

# 运营商广域网络简化演进方案分析

## Analysis of Simplified Evolution Scheme of Operator WAN

张桂玉, 钟志刚, 许 鹏, 耿子元(中讯邮电咨询设计院有限公司, 北京 100048)

Zhang Guiyu, Zhong Zhigang, Xu Peng, Geng Ziyuan (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China)

### 摘 要:

阐述了当前网络流向、技术、协议的演进趋势及对网络简化的需求,分析了运营商广域网络在设备形态、网络架构及设备腾退方面的新要求,提出了基于网络设备简化、网络管控集约化、网络结构扁平化及综合承载的相关方案,并提出了以业务和技术发展为导向全面推进老旧设备腾退的思路。

### 关键词:

简化; SDN; 网络虚拟化; 综合承载; 演进

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2023.06.012

文章编号: 1007-3043(2023)06-0062-05

中图分类号: TN919

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

It describes the evolution trend of current network traffic, technology and protocol and the demand for network simplification, analyzes the new requirements of operators' WAN in terms of equipment form, network architecture and equipment retirement, puts forward relevant schemes based on network equipment simplification, network management and control intensification, network structure flattening and comprehensive bearing, and puts forward the idea of comprehensively promoting the retirement of old equipment guided by business and technology development, which provides a reference for the network evolution of operators.

### Keywords:

Simplified; SDN; Network virtualization; Comprehensive bearing; Evolution

**引用格式:** 张桂玉, 钟志刚, 许鹏, 等. 运营商广域网络简化演进方案分析[J]. 邮电设计技术, 2023(6): 62-66.

## 0 前言

随着云计算、5G、大数据、SDN/NFV等技术迅猛发展,网络能力开放、网络可编程、各种新的简化协议的不产生以及业务流量向云端转移,运营商的通信网络无论从设备形态、供应模式、网络架构、业务形态还是技术演进方面都发生着巨大的变化。一方面随着网络云化,业务需由云化网络统一承载,传统独立承载的模式增加了业务端到端网络控制的复杂性和联调对接成本,资源也得不到充分利用;另一方面随着

技术和业务的不断推陈出新,现网有几种技术并存的情况,运营商的运维面临巨大压力。如何进行网络简化和演进以应对这些问题和变化,已成为运营商面临的重要课题。本文将在分析当前时代业务流量、技术演进及协议简化对网络影响的基础上提出对网络如何简化及演进提出思考和建议。

## 1 网络简化趋势及思路

### 1.1 网络趋势分析

a) 云计算带来业务流量变化。当前大多数企业应用流量都走向云端,向混合云(公有云和私有云)和多云的迁移呈快速增长趋势。由于云计算具备弹性、

收稿日期: 2023-05-25

灵活、可扩展以及自服务等特征,网络也需要进一步简化,从而更好地为用户服务,特别是企业到云端网络以及不同云服务提供商之间网络都需要进一步简化。

b) 技术演进带来设备形态及网络架构变化。传统封闭刚性的网络以硬件为主体的架构逐渐向虚拟化方向发展,同时云原生技术生态逐渐完善,使网络能力向着云原生化升级,网络设备功能虚拟化,设备解耦、白盒化。云网协同对网络的自动化、能力开放等提出了更高的要求,而具备模块化、可编程、高弹性、可预测的智能SDN控制技术的集约化设置不仅可提供快速支撑业务需求,同时转控分离也使得网络标准化和简化,网络具备弹性灵活的扩展特征。

c) 协议变化带来网络方案变化。随着IP网络的蓬勃发展,大量的网络协议也使得网络越来越复杂和难以维护,而网络专家们越来越意识到网络协议简化的重要性。SRv6、SR、EVPN等新的网络协议的产生并迅速发展,也表明了协议简化将成为网络发展的重要趋势,特别是随着IPv6+生态的逐渐成熟,IPv6将成为下一代互联网的关键技术。

