



NFV 关键技术与应用场景

汤雅妃,李素粉

(中国联合网络通信有限公司研究院,北京 100032)

摘要:对运营商而言,网络功能虚拟化(NFV)的目标是通过虚拟化实现网络设备的软硬件解耦,通过云化实现硬件资源的共享和系统规模的弹性伸缩,从而支撑电信业务的持续创新和快速上线。对 NFV 虚拟化架构及关键技术进行了介绍,总结了面向电信运营商的 NFV 典型应用场景,以推进电信网络虚拟化技术的研发及落地。

关键词: NFV; 关键技术; 应用场景

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016233

Key technology and application scenarios of NFV

TANG Yafei, LI Sufen

Research Institute of China Unicom, Beijing 100032, China

Abstract: Network virtualization aims to realize the decoupling of hardware and software by virtualization, and share the resource according to service size by cloudification, thus supporting the telecom business with features of high flexibility, maintainability, usability and immediate return of investment. The virtualization architecture and key technologies of NFV were introduced, and the typical NFV application scenarios for telecom operators were presented to promote the research and implementation of telecom network virtualization technology.

Key words: NFV, key technology, application scenario

1 引言

网络功能虚拟化(network function virtualization,NFV)基于 x86 等通用性硬件设备,使用虚拟化技术实现软硬件解耦及功能抽象,使网络设备功能不再依赖于专用硬件,使资源可以充分灵活共享。NFV 作为一种创新性的网络架构,集中反映了电信运营商对于降低网络成本、提升业务创新速度的诉求。运营商可以根据实际业务需求进行资源的自动部署、弹性伸缩、故障隔离和自愈等^[1],从而加快了新业务的研发和上线进度,取得了市场先机。

2 NFV 关键技术

NFV 新型网络采用两横三纵的体系架构,如图 1 所示,横向包括业务网络(network service,NS)域和管理编排(management and orchestration,MANO)域。NS 域纵向由 NFV 基础设施(NFV infrastructure,NFVI)层、虚拟化网络功能(virtual network function,VNF)层和运营支撑层组成。其中,NFVI 类似于一个用于托管和连接虚拟功能的云数据中心,负责底层物理资源的虚拟化;VNF 在 NFVI 基础上进一步将物理网元映射为虚拟网元,实现业务网络的虚拟

