

# 对发展下一代网络的思考

## Development of the Next Generation Network

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2016) 06-0052-004

**摘要:** 认为下一代网络转型是由业务需求和技术发展两方面共同驱动的, 软件定义网络(SDN)和网络功能虚拟化(NFV)是下一代网络技术的基础。介绍了SDN和NFV的技术实质、发展现状及其所面临的重要挑战。此外, 还对下一代网络发展进程中遇到的关键问题进行了分析探讨, 指出5G网络发展与下一代网络相结合具有重要的意义。

**关键词:** SDN; NFV; 下一代网络; 5G

**Abstract:** Next generation network transformation is driven by technology development and business requirement. Software defined network(SDN) and network function virtualization(NFV) are the basis for the next generation network. The essence, development, and the major challenges of SDN and NFV are proposed in this paper. Moreover, we discuss the key problems in the development of next generation network, and point out that the combination of 5G network and the next generation network would be significant.

**Key words:** SDN; NFV; next generation network; 5G

段晓东/DUAN Xiaodong

(中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)  
(China Mobile Research Institution,  
Beijing 100053, China)

- SDN/NFV 是发展未来网络的起点, 但并不是终点
- 下一代网络是 CT 和 IT 深度融合的产业, 将催生一次巨大的产业变革
- 发展 SDN 和 NFV 为核心的下一代网络需要创新思维和多方位变革

### 1 向下一代网络转型的必然

近年来, 以软件定义网络(SDN)/网络功能虚拟化(NFV)为代表的未来网络技术和以5G为代表的未来移动技术逐渐成为网络发展中的热点。尤其是SDN, “软件定义一切”成为热门话题, 展现了现有网络向下一代网络发展演进的美好前景。

技术的进步推动着网络的发展演进, 但是现有网络根深蒂固的问题和快速发展的新需求之间的矛盾也是推进下一代网络发展的根本因素之一。下一代网络转型必定是在业务需求与技术的双驱动中发展。

首先, 从业务需求驱动角度来

看, 运营商面临的需求非常多, 但是归根结底是如下两个方面。

(1) 运营商已经全面迈入“流量经营”时代, 超大流量对网络的挑战逐渐加剧。

流量经营已经获得了广泛讨论, 随着移动互联网的发展, 我们真正进入了流量经营的时代。以中国移动为例, 2015年中国移动数据业务收入规模首次超过语音, 占通信服务收入比达52%, 随着4G的快速发展和用户的普及, 2016年上半年更是超过60%的比例。其实这也是大多数发达国家运营商走过的必经之路, 早在2011年日本的三大运营商数据业务收入占比即全线超过50%, 2013年美国的三大运营商数据业务收入占比也已全线超过50%<sup>[1]</sup>。

今天的流量增长还只是第一步,

流量的挑战才刚刚开始。最近热门的4K、超4K、8K等多媒体技术将进一步激发流量的爆发式增长, 而增强现实技术(AR)、虚拟现实技术(VR)的发展会将流量激增推向新高潮。很多人都在预测流量趋势, 各种各样的流量发展预测我想都不为过。过去的发展也充分证明了这一点, 流量发展会释放不可限量的潜力。流量的规模将更加刺激运营商宽带化的发展要求, 但其背后对网络的挑战也是巨大的。

(2) 万物互联为运营商带来历史新机遇, 也给网络提出了全新要求。

万物互联是在人与人通信、互联基础上的扩展, 是实现“互联网+”和“工业互联网”的重要基础。万物互联一方面带来了巨大的连接规模, 预计连接突破百亿, 将在多个行业创造

收稿时间: 2016-09-15  
网络出版时间: 2016-11-02

超过 10 万亿美元的新增市场规模；另一方面也带来了更大的连接广度和深度，提供面向无线、有线全连接的接入广度，为运营商带来拓展连接规模和连接范围的机会，同时也对网络提出了高密度、低时延、广覆盖等个性化的要求。

万物互联给我们的发展带来了更多的历史机遇，但是网络如何适应万物互联，能不能承担工业互联网、“互联网+”的发展重任，成为下一代网络发展的一个巨大挑战。面对巨大的需求挑战，我们要看到当前网络自身组织方式存在很多不足，难以支撑未来流量的超高速发展，更难以支撑未来万物互联的新需求，甚至可能影响我们的生存发展。长期看来，现有网络模式难以为继，下一代网络转型成为必然。

