨询报告中对全球流量的统计及预测,从2017年到2023年,来自移动和宽带网络的总数据流量将以31%的复合年增长率(CAGR)增长。其中移动网络的总流量增长更为迅猛,预计将增长近8倍,达到41%的CAGR,如图2

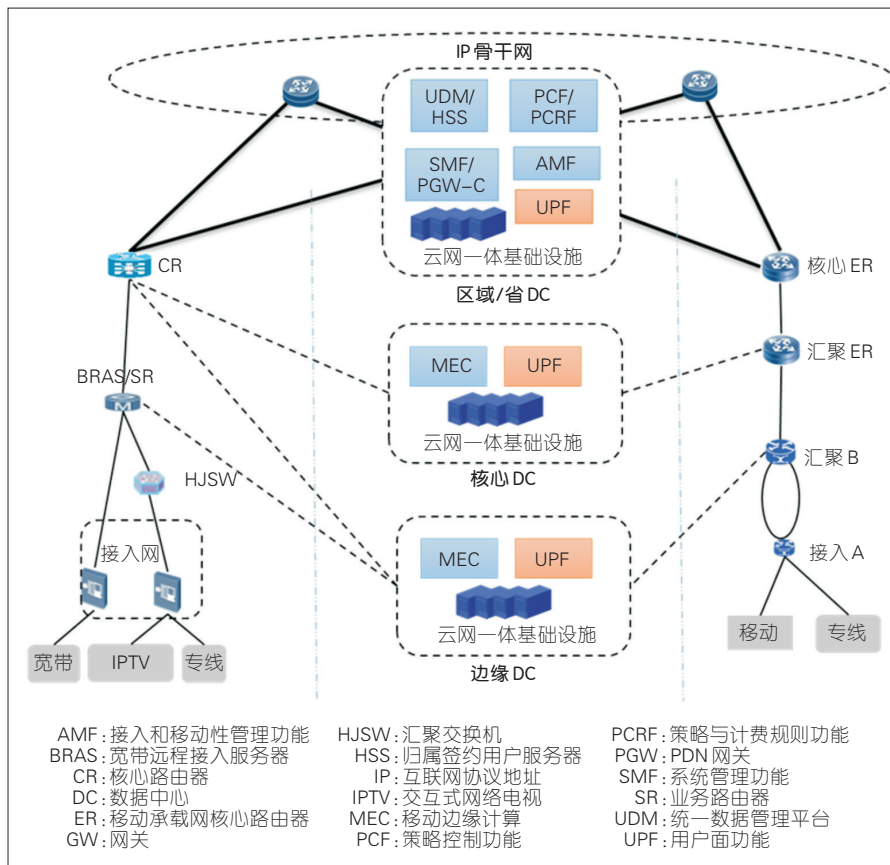
所示<sup>[3]</sup>。

另一方面,网络功能虚拟化(NFV)和5G的引入也将对城域网业务的流量、流向产生较大影响:(1)运营商在加速城域网虚拟化的



▲图2 网络流量预测

节奏。虚拟宽带远程接入服务器(vBRAS)等虚拟化网元在城域网开始规模落地,通过采用基于x86服务器的虚拟化网元方式将部分大话、小流量业务从传统硬件BRAS设备上分流到核心数据中心(DC)集中部署,城域网网元功能逐步迁入到通信技术(CT)云中,城域网业务从现有的网元间通信演变为CT云资源池服务间的通信。(2)5G网络的建设已经铺开。“5G建设,承载先行”,承载网络对5G发展的重要性不言而喻<sup>[4]</sup>。5G提出的网络云化部署思路就是指5G用户面功能(UPL)将下沉到各级云/DC。UPF除了被部署在区域及省层面以满足互联网业务、IP多媒体子系统(IMS)/长期演进语音承载(VoLTE)业务需求外,还将分布在本地核心DC、边缘DC以及接入机房,以提高高带宽互联网业务本地化分流的能量,同时解决移动边缘计算(MEC)业务、高可靠低时延(uRLLC)业务对于低时延、低成本部署的需求(如图3所示)。这势必将导致用户面



▲图3 UPF在网络中部署的位置

流量的Mesh化和本地化,不仅带来传统的标准汇聚型的南北向流量,同时还会带来大量的分布式的东西向流量。

可以预见,未来的云网一体化中,城域内流量大幅增长,下沉节点的数量也将成百上千倍地上升,用户流量实现就近入云,大量流量将不再出城域。城域内的多域网络必然带来过多的流量绕转和大量的背靠背端口浪费等问题,同时硬件形态多样化和网络协议多样化也将给未来业务与网络部署以及运营管理带来巨大挑战。