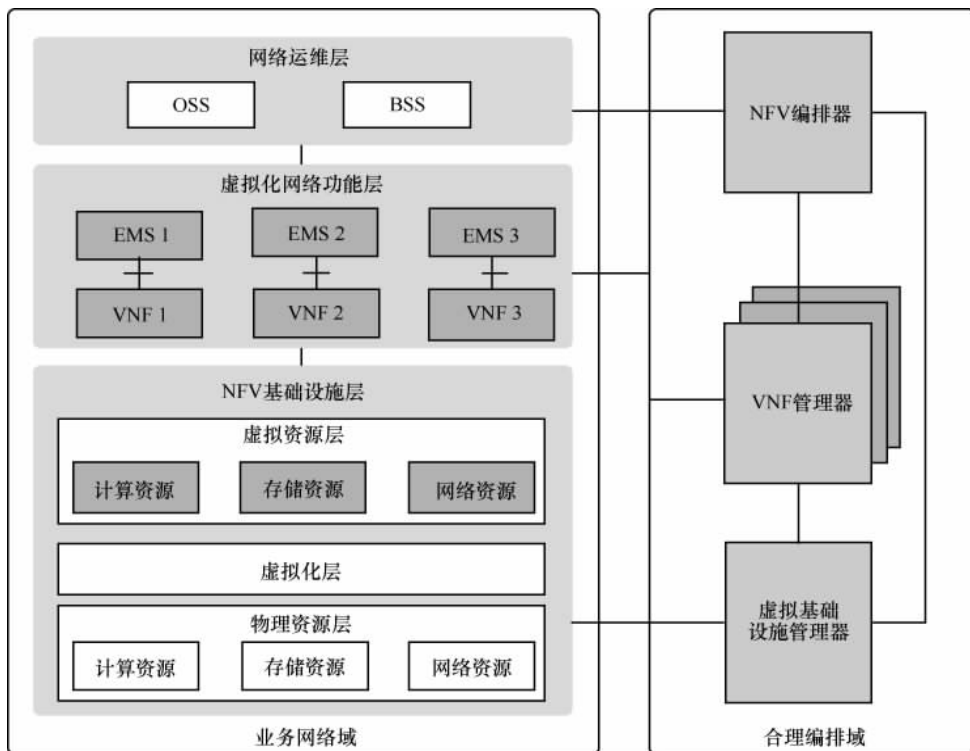


图 1 网络功能虚拟化的体系架构

化;运营支撑层主要是在目前 OSS/BSS 基础上进行虚拟化调整。MANO 作为 NFV 相较于传统网络的新增功能,负责对整个网络服务过程进行管理和编排,将网络服务从业务层到资源层自上而下分解^[1]。MANO 包括虚拟基础设施管理(virtual infrastructure management,VIM)、虚拟化网络功能管理(VNF management,VNFM)和 NFV 编排器(NFV orchestrator,NFVO)3 个实体,共同完成对 NFVI、VNF 及整个网络服务的生命周期和调度策略的管理。接下来本文结合 NFV 服务质量、业务可用性、故障管理等需求,分别针对 NFVI、VNF、MANO 涉及的关键技术进行详细剖析^[2]。

(1) NFVI

NFVI 是用来部署和执行 VNF 的一组资源,通过对底层计算、存储、网络等物理资源的虚拟化,实现对 VNF 所需各元素的物理承载。在 NFV 网络中,多个虚拟化网络功能实体以虚拟机(VM)的形式共享物理硬件,使得原有大部分物理组件均被虚拟机替代,因此虚拟机服务质量的好坏直接决定了 NFV 网络的总体性能。NFVI 的核心是虚拟化,与传统的云计算虚拟化技术相比,NFVI 面临的是更为复杂的拓扑组网需求,尤其是大型数据中心的网络架构。另一方面,NFVI 不仅要求具备同时为一个或多个 VNF 实例提供基础设施资源的能力,还需要实现不同 VNF 资源

的动态配置。因此,NFVI 层性能的关键在于虚拟资源是否可以全面且灵活地支撑上层模块的灵活调用^[3]。

目前常用的 NFVI 虚拟化技术包括 KVM、XEN、Hyper-V、VMware EXSi 等,其中,以基于内核的虚拟化(kernel-based virtual machine,KVM)技术为代表。KVM 是一个集成到 Linux 内核环境下的开源虚拟化模块,属于硬件支持下的一款全虚拟化解决方案。在虚拟环境下,Linux 内核集成管理程序将其作为一个可加载的模块,完成 CPU 调度、内存管理以及与硬件设备交互等虚拟化功能。由于完全基于 Linux 内核以及硬件虚拟化的技术主流,使得 KVM 受到越来越多开源组织的欢迎。在 NFV 基础设施建设中,基于 KVM 的 OpenStack 架构已逐渐成为电信运营商 NFV 业务部署的首选方案。

(2) VNF

VNF 作为 NFV 架构中的虚拟网络功能单元,可以理解为对电信业务网络中现有物理网元进行功能虚拟化的过程,将以软件模块形式部署在 NFVI 提供的虚拟资源上,从而实现网络功能的虚拟化。VNF 产业链的参与者涉及制造商、运营商和服务提供商等。VNF 制造商负责研发相应的虚拟功能单元,重点关注软件开发;网络运营商则会关注部署和在其网络功能虚拟化设施上运营虚拟网络功能



的效率;服务提供商关注的是基于虚拟网络功能提供给终端用户业务的实施性、可靠性以及相关计费方面的问题。值得注意的是,由于不同的 VNF 单元可以来自不同制造商的设备,即使 VNF 层虚拟网元间的交互遵循的是相同的协议和接口标准,但是受 NFVI 层标准化程度的影响,不同虚拟网元对 NFVI 层物理网元的映射方法也往往存在一定差异。

要确保 NFV 发挥其最大效能,网络自身需要 VNF 具备动态和可编程的能力。软件定义网络(SDN)因其可编程和自动配置的能力,完美契合了快速变化的 NFV 应用对网络的需求。因而在 NFV 实际部署中,通常将 SDN 控制器运行于 NFVI 的虚拟机(群)上担任 VNF 的角色。一方面,通过对 NFVI 层虚拟资源的网络虚拟化以处理 NS 域的网络业务,并可以依据需求动态调整资源配置,例如:根据业务需要增加新的 VNF 单元;另一方面,负责调度参与该网络业务的其他 VNF 单元的运行和管理,从而对流经 VNF 的流量进行按需处理,包括流量分类、过滤、转发以及限流等^[4]。