## 1.2 网络简化总体思路

在上述背景下,网络需要从以下几个方面进行简化。

a) 网络设备形态可进一步简化,网络功能虚拟化、网络交换机白盒化成为可能,网络管控进一步集约化、一点能力开放,转控分离成为业界趋势。

b) 网络架构进一步简化,随着带宽流量的海量增加及网络云化,业务需由云化网络统一承载、扁平化的骨干网络架构加上 leaf spine 的城域网架构及全业务综合承载将成为运营商网络的演进方向。

c) 用户业务的不断演进及运营商运营成本压力的不断增加,需以业务和技术发展为导向全面推进网络简化老旧设备退网工作。

## 2 网络简化演进方案

### 2.1 网络设备简化

#### 2.1.1 网络功能虚拟化

利用虚拟化技术将网络功能以软件形式布置在标准化的服务器上,实现软硬件分离,以提升传统网络的开放性、兼容性和灵活性,满足业务变化带来的不确定性。

##### 2.1.1.1 基于标准化 X86 服务器的虚拟化网络设备

网络设备虚拟化最初的思想是基于标准化 X86 服务器的虚拟化网络设备部署。由 CPU 进行网络协议栈中传输层、路由层逻辑实现,以及数据包的封装和解封,由普通网卡负责更底层的数据链路层帧的封装和解封、物理层电气信号处理等。其主要特点包括:

a) 使用 NFV 技术,将传统网络功能(如 IDS、IPS、firewall、NAT、Router、switch、5GC、IMS 等)以虚拟化功能部署在标准化服务器上。

b) 偏重于通过底层技术优化实现网络功能的高速转发,如最初基于 linux kernel 的百兆级转发,到 bridge 和 OVS 的千兆级转发,再到当前最为主流的 VPP+DPDK 万兆级转发,均是依靠 CPU 和网卡能力进行的。

c) 该种方式的应用较为成熟。如 5G 核心网(5GC)的 AMF、SMF、PCF、UDM 等网元虚拟化部署于云端服务器;如 vBRAS、vRouter、vFW、APT、上网行为、IPS 等服务均可以虚拟化方式部署。

d) 该方式研发门槛较低。具有网络基础能力及底层应用能力厂商,均可自行开发应用。

e) 缺点。网络转发效率低,无法满足大流量数据需求。

##### 2.1.1.2 基于智能网卡的虚拟化网络设备

随着摩尔定律和登纳德定律的放缓,CPU 算力无法为网络流量提供更高的能效,添加更多的 CPU 只会增加更多的能耗和成本,进而促生了智能网卡,实现 CPU 对流量处理负担的卸载,这也是网络资源虚拟化一个非常重要的演进方向。

##### 2.1.2 网络设备白盒化

随着开源技术的发展,由设备厂商来为运营商提供全套的软硬件设备的方式正在发生变化。虽然传统的供应方式运营商可以更专注于服务客户,技术方面则交给厂家。但因为设备商需要同时对软、硬件进行研发和整合,这种软硬一体设备的价格必然会比开放式设备更高。所谓的白盒化,就是运营商希望打造开放的网络设备,自身作为整合者,把传统网络软硬件解耦,使用虚拟化、通用的硬件、开源软件以及开放接口等方式摆脱传统设备商专用的硬件绑定,实现设备模块化,从而节省成本。

事实上,运营商受设备商掣肘已久,而网络的“白盒化”能够借助软硬件解耦,让白盒产品不仅具备高性能,同时让用户可以在白盒设备上自主灌装软件和操作系统,快速满足客户个性化需求,让运营商获得

更加开放灵活、更具成本效益的替代方案,告别传统专有集成的网络设备方案,摆脱对单一设备厂商的依赖,并掌握相对的自主控制权。

与黑盒方案的封闭相比,白盒将网络能力进一步开放,但在应对网络安全和信息安全问题方面的能力亟待提升,同时性能也有待实战验证。且运营商的网络规模无比庞大,牵一发而动全身,因此规模引入白盒化方案,特别是在网络核心和骨干节点引入并非易事,一般认为交换机的白盒化是更有可能成功的。