为了应对上述问题,运营商已经着手研究并探索城域网未来发展方向,面向云网一体的新型城域网

成为研究的热点。

## 2 新型城域网的设计思路及关键问题

### 2.1 总体设计思路

中国电信于2016年发布《CTNet2025网络架构白皮书》,提出新一代网络架构将能够实现以下目标:(1)大幅提升网络能力和性能,创建强大的新一代信息基础设施;(2)以业务和技术创新推进降本增效,支撑提速降费,利国惠民;(3)打造开放新生态,支撑“双创”新引擎,向用户提供丰富的网络业务;(4)技术创新引领,支撑服务中国企业“走出去”<sup>[5]</sup>。

在CTNet2025战略指引下,新型城域网将面向未来业务需求,朝着简洁、通用、高效、智能的目标演进,以高效、动态的方式连接城域内大量的接入节点,逐步形成城域内的统一承载新平面。基于上述原则,新型城域网的主要设计思路有3个方面:(1)城域内网络架构及协议要进一步简化,以提升网络转发能力,形成超宽极简的承载平面,实现对多业务的高效承载;(2)网络设备以通用硬件为主,采用“商业芯片+定制化软件”或“白牌硬件+厂商软件”等模式实现设备层面的通用化;(3)提升网络智能感知和控制能力,为网络注智,实现网络智慧化运营。

### 2.2 关键问题

构建新型城域网是一项复杂的工程,从技术层面来看,涵盖网络架构设计、组网协议选择以及网络切片、网络监测等多种关键技术集成应用。其中,组网架构和协议用于简化网络,实现网络的通用化及可靠连接;网络切片技术面向用户提供业务切片,实现资源及连接的高效保障;网络监测技术则为网络注智,提升网络管理效率。

(1)基于通用设备的Spine-Leaf组网架构。

传统城域网多采用树型或口字型的扁平化架构,随着5G、云网融合业务规模部署,城域内网络流量本地化趋势更加明显,东西向流量占比进一步提升,Spine-Leaf架构开始受到关注。Spine-Leaf架构其实存在已久,该架构脱胎于无阻

塞交换网络架构,初衷是通过模块化设计,采用廉价、通用的交换机设备来搭建三层网络,实现网络架构规模、灵活、弹性扩展,满足数据中心内大规模东西向流量互通需求。

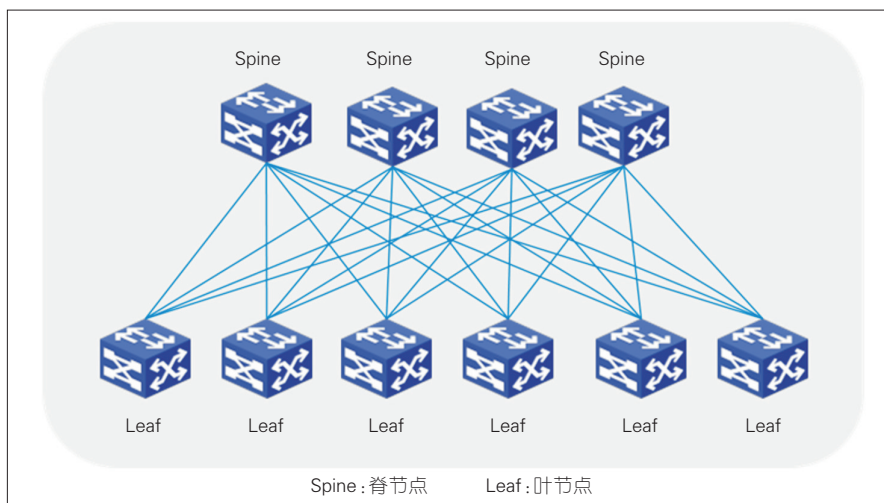
如图4所示,Leaf负责所有的接入,Spine只负责在Leaf间进行高速传输,网络中任意2个服务器都是Leaf-Spine-Leaf三跳可达的。Leaf和Spine间是Full Mesh的,即2个Leaf间可以通过任意1个Spine进行中继,Leaf通过等价多路径技术将不同的流量分散到不同的Spine上进行负载均衡<sup>[6]</sup>。Leaf和Spine均可以使用通用的交换机,基于不同角色突破单一节点设备能力限制,降低网络的构建成本,提高网络的可扩展性。该架构目前已在Facebook、阿里等大型互联网企业的数据中心成熟商用。

Spine-Leaf架构具备灵活伸缩能力,可根据不同场景差异化部署,后续需要视业务规模发展情况灵活扩展,实现城域内流量本地化及云化组网。未来基于Spine-Leaf架构组建新型城域网或将成为一种可行的技术方案。