(3)MANO

基于 NFV 的业务需要面向用户编排和管理不同类型的虚拟资源,编排器服务质量主要涉及对虚拟机和虚拟网络的编排。在 NFV 架构中,NFV MANO 负责编排网络服务过程,将网络服务从业务层到资源层自上而下分解。制定合理的 NFV 编排机制可以提高网络侧业务流程的连贯性,加快业务响应速度,从而优化 NFV 网络的服务效率。

在标准 NFV 架构中,MANO 通过 VIM、VNFM、NFVO 这 3 个实体的交互,共同完成对 NFVI、VNF 和 NS 的编排和管理流程。针对 NFVI 层,通过 NFVO 和 VIM 交互实现对底层 NFVI 资源的调度。当创建 NFV 服务时,NFVO 会调用一系列 VIM,相反也会从底层基础设施中调用必要的资源。针对 VNF 层,每个 VNF 网元由 MANO 中对应的 VNFM 负责其生命周期管理。VNFM 不仅可以控制 VNF 实例的创建和释放,通过 VIM 收集资源状态信息,还能够对 VNF 实例的资源使用情况进行监控和故障预警等。针对 NS 域的网络服务,由 NFVO 对参与服务的 VNF 实体的网络服务编排以及相关联的 NFVI 基础设施的资源编排共同实现。前者通过网络服务的生命周期管理实现对服务流程的控制,后者通过对 VIM 之间的任务编排实现对底层资源的调用。

近年来,日趋成熟的 OpenStack 开源虚拟化工具得到

越来越多的应用,以实现 NFVI 资源的控制与管理。OpenStack 是一个实施相对简单、标准相对统一并且可以用于大规模扩展的开源云资源管理平台,用来统一管理多个虚拟化集群,几乎支持所有的虚拟化管理程序。不仅可以实现虚拟资源的转化以及虚拟机和虚拟网络的创建,打造底层虚拟资源池,并且灵活支撑了 MANO 层对基础设施的管理和编排功能^[1]。

3 NFV 典型应用场景

物联网、大数据、云计算等业务的持续热潮带来数据流量的迅猛增长,这不仅给运营商网络带来了扩容和运维压力,更促使运营商加强流量经营,提升数据流量净收入。NFV 使用通用的硬件平台代替传统的专用硬件平台,通过对软硬件平台的解耦,一方面实现了资源的弹性伸缩,提高资源利用率;另一方面便于系统升级维护,节省成本,加快业务部署上线速度。这些特性使其在一些对网络吞吐能力要求较高的场所发挥优势。结合运营商的业务特性和实际网络情况,本文主要介绍以下几类典型 NFV 应用场景。

(1)用户终端设备虚拟化

用户终端设备(customer premise equipment,CPE)指放置于用户侧、为用户提供宽带接入服务的终端设备,包括用于提供 Internet 接入和 VoIP 等服务的 RGW(residential gateway,驻地网关)设备以及提供多媒体服务的 STB(set top box,机顶盒)设备。随着用户接入服务的丰富和接入带宽的增长,CPE 设备的发展趋势主要有两种模式:智能化和虚拟化。NFV 技术的出现使得虚拟化 CPE 模式变为可能,之前的 RGW 和 STB 设备功能被转移到网络侧的 NFV 云中,合并为 vCPE 设备。vCPE 为固网宽带用户提供动态提速、智能家居、家庭互联网业务、企业分支 VPN 组网等多种增值业务,满足用户多种需求。

vCPE 基本业务应用场景如图 2 所示,vCPE 为固网宽带用户提供宽带上网、多设备组网等基本应用,同时满足 PPPoE 拨号认证流程,对运维系统、计费系统和用户体验没有任何影响。在 vCPE 的研发工作中,利用 SDN/NFV 技术,尽可能将网关的功能上移到网络侧,降低实体网关的复杂度和成本^[4];新业务在网络侧部署,有利于开发、运维和灵活部署;同时,用户侧设备在网络上只有简单的二层交换功能,设备的简化保证了低成本和维护的简化,也降低了用户使用的复杂性。