网络设备白盒化是网络设备虚拟化的一种典型形态,可支持设备开放化和网络可编程的开放架构;白盒交换机的裸机硬件主要包括CPU、ASIC(主要指可编程ASIC)、存储和相关接口模块;从最初的2008年提出的以OpenFlow协议实现对交换机的控制,到最近的P4、P5交换机,进一步证明了白盒交换机在网络中的应用。虽然当前还存在可编程ASIC芯片昂贵,并且芯片接口规范各异等问题,但白盒化交换机已经成为设备简化非常重要的演进方向。

## 2.2 网络管控集约化

运营商网络设置一般包括用于本地接入及本地业务承载的城域网,用于疏导跨地(市)跨省流量的骨干网络,从传输上来说也是分为骨干网—干网络和本地二干网络,不同的网络归属不同的运维主体,尽管运营商都建立了相对高效的协同机制,但在需要进行网络跨域配置时仍然需要进行工单流转或者其他的沟通方式才能实现业务的开通,耗时耗力,影响客户体验。

SDN可以非常简单地解决这个问题,SDN网络架构的核心是在网络中引入一个SDN控制器,实现转发控制分离和集中控制。SDN控制器就如同网络的大脑,可以对所有转发设备进行控制;转发设备如同手脚,受控制器管控。SDN控制器可以把上层业务的需求转换为抽象化的业务模型(基于YANG模型),并通过南向接口将业务需求转化为设备配置下发到多厂家的物理或虚拟化网元。如果要实现快速的业务编排,控制器起关键作用。

SDN集约化设置可以通过网络能力的一点开放,实现新业务快速创新自动化部署,客户按需获取服务,提升客户体验;通过全局端到端的协同智能调度,实现跨域业务的一点开通、一点变更、一点处理,效率得到极大提高,极大简化了网络运维步骤及时间。SDN驱动网络自动化,拉通资源开放能力,支撑网络

转型,真正实现更快捷、更可靠、更省力。通过在广域网引入控制器配合骨干网控制器和跨域的业务编排器就可以实现城域网内部、城域网之间、城域网+骨干网端到端协同、跨专业协同等的业务统一编排。网络控制器通过北向接口为政企、移动、云网等各类业务提供能力开放和自动化编排。

根据控制器设置的不同,网络管控集约化架构可分为单域、多域及跨域几种形式,具体如图1、图2、图3所示。

## 2.3 网络结构扁平化及综合承载

### 2.3.1 骨干网络扁平化

目前大型广域网主要采用层次化网络结构(如核心汇接)或扁平化直连结构。层次化网络结构的特点是网络分层设计,网络有若干节点作为核心层,核心间采用网状直连,连接在不同核心下的节点通过核心节点进行疏导。

采用分层次的核心汇接结构,可以复用带宽,但

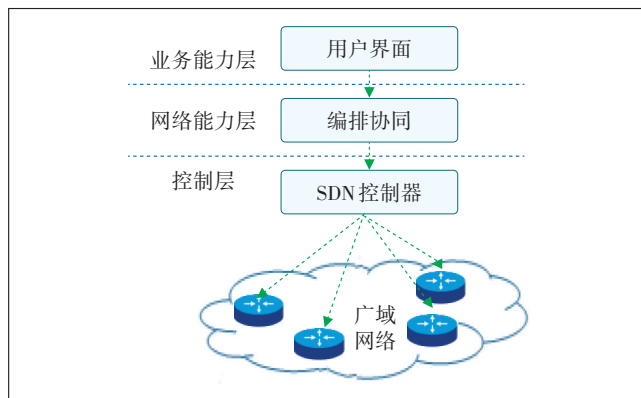


图1 网络管控集约化架构示意图(单域)