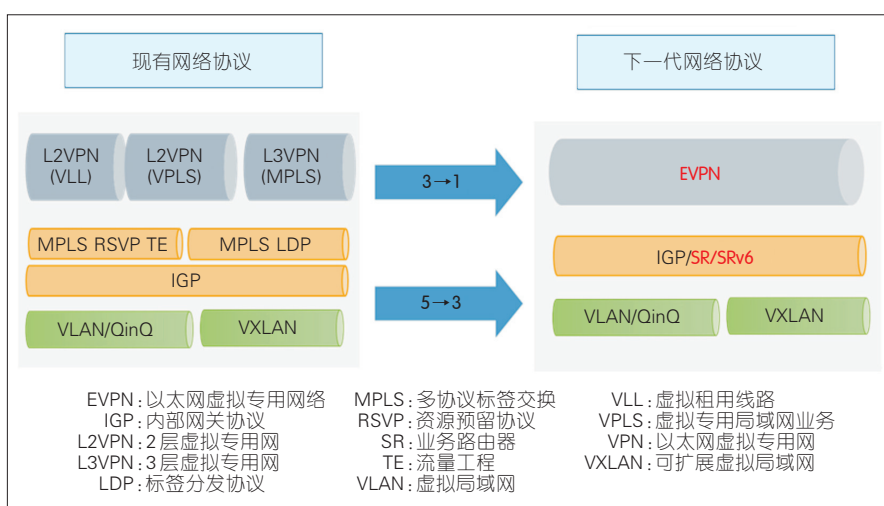
(2)标准化、简单化的下一代组网协议。

目前IP网络协议众多,配置复杂,自动化能力差,对网络运维人员能力要求极高。未来网络协议应满足简化设备配置,降低设备要求,提升运维效率等需求。协议简单化、标准化、自动化已经成为下一代网络协议发展的方向(如图5所示)。

下一代网络协议中,分段路由(SR)和以太网虚拟专用网络



▲图4 Spine-Leaf组网架构



▲图5 网络协议发展方向

(EVPN)是2个重要的协议,其中SR是基于源路由理念设计的在网络上转发数据包的一种协议,基于集中式控制面可实现按需路径规划与调度,提升底层网络资源随选能力,同时可兼容现有设备,保障现有网络平滑演进到软件定义网络(SDN)。SR具备可编程、易部署、维护/协议简化的特点,使得网络端到端的无缝互通变为可能。

而EVPN作为统一业务承载技术,基础标准已经完备,基于

EVPN+SR,可提供云网一体化环境下的L2/L3业务统一承载方案。

(3)采用网络切片满足业务差异化承载需求。

网络切片是指网络根据承载业务的自有特征和需求,对端到端的网络资源(网络功能、物理硬件及接口管道资源等)进行逻辑划分和封装,以满足不同业务对网络带宽、时延、可靠性等网络性能的服务质量(QoS)需求<sup>[7]</sup>。未来5G业务、家宽业务、2B业务等对网络能力要求有

明显差异,需要网络能够通过网络功能和协议定制,提供网络切片的能力,为不同业务/应用场景提供所匹配的网络功能,同时根据业务和用户的动态需求,进行资源的按需调整,提升网络的灵活性,实现业务动态隔离承载。网络切片模型如图6所示。