一方面，网络流量呈指数级增长，现有网络层次架构、调度能力、机房供电均无法适应未来发展需求。其中典型问题包括：现有网络多是按照地域组织的多级复杂的汇接网络，投资成本（CAPEX）较大；网络调度能力有限，网络利用率偏低，在超大流量重载情况下，IP 网缺乏灵活、敏捷的调度手段，一般要靠轻载部署来解决；设备承载大量穿通流量，导致机房供电不足，传统设备功耗过大等。

另一方面，互联网、多媒体等新业务层出不穷，专用设备无法满足快速更新换代和数字化服务要求。主要体现在：多为软硬件一体化的专用设备，更新换代周期长；新业务、新功能不断快速涌现，专用设备开发周期长，升级改造复杂，无法适应数字化服务需求；缺乏快速上线和灵活部署的能力等。

现有网络在架构设计、调度设计、设备设计等多个方面都存在着问题，未来要承担超大流量和万物互联时代的重任，网络必须进行变革。需求驱动的同时，技术给了我们很好的解决这些问题的手段。经常有人说为什么业界突然都喜欢 SDN/NFV 了，

这一定是双驱动的，通过技术和业务需求双驱动来推进网络变革。

## 2 对 SDN/NFV 技术发展的思考

### 2.1 SDN 和 NFV 是下一代网络的基础和起点但不是终点

网络转型是不断借鉴、引入创新技术的过程。SDN/NFV 是下一代网络的基础性技术，也是发展未来网络的基础和起点。但要强调的是 SDN/NFV 并不是下一代网络发展的终点，目前电信软件开源、白牌硬件、网络分片、5G 网络架构等新的技术方向已经初露端倪。

SDN 和 NFV 这两个技术经常被混为一谈，也都有越来越被泛化的趋势。其实从本质或者说经典的概念来看，SDN 和 NFV 是不同的东西。SDN 负责的是网络连接的调度，NFV 负责的是网络功能的实现。从国际上看，SDN 和 NFV 的产生和推动力量也是不同的，其诞生和发展的国际组织也是不一样的。网络由网元功能和网络连接共同组成，这两者缺一不可，都是网络重要的组成部分，所以 NFV 实现的软件化网络功能和 SDN 实现的灵活调度的网络连接一定是互相依存，互相补充的，共同构成了下一代网络的基础。

NFV 的实质是电信界主动学习信息技术（IT）、主动变革的方向。最早由 AT&T、中国移动、BT、Telefonica 等 13 家主流运营商于 2012 年在欧洲电信标准协会（ETSI）发起。NFV 的实质是采用虚拟化技术，基于通用硬件实现电信功能软件化。NFV 最关键的两个部件是增强的虚拟化层和新增的管理编排系统（MANO）<sup>[1]</sup>。

SDN 2006 年诞生于斯坦福大学 Clean Slate 课题，是 IP 网络基础架构的创新。SDN 率先被 Google 成功应用，之后在数据中心（DC）规模化应用。SDN 的实质是控制和转发分离，通过智能计算，实现对路由的控制。

SDN 最关键的部件是网络中新增的控制器。

### 2.2 SDN 和 NFV 是标准与开源密切结合的发展历程

SDN 和 NFV 技术发展历程非常关键的一点，也是和过去的网络不太一样的地方，就是标准与开源的密切结合。

SDN 和 NFV 均打开了原有网络中的封闭体系，实现了解耦和开放。软硬件的解耦，功能软件化成为趋势，也带来了原有封闭产业的开放和 IT、通信技术（CT）产业的互相渗透。网元通信接口变成了应用程序界面（API）调用的软件接口，软件互操作成为主要内容。越来越需要依赖事实标准投入来增强互通性，越来越需要重视开源发展和软件开发、集成、认证的能力，提升软件层面的互操作能力。

SDN 相关的开源社区非常活跃，极大的加速了 SDN 的落地。除了开放网络基金会（ONF）这个 SDN 主要的产业组织外，开源组织还包括 SDN 开放控制器（ODL）、开放网络操作系统（ONOS）、转发层开放虚拟交换（OVS）、云内操作系统 OpenStack 等。其中，ODL 和 ONOS 是控制器最主要的开源组织，OpenStack 是北向接口模块的开源组织，OVS 是转发模块的开源组织。

为了推动 NFV 产业发展，运营商和厂商除了大力开展 NFV 在传统组织的标准化工作，也积极借鉴 IT 产业的经验，依靠开源组织加速 NFV 的实现。NFV 产业发展涉及到的标准化组织主要是 ETSI 等，开源组织主要包括开放网络功能虚拟化（OPNFV）、OpenStack、ODL、ONOS 等。其中，ETSI NFV ISG 是 NFV 的创始组织和架构制定者，OPNFV 等都是不同模块的开源组织。