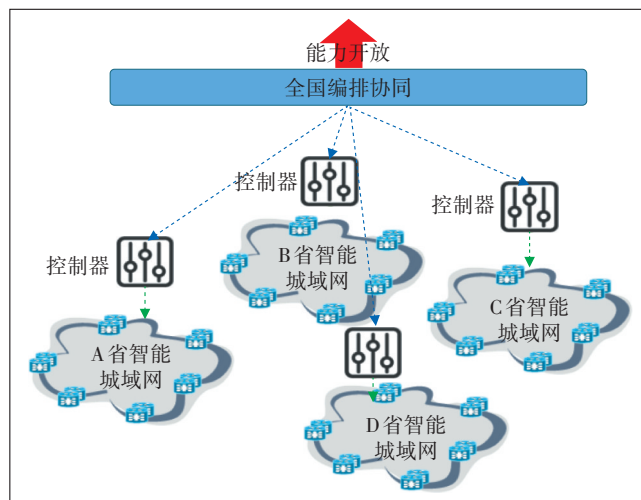


图2 网络管控集约化架构示意图(多域)

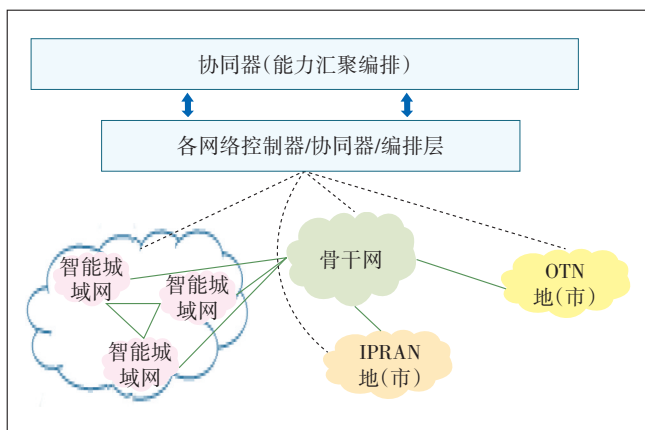


图3 网络管控集约化架构示意图(跨域)

转发的同时造成了流量的迂回,转发的流量越大,迂回造成的浪费越大。从理论上讲,当转发的点到点流量都超过传输电路能提供的最大颗粒度时,迂回所造成的浪费必然大于复用所带来的节约。所以对于流量大的节点间连接采用直连方式效率更高,既可节省端口资源,又可减轻核心节点的转发压力。随着节点间网络流量的增加,流量大的节点之间宜采用扁平化的网络直连结构。

扁平化网络结构具有网络时延小、流量流向疏导清晰的优点,同时网络的健壮性好,承载能力强,而且当网络的带宽需求较大时,直接互联比经过核心转发节省端口。骨干网络组网架构优化如图4所示。

### 2.3.2 城域网统一架构综合承载

运营商城域网需要承载的业务主要包括固定宽带类业务服务、互联网专线业务服务、IPTV业务服务、大客户专线业务服务、VoIP电话业务服务、防火墙业务服务、人工智能类业务服务和各种云服务等,多个网络承载带来成本及复杂性的增加,随着网络云化及新技术协议的发展,综合承载成为网络简化的关键,综合承载具有成本低、业务开通速度快和便于实现云

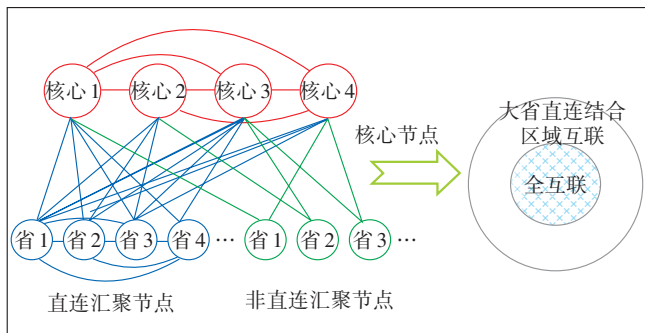


图4 骨干网络组网架构优化

网融合等优点,具体包括:

a) 降低建网及运维成本。融合网络减少了不同割裂网络间的背靠背设备和链路,增加东西流量减少南北流量,减少大量域间及互联电路网络端口的需求数量,减少投资;同时减少了大量网络设备的运营,大幅减少运营成本。

b) 提升网络运营能力。融合网络使用统一的数据信令和协议,开通业务不需要进行多协议拼接和信令转换,使跨域和端到端调度不再成为开通业务的难题。

c) 提升网络开放能力便于云网融合。融合网络将网络打造成统一平台,统一信令、统一拓扑的模式,为部署统一的SDN控制器和编排器提供了网络基础。

因此城域网网络的架构演进一方面需要通过引入城域 Fabric 构建成一个三级 Spine-Leaf 架构的综合业务承载网络,将移动、家宽和政企就近接入,并通过部署简单的 EVPN SR/SRv6 的网络协议进行网络隔离,另一方面需建设网络原子能力资源池,将 BRAS、Router、CDN、Firewalls 等传统网络设备进行网络能力虚拟化,并形成简易的、原子化的网络能力,通过对简化的原子能力进行统一编排,实现基础业务的简化,为智能城域网提供精简的网络业务需求网元,实现全业务综合承载。城域网网络组网架构示意如图5所示。

### 2.4 老旧设备退网

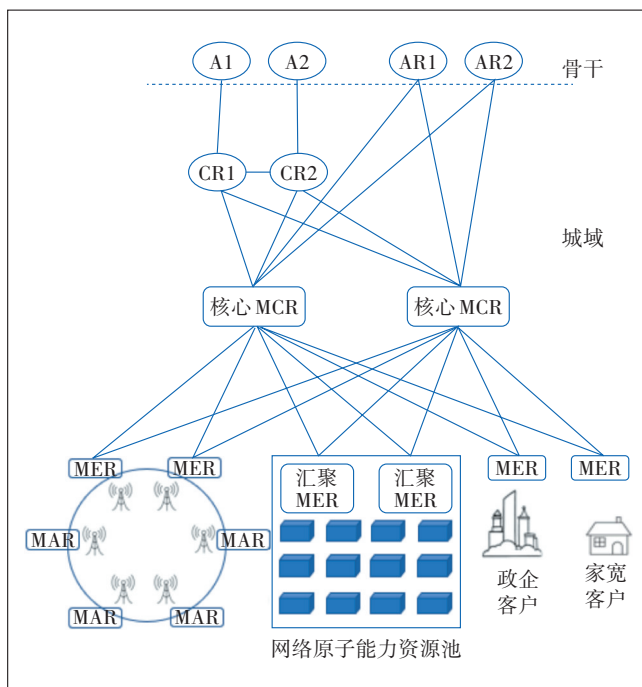


图5 城域网网络组网架构示意

从业务的角度来看,无线业务已全面进入5G时代,6G技术也已经呼之欲出,还在使用2G/3G业务的用户非常少;传统交换的固定语音网发展也缓慢不前,固定语音业务不断下滑;在宽带业务上,随着云化VR和低时延游戏应用的不断发展,越来越多的家庭用户需要10G以上的超大带宽接入。

从技术角度来看,在无线技术方面,2G/3G的网络速率、容量、频率效率都存在不足,并且早年2G/3G还使用了大量黄金低频段频谱资源,如今这些频谱资源利用率低下,不清除则会形成资源的浪费;在传输技术方面,虽然400G、800G等大容量波分设备已开始逐步试商用,但现网依然存在MSTP、SDH等老旧传输设备、老旧光缆设备及2.5G、10G等老旧波分设备;在数据技术方面,还存在不支持IPv6、10G PON等不符合业务发展的网络设备。