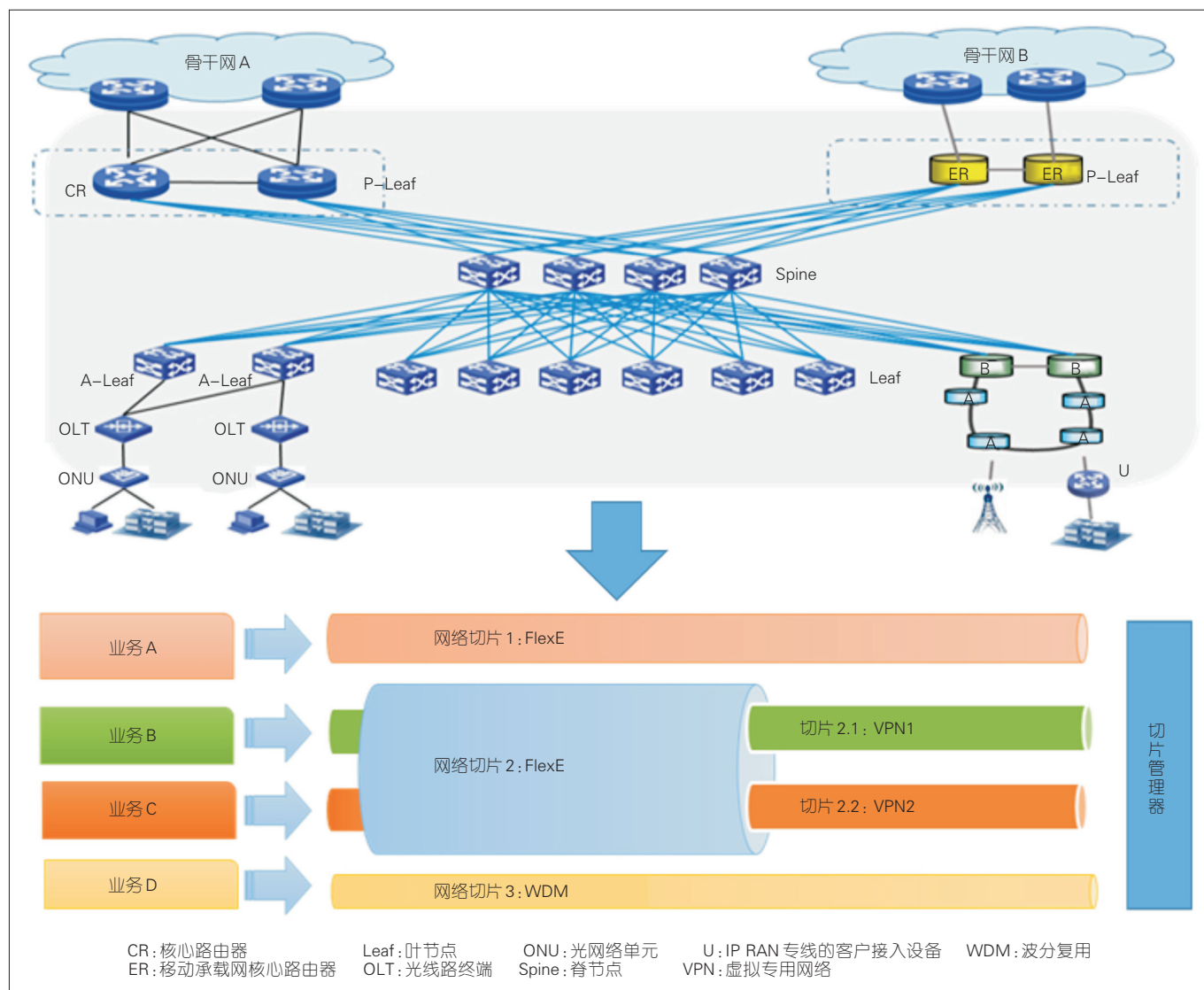
按照设备功能不同,网络切片具体可分为控制面切片和转发面切片2种:控制面切片是对节点及连接抽象,基于策略进行分组管理,形

成独立的逻辑切片。转发面的切片技术可分为软切片技术和硬切片技术:软切片是在二层(Layer 2)或以上,基于统计复用的切片技术,如基于IP/多协议标记交换协议(IP/MPLS)的隧道/伪线技术,基于虚拟专用网络(VPN)、虚拟局域网(VLAN)等的虚拟化技术;硬切片是在一层(Layer 1)或光层,基于物理刚性管道的切片技术,如FlexE技术、光传送网(OTN)技术、波分复用(WDM)技术等<sup>[8]</sup>。

未来城域网切片将结合控制面切片和转发面切片能力,重点关注切片生命周期管理、自动化切片管理、端到端统一编排等技术实现,以满足城域内各种业务的多样化承载需求。

(4)基于Telemetry的网络监测提升网络智慧化能力。

基于高效可行的网络监测采集技术,可以实现网络的可视化控制管理,充分掌握网络内的大数据,是实现未来网络智慧化运营的基础。



▲图6 网络切片模型

石。Telemetry 是一项远程的从物理设备或虚拟设备上高速采集数据的技术,设备通过推模式主动向采集器上输送设备数据信息,提供更实时、更高速的数据采集功能。Telemetry 模型架构如图 7 所示。

- 采样传感器:对指定采样路径的信息进行采集并上送;根据配置的采样路径和过滤条件对指定的数据进行采集和上送。

- 采集器:位于网管侧,接收传感器上送数据,配置完毕后,设备会与采集器建立一种由 Google 开发的通用远程过程调用框架(GRPC)连接,并且推送数据至采集器。

- 订阅关系:将采样传感器和采集器关联起来。如果需要取消订阅,则需要对设备进行重新配置。

- 分析器:位于网管侧,用于分析采集器接收和存储的网络设备上报的监测控制数据。

与传统的简单网络管理协议(SNMP)的 Trap 和 SYSLOG 采用的推模式相比,Telemetry 推送的数据范围更广,不但包括告警及事件,还可以采集类似接口流量等的监控数据,Telemetry 对网络监测控制效率的提升有着至关重要的作用。通过结合人工智能(AI)算力来实现网络的精细化检测和可视化管理,未来有望实现城域网络的智慧化运营。