随着编排器成为网络中 SDN 和 NFV 的“大脑”，具有越来越重要的地位，国际上新近成立了全开放编排器

(OPEN-O)的开源组织,这个组织由Linux基金会、中国移动等公司共同发起,中国力量在开源领域具备了较强的影响力。

SDN和NFV相关开源项目非常活跃,逐渐形成了产业事实,对标准进行了有力的补充,加快了SDN和NFV的成熟。

### 2.3 SDN和NFV走过拐点,进入商用的关键时期

SDN为网络流量调度和网络资源利用率提升带来了增益,可以应用于DC、广域网、传送网和移动核心网等领域。典型的有:

(1)DC引入SDN,支撑虚拟私有云(VPC)等业务;

(2)DC之间引入SDN,实现跨越DC流量管理和调度;

(3)广域网引入SDN,实施智能调度流量;

(4)传送网引入SDN,满足自动开通和调度需求;

(5)SDN应用于移动网络,实现灵活的业务链等。

相对来说,SDN更加成熟一些,经过几年来产业界不断研讨、开发和试点,SDN的成熟度有了飞快发展,并已经大量开始商用部署。从运营者商用案例和方案、芯片、标准化、开源等方面看,SDN当前最重要的产业链特征是不同的场景成熟度有较大差异,部分场景已经商用,尤其是在DC场景已经进入成熟期和现网规模部署期。

NFV除了颠覆了通信网络的设备实现方式,更进一步改变了网络的架构。从网络的边缘接入到网络核心,从固定网络到移动网络,网络功能的实现都有可能受到NFV影响。目前典型的场景是:

(1)核心网的NFV化,实现大容量灵活的核心网络功能;

(2)移动接入网络的NFV化,构建云化无线接入网(C-RAN)等新型接入网络;

(3)固定接入网络的NFV化,推进固定网络的架构创新和业务灵活开展;

(4)DC和企业网络的NFV应用,实现用户功能的按需定制。

自2012年NFV的概念首次提出以来,NFV逐渐从一个抽象的概念变为现实,并有了广泛的试点和一定的部署。目前,全球多家运营商已展开了NFV相关的部署、测试和试点工作,从中积累了丰富的和珍贵的经验。关于NFV的商用部署方案也不断产生,2015年更被业界认为是NFV启动商用的元年<sup>[1]</sup>。整体上,从全球运营商看来,几乎所有运营商均认可NFV/SDN是未来网络发展的方向,多数运营商已推出了较清晰的战略、布局、目标,但实际操作中各公司的转型力度存在差异,挑战还很大。

## 3 SDN和NFV发展中的关键问题

### 3.1 SDN和NFV自身仍面临很多技术挑战

随着应用的推进,SDN和NFV也暴露出了大量问题,需要进一步加大创新和研究的力度,以解决如下所述的典型问题。

(1)多域协同控制的架构选择问题。SDN诞生于单一的中小型的网络环境,当它应用到大规模网络中,尤其是电信网络多域多层次环境的时候,就存在如何跨域协同的问题。引入东西向的接口可实现多个控制器之间的通信,构架多层次的控制器环境也能实现跨域协同,因此,选择单层还是多层控制成为了一个重大问题。

(2)产品不开放,反而更封闭的问题。例如对于SDN,当前的解决方案不是走向一个更加开发化的环境,而且存在单一厂商绑定问题。当前的控制器、网关、防火墙、负载均衡等都是单厂家捆绑,大量接口存在私有扩展难以打开的问题。

(3)如何实现协同保证可靠性的问题。电信级可靠性要求较高,虚拟化三层解耦后各层可靠性如何保证,各层是否需要以及如何协同,在业务层、NFV平台层和硬件要做一些综合的考虑,取得一个最佳的平衡。

(4)IT硬件如何支撑虚拟化网元的高性能问题。数据面业务的需求(编解码、加解密等)的转发性能如何实现与传统设备相当的性能。目前各种硬件辅助加速方案易造成VNF软件与底层硬件平台的绑定,或者硬件的独特性。需要定义软硬件加速技术通用架构,统一API,实现数据面VNF与底层硬件平台的解耦。

(5)MANO与现有网管系统的关系问题等。这些都是在商用过程中引发的需要克服的问题。SDN和NFV的架构设计,技术研发,标准和开源工作还没有结束,留下了很多创新空白,值得大力投入并在其中占有一席之地。

### 3.2 发展SDN和NFV需要创新思维和全方位变革

在引入SDN和NFV之前,CT产业生态相对封闭,与IT产业交叠较少。下一代网络必将是CT和IT深度融合的产业,将催生一个全新的产业生态,这将是一次巨大的产业变革。各参与方将尽己所能在产业重构过程中,争得有利位置。此次产业生态的变化需要各方以开放的心态合作共赢。

