



SDN 和 NFV 的思考与实践

李 晨,段晓东,陈 炜,程伟强

(中国移动通信有限公司研究院 北京 100053)

摘 要: 通信网络已经进入快速变革时期。灵活性、扩展性和简单性将成为未来网络的基本特性,用户按需自助开通质量可保证的虚拟网络将成为未来网络的关键业务。SDN(软件定义网络)和 NFV(网络功能虚拟化)成为实现以上需求的关键解决方案。针对业界 SDN 和 NFV 的发展现状,提出了典型的 SDN 和 NFV 应用场景,并介绍了中国移动在相关领域的思考与实践。

关键词: SDN;NFV;应用场景

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.08.004

Thoughts and Practices About SDN and NFV

Li Chen, Duan Xiaodong, Chen Wei, Cheng Weiqiang

(China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China)

Abstract: The entire industry is in the period of dramatic change. Flexibility, scalability, simplicity are the basic features of future network. Customer-defined virtualized network with quality guaranty, is the key service in future network. To fulfill that, SDN and NFV seem like to be the most appreciate solution. Several SDN and NFV scenarios according to the development of relative technologies were proposed. Besides, China Mobile's thoughts and practices were introduced.

Key words: software defined networking, network function virtualization, application scenario

1 对 SDN 和 NFV 的理解

通信网络已经进入快速变革时期。灵活性、扩展性和简单性将成为未来网络的基本特性,用户按需自助开通质量可保证的虚拟网络将成为未来网络的关键业务。在此背景下,SDN(software defined networking,软件定义网络)和 NFV(network function virtualization,网络功能虚拟化)技术的出现使其迅速成为产业关注的热点。如何将软件化、集中化、虚拟化的思想和技术引入现有网络,实现网络改造,成为业界共同思考的问题。

SDN 是一种软件集中控制、网络开放的三层体系架构,如图 1 所示。应用层实现对网络业务的呈现和网络模型的抽象;控制层实现网络操作系统功能,集中管理网络

资源;转发层实现分组交换功能。应用层与控制层之间的北向接口是网络开放的核心,控制层的产生实现了控制面与转发面的分离,是集中控制的基础。

SDN 带来的最大价值是提高了全网资源使用效率,提升了网络虚拟化能力并加速了网络创新。集中部署的控制层可完成拓扑管理、资源统计、路由计算、配置下发等功能,获得全网资源使用情况,隔离不同用户间的虚拟网络。应用层通过开放的北向接口获取网络信息,采用软件算法优化、网络资源调度,提高全网的使用率和网络质量,同时将虚拟网络配置的能力开放给用户,满足用户按需调整网络的需求,实现网络服务虚拟化。分层的架构加速了各层分别进行创新。