### 3 城域网演进方案探讨

#### 3.1 新型城域网目标架构

如图 8 所示,新型城域网目标

架构将采用通用设备组网,基于 Spine-Leaf 架构实现固定和移动网络的融合统一承载,同时引入 FlexE、SR、EVPN 等技术,提供差异化服务能力,为不同客户群提供不同等级的切片网络。未来还可以基于 AI、Telemetry 等技术提升网络智能感知和控制能力,实现新型城域网的智慧化运营。

基于通用硬件实现网元的统一承载,一方面可以规避设备及芯片等产业链发展不确定性的风险;另一方面也降低了同时运营多张网络的难度,提高维护效率。

#### 3.2 新型城域网演进策略

新型城域网的构建不是颠覆性地推倒重来,而是需要从现网现状

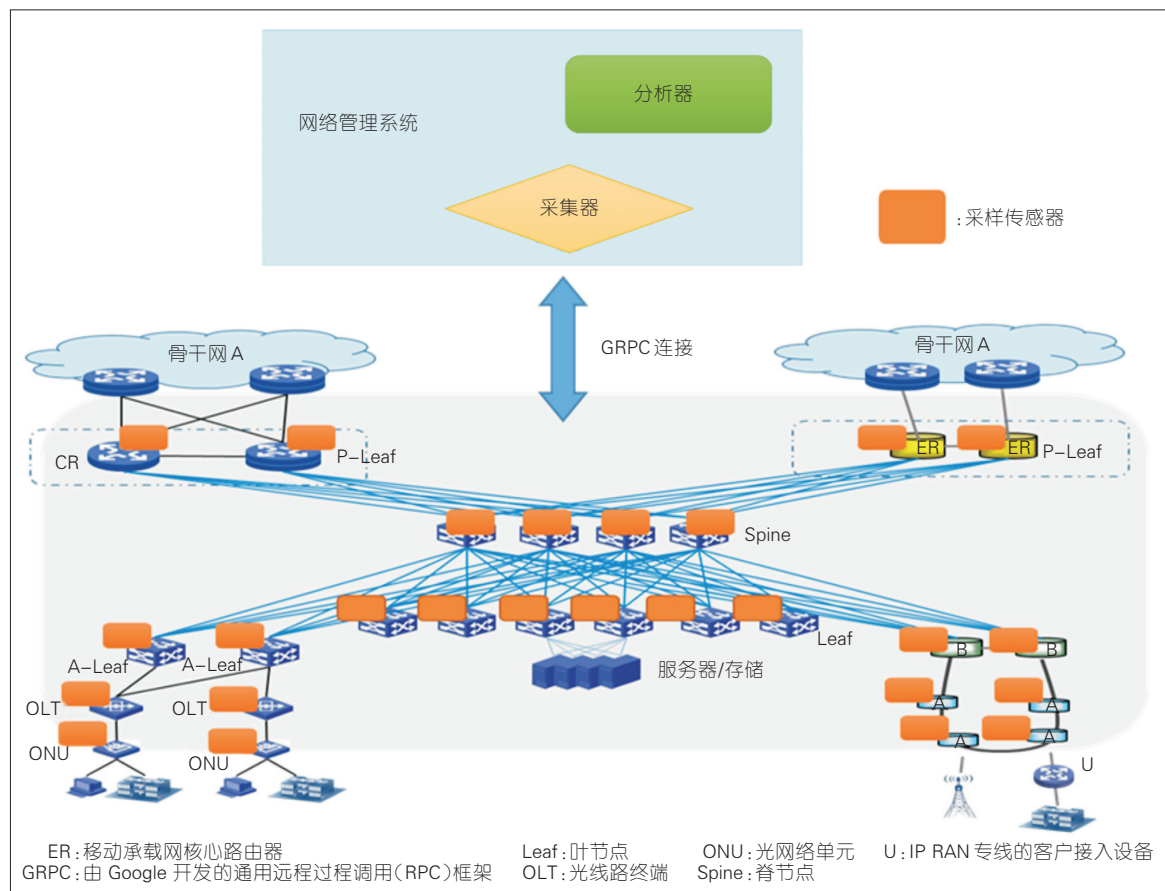
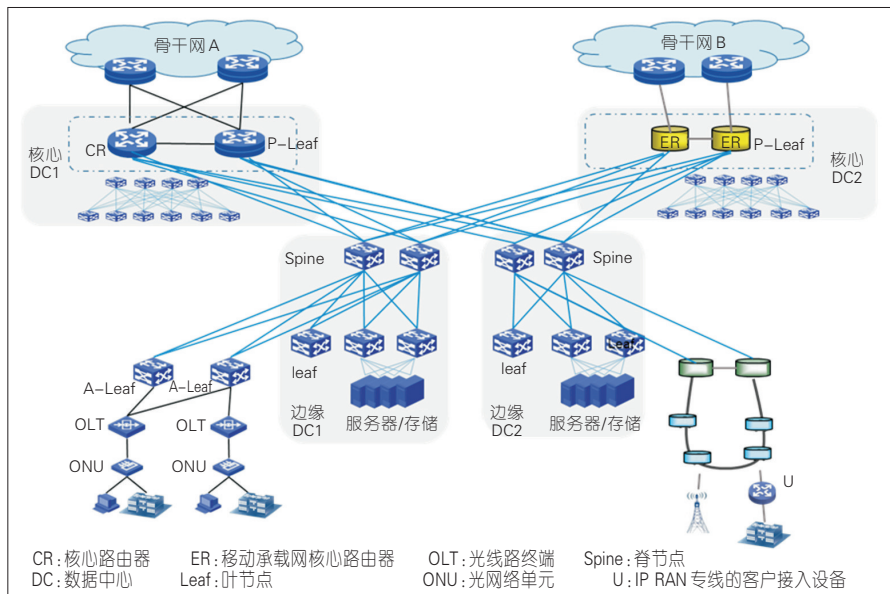