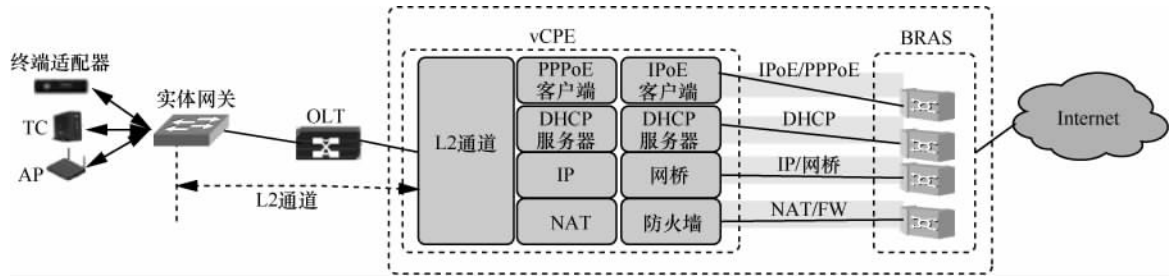


图 2 终端设备虚拟化应用场景

(2)接入设备虚拟化

对于运营商来说,接入网系统包括移网接入、固网接入、无线接入、宽带接入等类型,是网络侧面向用户的最前端,往往也是网络中最复杂的一部分,因而很可能会成为网络瓶颈。传统的接入网系统中使用了大量的专用硬件产品,各网元互联的接口多、协议流程复杂、兼容性差,直接拉高了运营商基础网络的建设成本。特别是目前接入网技术需要在远端街道或者大楼处安装有源网络设备,这些网络设备的功耗又必须控制在一定范围内,以节省电能。采用 NFV 技术可以使用标准 IT 设备来代替专用硬件,从而将网元功能从底层的硬件中剥离出来,将复杂的处理功能放置于头端系统,实现按需弹性扩展和自动化部署。

当前的接入网络设备往往由一个统一的机构来运营,NFV 的虚拟化可以实现多租户的优势,即多个机构可以共用一套接入设备,每个机构使用分配给自己的虚拟网络设备,不会跟其他机构冲突^[5]。图 3 展示了多个不同场景下的功能和控制平面虚拟化,其中深色的终端设备功能和控制平面可以分离出来,并放置于具备 NFV 功能的中心节点处。进一步,采用 NFV 的虚拟化接入网络节点可以和传统的物理接入网节点共存于网络中,并共用底层的光纤传输

资源^[6]。

(3)物理网络虚拟化

物联网、大数据、云计算等业务的持续热潮带来数据流量的迅猛增长,这不仅给运营商网络带来了扩容和运维压力,更促使运营商加强流量经营、提升数据流量净收入。电信运营商的网络环境中,移动业务、固网业务、宽带业务甚至面向不同用户群体的专线业务、集客业务等多种业务形式并存。在实际运营中难免会存在业务的相互干扰和资源的冲突等不和谐现象,特别是随着业务流量的增加,问题随之加剧。基于 SDN/NFV 技术,从逻辑上构造多个资源和功能虚拟化的虚拟网络。运营商可以根据自身业务需求为不同的租户和业务构建不同的虚拟网络,简化网络部署,降低运维成本。同时运营商可以保障不同虚拟网络之间资源的相互隔离,在提升用户感知的同时保障不同业务间的安全运营。

当前国内外多数互联网公司以及大型运营商都在积极探索基于 SDN/NFV 的物理网络虚拟化技术,提出了大量数据中心组网方案并进行了技术验证。主要包括跨机房东西互通场景、同机房和跨机房南北互通场景以及虚拟机跨机房在线迁移等功能场景。虽然各家部署方案有所差

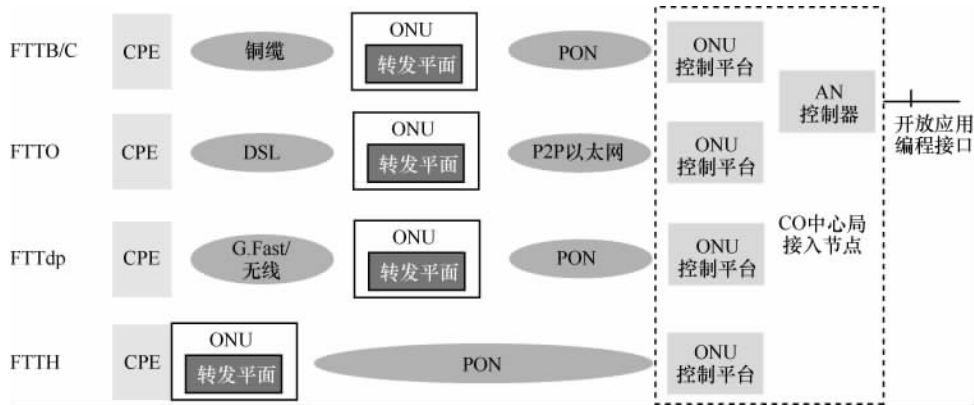


图 3 接入设备虚拟化应用场景



异,但从实际结果来看,均能达到预期,SDN/NFV 技术在物理网络虚拟化场景中的应用价值得到业界同行的普遍认可^[7]。图 4 展示了物理网络虚拟化下的应用场景。底层利用 NFV 虚拟化技术将单一的物理设备按逻辑划分为多个承载不同业务的虚拟设备,在此基础上结合 SDN 集中控制技术完成数据中心间的组网。顶层利用电信运营商提供的开放 API,不同租户可以按需配置资源,自主部署创新业务,不同业务通过不同的虚拟接入网按需调用底层虚拟资源,从而实现多业务场景下的应用隔离。