NFV 采用虚拟化技术,将传统的电信设备与硬件解

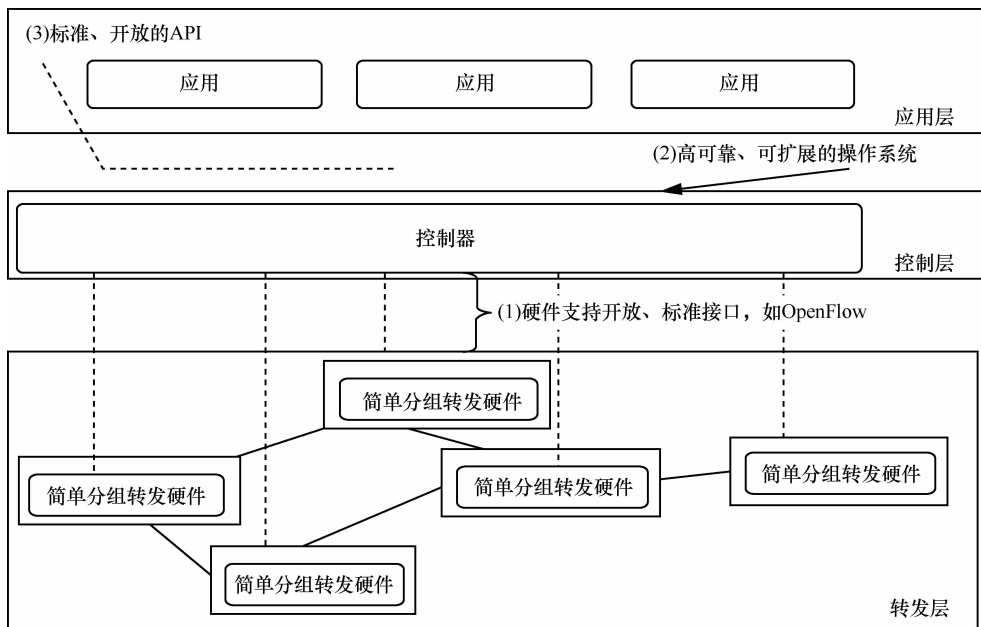


图1 SDN 体系架构

耦,基于通用的计算、存储、网络设备实现电信网络功能。NFV 架构如图2所示。

NFV 有助于提升建设、管理和维护的效率。NFV 方式下,新业务的上线、更新从传统的硬件建设过程缩短为软件加载过程,建设周期大大缩短。结合云计算资源池的规模优势,可以实现多种业务共享和集中管理,大幅提升管理和维护效率。

SDN 和 NFV 是网络连接与网络节点的关系,二者共同构成了网络。SDN 是一种网络连接技术,与传统的连接技术不同(尤其是对比 IP 网络),它采用集中控制、能力开放的网络架构,高效地调度整网资源,提升网络服务虚拟化能力;NFV 是一种网络功能节点虚拟化技术,将传统的网络设备与硬件解耦,基于通用的服务器和虚拟化技术实

现其网络功能,提升管理和维护效率,增强系统灵活性。

SDN 和 NFV 并不必须相互依存。采用 SDN 提供网络连接时,网络功能可以基于传统的硬件实现。类似地,采用 NFV 提供网络功能时,网络连接可以采用传统的策略路由或者标签转发等非 SDN 转发技术。但两者相互结合、相互补充,将会发挥更大的效应:一方面,通过 SDN 技术可以将网络节点的功能进一步拆分,使转发功能和业务功能分离,业务功能用 NFV 实现,如数据中心内的负载均衡器设备,可以将转发功能卸载到网卡或者 OpenFlow 交换机上,而较高级的负载均衡策略由虚拟机实现;另一方面,NFV 可基于 x86 通用硬件为 SDN 的控制和转发网元提供虚拟机资源,如采用 VM 形式的控制器、虚拟路由器。但转发层面运行在虚拟化的 x86 通用硬件上是否可以满足性能要

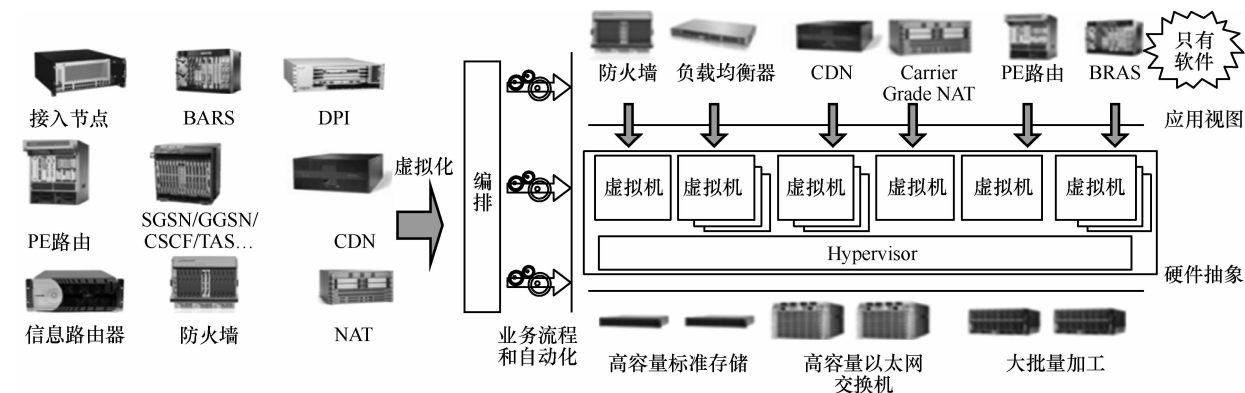


图2 NFV 架构

求,还需要进一步研究和验证。

2 当前网络发展遇到的问题

国家宽带政策的大力推进和 LTE 高速无线接入技术的商用部署,使得互联网络流量出现急速增长,同时大量新业务的出现也对网络服务质量提出了更高的要求。当前通信网络面临的问题和挑战主要表现在以下 3 个方面。