图 7 Telemetry 模型架构



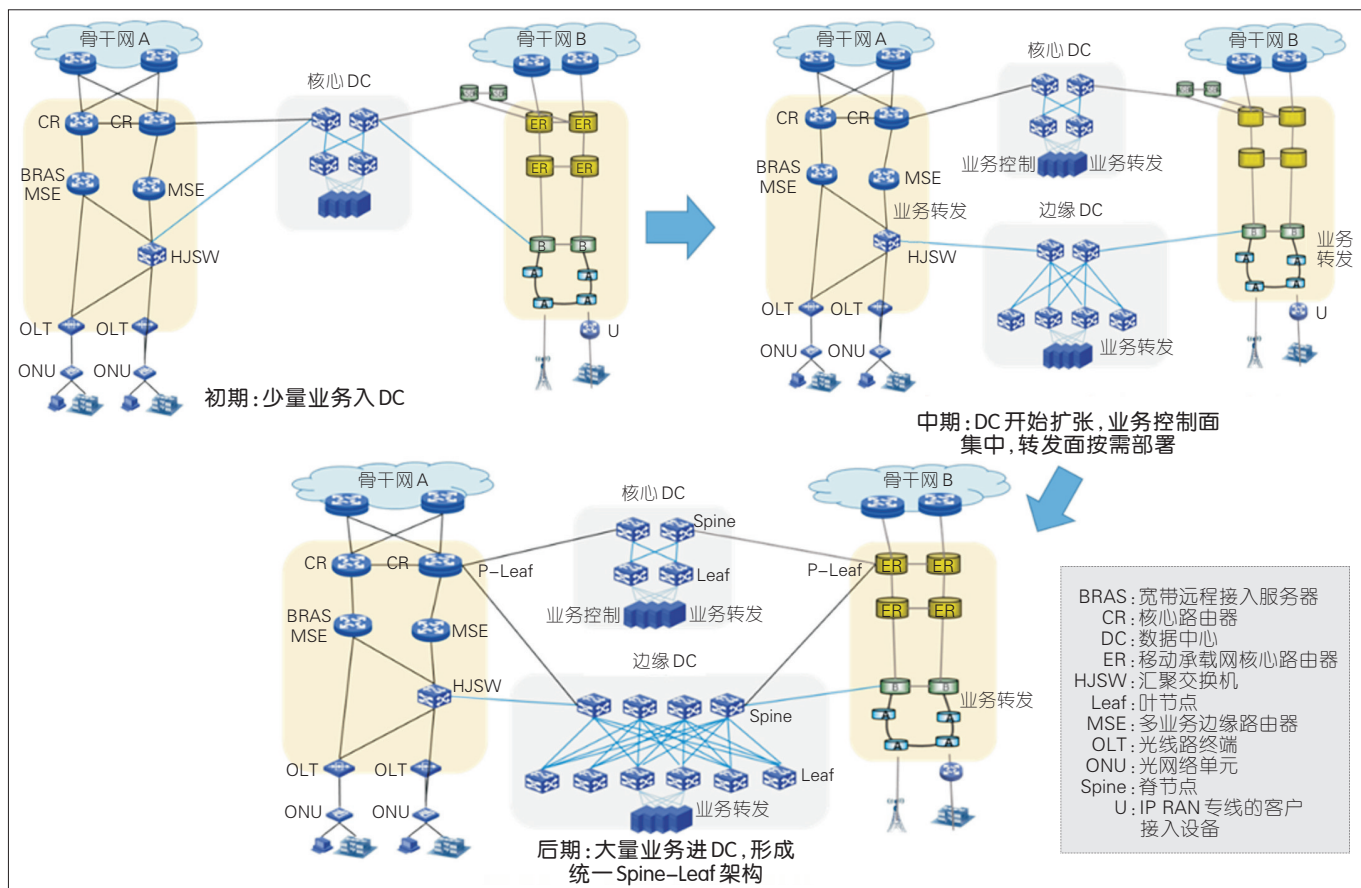
▲图8 新型城域网目标架构

出发,基于各项技术研发进展,结合网络建设节奏,循序渐进实现平滑

演进。新型城域网演进初期可借助5G部署及网络云化契机,如通过引

入虚拟化BRAS,分区域将部分小流量大并发的业务从BRAS设备上分离出来,疏导至城域核心DC中集中处理;中期将业务转发面按照业务承载需求分布到各级DC部署,业务控制面统一上收到核心DC进行集中部署,实现对业务转发面的统一控制。还可根据迁移到DC的业务量有计划地建设DC网络,构建城域内的电信云,逐步实现以DC为核心组网的IP Fabric,同时将DC网络外延至IP城域网与IP RAN,以减少城域范畴内的流量绕转,如图9所示。

演进后期根据业务发展规划将城域网范畴内云/数据中心网络、IP  
 ➔下转第27页



▲图9 新型城域网演进方案

基于网络人工智能的智能运维等方面还面临着巨大的挑战,需要产业各方共同努力,共同推动 SD-WAN 云连接逐步成熟和商用。

#### 参考文献

- [1] AWS team. 从 IaaS 到 FaaS—Serverless 架构的前世今生[EB/OL]. (2017-01-18)[2019-02-25]. <https://aws.amazon.com/cn/blogs/china/iaas-faaS-serverless/>
- [2] AT&T. AT&T Domain 2.0 Vision White Paper [R]. 2013
- [3] 陈天,樊勇兵,陈楠,等. 电信运营商云网协同业务及应用[J]. 电信科学, 34(2): 161-172. DOI: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018008
- [4] PRETE L. CORD-Wiki Home[EB/OL]. (2018-10-18)[2019-02-25]. <https://wiki.opencord.org/>
- [5] BBF. TR-384 Cloud Central Office Reference Architectural Framework [EB/OL]. [2019-02-25]. <http://wiki.broadband-forum.org/>
- [6] OPNFV. Virtual Central Office—Building a Virtual Central Office (VCO) with open source communities and components [EB/OL]. [2019-02-25]. <https://www.opnfv.org/resources/virtual-central-office>
- [7] KUMAR A, POUTIEVSKI L, SINGH A, et al. B4: Experience with a Globally-Deployed Software Defined WAN(CI)/SIGCOMM 2013. USA: ACM, 2013. DOI: 10.1145/2534169.2486019