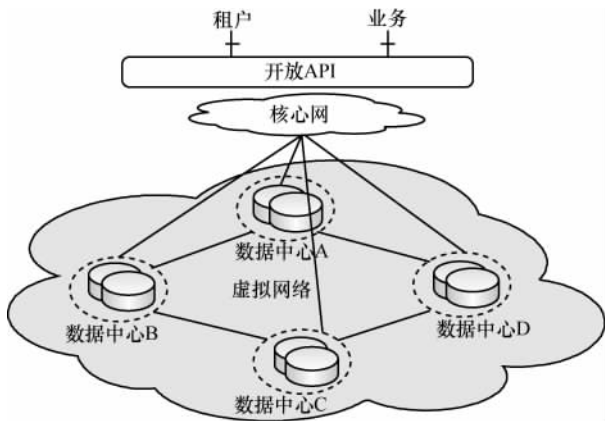


图 4 物理网络虚拟化应用场景

4 结束语

本文立足于 NFV 两横三纵的体系架构,针对 NFVI/VNF、MANO 涉及的关键技术进行详细剖析,并且系统探讨了用户终端虚拟化、接入设备虚拟化以及物理网络虚拟化 3 类典型的 NFV 应用场景的情景模式、实现方式与应用价值,以进一步推进电信网络虚拟化技术的研发及落地。

参考文献:

- [1] 房秉毅,李素粉. 基于开源 OpenStack 架构的 NFV 基础设施云平台[J]. 电信技术, 2015(1): 22-26.
FANG B Y, LI S F. OpenStack architecture based on open source cloud infrastructure platform NFV[J]. Telecommunications Technology, 2015(1): 22-26.
- [2] ONF. Software-defined networking: the new norm for networks[EB/OL]. (2012-08-25)[2016-08-20]. [http://xueshu.baidu.com/s?wd=paperuri:\(ef34a31175046a0151ed77133afc6dc6\)&filter=](http://xueshu.baidu.com/s?wd=paperuri:(ef34a31175046a0151ed77133afc6dc6)&filter=)

sc_long_sign&sc_ks_para=q%3DSoftware-Defined+Networking%3A+The+New+Norm+for+Networks&tn=SE_baiduxueshu_c1gjeupa&ie=utf-8&sc_us=15902311314199308054.

- [3] 杨红梅,赵勇. 移动网络虚拟化关键技术及相关标准 [J]. 电信网技术, 2016(2): 62-67.
YANG H M, ZHAO Y. Key mobile network virtualization technology and related standards[J]. Telecommunication Network Technology, 2016(2): 62-67.
- [4] 程莹. SDN 与 NFV 的协同应用研究[J]. 电信技术, 2015(7): 26-29, 32.
CHENG Y. Cooperative application research of SDN and NFV[J]. Telecommunications Technology, 2015(7): 26-29, 32.
- [5] 沈成彬,蒋铭,曾涛. SDN/NFV 技术的接入网应用[J]. 中兴通讯技术, 2015(4): 15-19, 29.
SHEN C B, JIANG M, ZENG T. Applications in access network of SDN/NFV technology [J]. ZTE Technology Journal, 2015(4): 15-19, 29.
- [6] ETSI ISG NFV. Network functions virtualisation(NFV): uses cases[EB/OL]. (2012-12-25) [2016-08-20]. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/689-network-functions-virtualisation>.
- [7] 赵辉,丁鸣,程青松,等. SDN 与 NFV 技术在云数据中心的规模应用[J]. 电信科学, 2016(1): 144-151.
ZHAO H, DING M, CHENG Q S, et al. Application of SDN and NFV technology in the cloud data center [J]. Telecommunications Science, 2016(1): 144-151.

[作者简介]



汤雅妃(1988-),女,中国联合网络通信有限公司研究院云计算实验室工程师,主要从事云计算、大数据、SDN 等相关技术研究工作。



李素粉(1979-),女,博士,中国联合网络通信有限公司研究院工程师,主要研究方向为云计算、核心网、软件定义网络、网络融合等。