(1) 网络服务虚拟化能力缺失

云计算技术使存储和计算资源都逐步实现了虚拟化,能够灵活地为用户提供业务,动态地进行规模扩展。网络作为承载整个数据通信业务的基础资源,一直未能真正地实现虚拟化,从而网络的相关能力很难对外开放并灵活地根据业务需求进行适配和扩展。同时,网络资源也很难真正作为一种服务提供给用户,往往以带宽、安全策略、SLA 等形式来间接满足用户的网络相关需求。

(2) 网络利用率和服务质量的矛盾

以传统 IP 网络为例,无连接和逐跳分布式路由控制的特性,导致整网带宽很难均衡发展,利用率高的链路难以保证服务质量,利用率低的链路存在资源浪费。在这种情况下,一方面,网络存在整体轻载、局部重载的情况;另一方面,很难保证所承载业务的服务质量。

(3) 新技术引入周期较长

传统网络的新技术引入需要经历漫长的周期,包括技术预研、方案制定、标准化推进、设备实现、现网升级/试点等多个环节,将所有环节打通往往需要数年时间,而且在其发展过程中还可能出现新的技术方案将之代替。这样的网络业务更新方式周期漫长、成本巨大,而且有很大的不确定性,当具备部署条件时可能原始需求已经有所变化。以数据中心内部组网的二层多路径技术 TRILL 为例,最早在 2006 年提出问题场景和初步思路,至今仍然处于小规模试点阶段,而且数据中心内部三层组网结合虚拟交换机技术的出现,使得 TRILL 的未来应用前景不甚明朗。

综上所述,通信网络在虚拟化、服务质量、网络效率和新技术引入等方面面临挑战。为了提升网络部署的灵活性、有效性,缩短部署时间,应提升网络的软件化程度和可编程能力,进而提高网络对业务的开放程度。SDN 和 NFV 技术的出现为解决上述问题带来了曙光。

3 应用 SDN 的场景

目前业界主要研究在移动核心网、云计算数据中心、

IP 承载网、传送网 4 个场景中应用 SDN,具体介绍如下。

3.1 移动核心网

随着移动数据流量的迅猛增长,物联网、企业网、虚拟运营商等越来越多的网络和业务需求出现,这既给运营商网络带来了扩容和运维压力,也要求运营商以更低成本做好流量经营,以提升数据流量的收入,如构建流量识别和分析、内容缓存、协议优化、视频优化、页面适配、流量压缩等网络增值能力。

为此,移动网络需要构建一个更加开放、灵活、高效的架构。一方面,利用 NFV 技术实现硬件设备和网元功能的紧耦合,实现硬件资源的高效利用、网络功能的快速灵活增强;另一方面,利用 SDN 控制和转发分离的架构,实现分组核心网网关设备控制面和用户面功能的进一步分离,有利于网络功能的灵活部署,利用 SDN 灵活控制路由能力的特性,使得流量按照不同的策略流经不同的网络增值能力(即 Gi 业务链),实现功能的灵活组合,降低部署成本。

3.2 云计算数据中心

云计算数据中心是当前 SDN 可商用部署的主要场景。SDN 组网方案应重点满足虚拟私有云(virtual private cloud,VPC)和业务链(service chaining)两种创新的云网络业务需求。

VPC 要求云数据中心网络能够为租户提供可自助开通、自助配置、自助管理的隔离网络,具体包括以下 4 个方面:

- 支持租户即时开通虚拟网络;
- 支持租户自配置虚拟网络,包括定义任意的子网 IP 网段、网段间访问策略等;
- 支持租户自我管理虚拟网络,包括监控虚拟网络的流量、拓扑等;
- 租户之间相互隔离,彼此不可见。

VPC 要求不同租户之间的网络不仅需要隔离,还要求网络之间可以复用 IP 地址段、任意创建子网等。现有的网络设备受限于 VLAN、VRF、虚拟防火墙等性能参数,无法实现大规模扩展。另外,VPC 为租户提供的虚拟网络应是抽象的、逻辑的拓扑,而不包含物理网络信息。虚拟网络仅呈现给租户租用的云主机之间、网段之间的访问关系和网络流量情况等,不呈现物理网络上 VLAN、IP 地址、ACL 等网络信息。以上功能要求在云数据中心网络架构层面提供网络抽象层,将物理网络抽象成多个逻辑网络,并将租户对逻辑网络的操作映射为物理网络操作。这一点对于现有网络来说也是巨大的挑战。



业务链是 VPC 基础上的增强功能,指租户按照自有业务需求,使几类流量依次通过不同的网络功能网元,达到业务编排的效果。除了为用户提供隔离的网络外,还能提供增值的网络服务,包括防火墙业务 (firewall as a service,FWaaS)、负载均衡业务 (LBaaS)、广域网 VPN 业务 (VPNaaS)等。