- [8] 阿里云发布云骨干网企业一分钟内便可构建全球网络[EB/OL]. (2017-12-14)[2019-02-25]. [http://baijiahao.baidu.com/s?id=](http://baijiahao.baidu.com/s?id=1586722342247059708&wfr=spider&for=pc)

- 1586722342247059708&wfr=spider&for=pc
- [9] Making the Connection from the SD-WAN to the Cloud [EB/OL]. (2018-10-04)[2019-02-25]. <https://www.sdxcentral.com/articles/analysis/making-the-connection-from-the-sd-wan-to-the-cloud/2018/10/>
- [10] ANDREEVS, GALININA O, PYATTAEV A. Exploring Synergy between Communications, Caching, and Computing in 5G—Grade Deployments [J]. IEEE Wireless Communications, 2016, 54(8):60-69. DOI: 10.1109/MCOM.2016.7537178
- [11] Akraino Edge Stack[EB/OL]. [2019-02-25]. <https://wiki.akraino.org/>
- [12] Cisco Extends Intent-Based Networking from the LAN to the WAN [EB/OL]. [2019-02-25]. <https://www.sdxcentral.com/>
- [13] How Does Micro-Segmentation Help Security? Explanation [EB/OL]. [2019-02-25]. <https://www.sdxcentral.com/networking/virtualization/definitions/how-does-micro-segmentation-help-security-explanation/>
- [14] Riverbed's Visibility-as-a-Service Now Available Globally Through BT, Enabling Customers to Manage the Digital Experience [EB/OL]. (2018-12-06)[2019-02-25]. <https://www.riverbed.com/blogs/riverbed-visibility-as-a-service-available-globally-through-bt.html>
- [15] AppEx LotWAN 广域网加速系统[EB/OL]. [2019-02-25]. <http://www.appexnetworks.com.cn/>
- [16] Nyansa CTO Says AI and Big Data Analytics Will Tackle New Network Challenges [EB/OL]. (2018-11-26)[2019-02-25]. <https://www.sdxcentral.com/sponsored/interviews/>