同时多代系网络共存的情况,不仅影响新业务的开展也给运营商带来非常大的运营成本压力,因此网络简化一定要全面进行老旧设备的腾退。

老旧设备腾退应以业务和技术发展为导向全面推进。

a) 2G/3G业务退网。以2G/3G业务退网为基础,推进2G/3G基站精简退网,进行RNC/BSC的精简合并,进行承载2G/3G移动语音业务的核心网CS设备整合退网,并结合CS端局退网进程启动CMN退网,推进2G/3G承载网络IPRAN接入环逐步割接至智能城域网或割接下线,同时需推进相应本地MSTP接入设备退网。

b) 固定语音业务退网。以固定语音业务退网为基础,推进固定软交换长途网退网及固网NGN退网,业务割接至固网IMS。

c) 非FTTH用户优先退网。对于入网时间长、能耗高且无承载用户的板卡应优先实施退网;同时应强化网业联动,同步完成退网老旧OLT设备承载非FTTH用户的改造。

d) 其他设备退网。对于不适应未来超大带宽系统的光纤光缆,低平台的数据网络设备,本地PeOTN覆盖区域的MSTP设备均可考虑退网,同时根据各专业情况考虑推进建设年限长、设备停产、故障率高、维保费用高的其他设备进行退网处理。

需要特别说明的是,老旧设备腾退进度主要受限于终端迁转和业务迁移影响较大,运营商应从新技术资费、用户体验等方面进行用户引导,从而保证网络

简化的顺利推进。

### 3 总结

运营商拥有最重要的网络基础设施,而网络简化绝不仅仅是简单的网络设备做减法,不仅需考虑避免几代技术共存带来的运营维护成本过高的问题,还需考虑如何结合运营商禀赋进行技术创新,更重要的是如何通过网络简化在节约成本、保持网络可持续发展的同时,更好地为客户提供服务,因此涉及技术演进、业务演进、节能降耗、效益最优、运维运营等各个方面,涉及运营商业务承载的全专业网络和几乎所有的生产部门,需要系统的分析和规划。

#### 参考文献:

- [1] 许鹏,张桂玉,马季春,等.云化时代运营商数据中心业务及网络演进研究[J].邮电设计技术,2021(6):52-58.
- [2] 唐雄燕,周光涛,赫罡,等.新一代网络体系架构CUBE-Net2.0研究[J].邮电设计技术,2016(11):1-5.
- [3] 马季春,孟丽珠.面向云网协同的新型城域网[J].中兴通讯技术,2019,25(2):37-40.
- [4] 薛强,屠礼彪.面向5G的新型城域承载网的建设思路探讨与实践[J].邮电设计技术,2020(1):25-31.
- [5] 屠礼彪,李彤,郭爱鹏.数据网络重构与云化演进的探索和实践[J].邮电设计技术,2019(1):37-41.
- [6] 李彤,马季春.云化背景下运营商数据网演进思路探讨[J].邮电设计技术,2017(10):1-4.
- [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.
- [8] 陈鼎,张涛,刘可,等.网络重构城域网数据中心化解决方案[J].电信科学,2018,34(7):23-34.
- [9] 房棣敦,吕辉.SDN/NFV技术对电信网络架构意义及有关技术探讨[J].网络安全技术与应用,2020(10):13-15.
- [10] 孙泓光.基于NFV和SDN的无线网络虚拟化关键技术[J].中国新通信,2020,22(14):71.
- [11] 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.
- [12] 陈碧红.基于SDN虚拟网络的路由技术[D].成都:电子科技大学,2017.
- [13] 殷波,张云勇,王志军,等.基于SDN的数据中心网络技术研究[J].信息通信技术,2015,9(1):29-33.

#### 作者简介:

张桂玉,毕业于吉林大学,高级工程师,主要从事智能云网规划、咨询、设计、技术方案和创新研发工作;钟志刚,中讯邮电咨询设计院有限公司总工程师,教授级高级工程师,主要从事微波通信、卫星通信和移动通信等规划、设计和研究等工作;许鹏,高级工程师,硕士,主要从事智能云网规划、咨询、设计、技术方案和创新研发工作;耿子元,助理工程师,硕士,主要从事智能云网技术方案和创新研发工作。