3.3 IP 承载网

IP 承载网应用 SDN 的主要场景为广域网智能流量调度。广域网流量调度包括数据中心之间的网络、城域网、省网、骨干网等场景。虽然不同场景下的流量模型存在差异,但调度思想类似。以下主要介绍数据中心之间的流量调度。

数据中心流量分为南北向流量和东西向流量。南北向流量以用户访问数据中心内容为主,东西向流量主要指数数据中心内或跨数据中心的同步、备份以及 CDN 推送流量等。其中,数据中心之间的流量主要采用互联网承载,一方面,互联网流量突发性大的特征导致同步流量的网络质量无法保证;另一方面,按照现有路由协议,无法基于链路负载情况进行路由,因此存在部分链路拥塞但整网利用率不高的问题。

基于 SDN 架构的流量工程解决方案通过控制器感知链路带宽利用率,收集、分析全网流量分布情况,汇总整理后,通过 API 发送至流量工程服务器。流量工程服务器统

一计算、调配可用链路,并生成转发路径下发给集中控制器,集中控制器(或本地控制器)转换成可执行流表后下发给 SDN 转发设备,如图 3 所示。

3.4 传送网

当前集团客户专线业务主要采用 PTN 承载,业务开通经常需要跨多个不同厂商、不同区域的网络,甚至需要跨省互通,业务开通需要多个网管协作,开通周期长、速度慢,难以实现精细化的 SLA,很难适应现有业务快速发展的需求。进一步优化集团客户专线产品的运营是 PTN 实际应用的主要目标。

super PTN(超级 PTN)通过业务需求驱动下一代 PTN 的演进,主要包括如下 3 个主要设计需求。

- 超级管道(super pipe):可为集团客户提供灵活可控的大管道,满足集团客户的个性化需求,定制开发,提高客户体验。
- 超级智能(super intelligence):集成智能的路径计算以及实时流量监控功能分析,实现快速开通部署以及 BOD(bandwidth on demand)功能。
- 超级生存能力(super survivability):从整网层面提供快速的网络保护和业务保护。

超级 PTN 的技术基础是 SDN 和业务感知服务。SDN 是一种新型的网络架构,具有“控制和转发分离”、“设备资

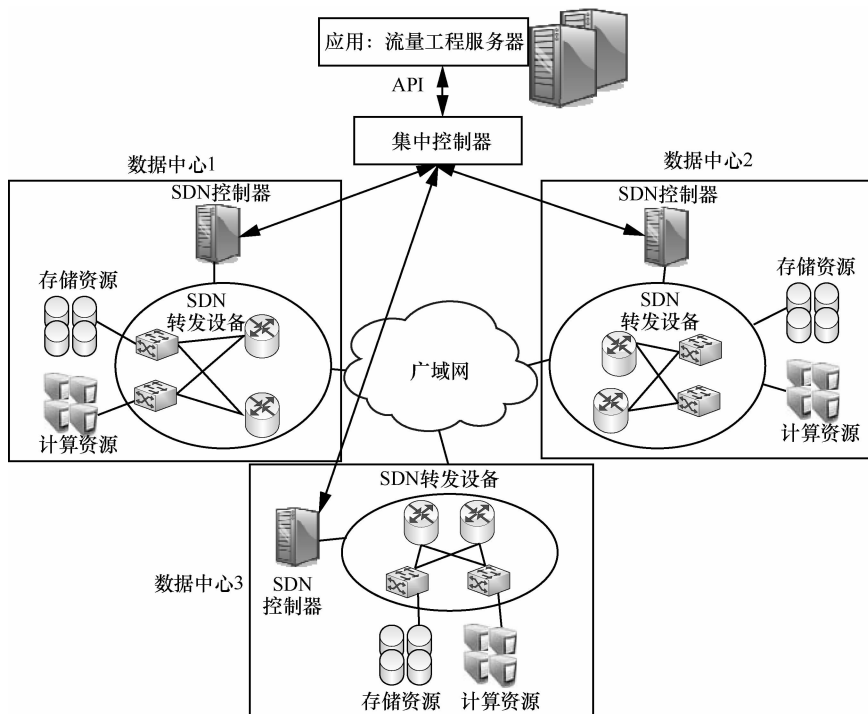


图 3 SDN 解决跨数据中心流量调度问题

源虚拟化”和“通用硬件及软件可编程”三大特性,这些特性为传输带来了一系列的好处。在 SDN 的网络架构下,可以增强设备的精细化 QoS 功能,提供业务感知的服务;一方面可以大大加快超级 PTN 集团客户业务的开通周期,迅速进行业务调整,以适应集团客户业务发展的需求;另一方面,感知业务实现 PTN 带宽的灵活调整,大大提高网络资源利用率。