- nyansa-cto-says-ai-and-big-data-analytics-will-tackle-new-network-challenges/2018/11/
- [17] TOSCA Simple Profile in YAML Version 1.0 [EB/OL]. [2019-02-25]. <http://docs.oasis-open.org>
- [18] A YANG Data Model for SD-WAN VPN Service Delivery [EB/OL]. [2019-02-25]. [https://datatracker.ietf.org/doc/draft-sun-opsawg-sdwan-service-model/?include\\_text=1](https://datatracker.ietf.org/doc/draft-sun-opsawg-sdwan-service-model/?include_text=1)

#### 作者简介



周文辉, 中国移动通信研究院主任研究员; 主要研究领域为宽带无线接入、IP 承载网、云计算、SDN 等; 主导或参与中国移动 WLAN、云计算、中国移动下一代网络 Novonet 规划、5G 等重大项目, 参加多项国家项目; 已发表论文 10 余篇, 专利授权 20 余项。



刘永伟, 中国移动通信研究院网络与 IT 技术研究所研究员; 主要研究领域为 IP 承载网领域; 承担过多个承载网研究项目以及研发工作。

#### ← 上接第 8 页

城域网和 IP RAN/PTN 网络融合在一起, 逐步形成统一的 Spine-Leaf 架构, 向大通道、广覆盖的统一高速转发平面方向演进。

## 4 结束语

运营商在以数据中心为核心重构未来网络的趋势下, 需要对云网两端进行全面战略布局, 加速云网一体化的转型, 构建面向大连接、大网络、大融合的新型城域网。需要指出的是新型城域网的建设和运营是一个循序渐进的过程, 在构建及设计的过程中需要通过实践不断地对其进行总结经验和完善。当前城域网演进还处在初级阶段, 需要对各项关键技术及方案进行探索和试

点验证, 推进技术成熟与方案落地应用。

#### 参考文献

- [1] 云网融合, 时不我待 运营商打赢 B2B 突围战的最好机会[EB/OL]. (2018-03-02)[2019-01-18]. <http://www.cww.net.cn/article?id=428075&from=groupmessage&isappinstalled=0>
- [2] 何晶颖. 云网融合的演进路径探讨[J]. 电信快报, 2018, (4):12-16
- [3] Ovum. Network Traffic Forecast[R]. 2018
- [4] 李俊杰, 唐建军. 5G 承载的挑战与技术方案的探讨[J]. 中兴通讯技术, 2018, 24(1): 49-52. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2018.01.010
- [5] 刘桂清. 构建智能云网, 建设网络强国[EB/OL]. (2018-05-11)[2019-01-18]. <https://www.sdnlab.com/20792.html>
- [6] 张晨. 云数据中心网络与 SDN: 技术架构与实现 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2018
- [7] 乔楚. 5G 网络端到端切片技术研究[J]. 通信技术, 2018, 51(9): 23-38
- [8] 王强, 陈捷, 廖国庆, 等. 面向 5G 承载的网络切片架构与关键技术[J]. 中兴通讯技术, 2018, 24(1): 58-61. DOI:10.3969/j.issn.1009-6868.2018.01.012

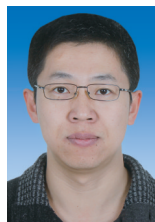
#### 作者简介



陈运清, 中国电信股份有限公司北京研究院院长, 教授级高级工程师, 同时担任 CCSA “网络 5.0 技术标准推进委员会” 副主席等职务; 目前主要研究方向为未来网络架构、新型 IP 网络技术等。



雷波, 中国电信股份有限公司北京研究院 IP 与未来网络研究中心高级工程师, 同时担任 CCSA “网络 5.0 技术标准推进委员会” 管理与运营组组长等职务; 目前主要研究方向为未来网络架构、新型 IP 网络技术等。



解云鹏, 中国电信股份有限公司北京研究院 IP 与未来网络研究中心高级工程师, 同时担任 CCSA “网络 5.0 技术标准推进委员会” 架构组组长等职务; 主要研究方向为未来网络架构、新型 IP 网络技术等。