4 中国移动 SDN 和 NFV 实践

(1) SDN 设备评测

为了提高 SDN 产品成熟度,2013 年中国移动组织了国内首次多厂商大规模、系统性的 SDN 产品评测,共有国内、北美两地 20 多个厂商参加评测。测试报告对芯片、交换机、控制器提出了 10 余个厂商互通、性能方面的问题以及 4 个标准化需完善的问题,主要包括:推动交换机厂商完善对 OpenFlow 1.0/OpenFlow 1.3 等南向接口协议的支持,推动控制器厂商完善可靠性、广播/多播等功能,推动芯片厂商扩展流表容量。

(2) 云计算数据中心

自主开发 SDN 应用,结合开源 OpenStack、SDN 控制器和交换机,搭建基于 SDN 的云计算数据中心网络,实现租户自配置、自监控、自管理的 VPC 业务需求。同时,结合 NFV 技术实现虚拟防火墙、虚拟负载均衡器等功能。

(3) IP 承载网

自主开发 SDN 应用,搭建基于 SDN 的 IP 广域网络,通过定期感知网络流量情况,动态调整不同链路的负载,并按照灵活的调度算法保证高价值用户的服务质量。

(4) 传送网

开发 SPTN 原型系统,包括支持 OpenFlow 转发设备、开源控制器以及 SDN 应用;与芯片厂商联合开发具有 OpenFlow 接口的 SPTN 芯片,支持通过 OpenFlow 进行流表建立和删除,实现 MPLS-TP 转发,并支持 PTN OAM 和保护功能。

(5) 标准化

中国移动总体规划了 SDN 的国际和国内标准化工作,在 ONF、IETF、3GPP、ITU、CCSA 等多个标准化组织发起立项、提交文稿,通过标准化的杠杆撬动产业力量。牵头推动 ONF 成立了 Carrier-Grade SDN 讨论组,并推动成为工作组,巩固了对运营商 SDN 发展方向的话语权;在 IETF 提出了 SDN/NFV 环境下对应用流量优化的场景和问题分

析,并联合运营商和厂商对 SDN 移动性管理展开积极讨论;在 CCSA 中,联合国内产业力量,在 TC1、TC5、TC6 分别牵头制定了基于 FDN 的数据中心网络、FDN 北向接口、S-PTN、SAME 等多篇 SDN 架构、技术要求相关的行业标准项目。

5 SDN 与 NFV 应用展望

SDN 和 NFV 作为业界关注的热点,其价值与可行性在不断的研讨和实践中已经得到初步验证,形成了商用的场景和解决方案。2014 年是业界开始逐渐试点和发展 SDN 和 NFV 的一年,相信它们在实际应用中会得到进一步完善,以进一步匹配业务发展需求。

[作者简介]



李晨,男,中国移动通信有限公司研究院网络技术研究所项目经理,主要从事 IP 网络、数据中心组网以及 SDN 和 NFV 方面的研究工作,负责 IP 骨干网、数据中心组网网方案设计及相关标准和技术的跟踪、研究和标准制订,已主持完成 1 项中国通信行业标准、1 项中国标准化协会研究课题,已发表 6 篇论文。



段晓东,男,中国移动通信有限公司研究院网络技术研究所所长、高级工程师,主要从事 IP 承载网络、下一代互联网、数据业务管理、移动互联网及智能管道的研发及管理工作。



陈炜,男,博士,中国移动通信有限公司研究院网络技术研究所项目经理,主要从事 P2P 流媒体、内容分发及移动核心网的网络功能虚拟化技术及标准的研究工作,发表 SCI 论文 1 篇,EI 论文 2 篇,曾获得 2013 年 CCSA 科学技术奖二等奖。



程伟强,男,中国移动通信有限公司研究院网络技术研究所项目经理,曾在北电网络、爱立信从事多年回传网络产品的研究开发工作,具有丰富的网络产品软硬件开发经验,目前主要从事城域传送网、分组微波、SDN 等技术的产品规划及标准的研究工作。

(收稿日期:2014-08-04)