CT生态和IT生态的融合和紧密互动,这对原有通信产业来说,既是一次机遇又是一次重大挑战,发展下一代网络呼唤全新思维<sup>[2]</sup>。

(1)重视面相的产业重构,颠覆与被颠覆并存。

下一代网络是IT和CT融合的大时代。这个时代下,打破旧的产业秩序,建立新的产业秩序在所难免。可以预见未来将出现大洗牌和新的竞争格局,必须加以高度重视。

从设备制造商角度来看,受冲击



最大的是传统设备制造商。原本软硬件一体化设备的售卖模式被打破。传统设备制造商除了在网元功能软件上具有非常强的技术壁垒外,在通用硬件和虚拟层软件方面将面临来自IT领域新玩家的强大竞争。从运营商角度来看,因为传统上缺乏软件基因,引入IT技术后如何更好地运营面临人才、文化、机制等多方面的挑战。

(2)重视核心能力的塑造,关键是软件能力的全面提升。

下一代网络是软件化的时代,这对操作系统、虚拟化平台的自主掌控提出新的要求。要倒逼改革,借助发展契机改变我们在软件上较为落后的局面。相对于硬件为主的系统,软件系统涉及更加开放和复杂的生态链。其中开源模式是IT软件运作的一个重要基础,需要从战略高度上支持开源,促进大型企业、高校和研发机构向开源方向上加大投入,帮助中国具备更强的“软”实力。

(3)重视新的文化变迁,关键是打破旧思维。

树立全局思维来推动下一代网络的发展。打破过去“各司其职,各管一段”的老思想,从全局性、整体性、长远性的目标出发思考问题。

树立研发运营一体化(DevOps)的思维推进下一代网络的发展。下一代网络呼唤DevOps来加速运营商业务的提供和网络的部署。DevOps转变背后更重要的是企业文化和人的转变。

全局思维、DevOps思维等不是靠一句简单的口号就可以形成,思维转变依赖于员工能力和素质的再造,需要企业文化的保驾护航,这是企业在下一代网络时代能否真正成功的决定性因素。

## 4 下一代网络与5G

下一代网络处于发展的关键时期,同时,未来5G网络架构的创新也已经迫在眉睫。移动通信每一代技

术从研究、标准化、产业化,到继续演进,约10年的时间形成一个周期。我们正处在一个关键的窗口期——定义2020年及以后的5G网络。

当前移动网络的物理设备及组网方式,在连接数量支持、吞吐量、时延等方面存在一个甚至两个数量级的差距。仅靠优化部署无法满足5G的应用场景及指标要求,引入新技术成为必然。5G网络的平台和功能同样重要,5G的发展也呼唤着SDN和NFV的深入支撑,成为一体<sup>[4]</sup>。

### 4.1 5G网络架构设计的总体思路

结合5G总体设计目标,初步提出5G网络架构设计的总体思路:

(1)从刚性到软性。从固定网元、固定连接、固定部署到动态配置、灵活连接;网络资源虚拟化。

(2)更彻底的IP化、互联网化。网络去隧道,破壁垒,实现与IP网络互通融合;引入IT/互联网技术,优化网络设计。实现无承载、无连接、无隧道。

(3)集中化智能和分布化处理。集中化智能-垂直行业提供按需个性化服务;分布化处理-网关下沉,边缘计算,提高网络吞吐量,降低时延。

### 4.2 5G网络方案挑战巨大

虽然业界对5G的定义仍在如火如荼的讨论中,但5G网络的雏形及其标志性的技术已经越来越清晰。从网络侧来看,网络切片、新协议、模块化、新互联、无状态将成为5G网络的标志性技术。

典型的架构变化方向有:5G核心网和4G核心网可能是一种松耦合的设计;控制面通过融合与模块化实现重构;新的网络功能定义方式引发新的连接模型;新的无状态的设计,更有利于网络功能的动态部署、负载迁移等。

技术的演进从来都不是一件容易的事情,对5G网络来说更是如此。5G设计阶段,其内部标准的碎

片化同样挑战着移动通信领域“统一标准”的愿景。平台技术与网络功能技术如何协同设计,控制机制是否引入SDN式的集中控制都存在争议和挑战。此外,在5G网络架构设计中,需要具备SDN/NFV和5G网络两个领域的知识,新的设计可能颠覆传统的既得利益者,因此来自传统技术势力的阻碍成为了必须面对的挑战。

时间窗口紧迫,3GPP R14很快将要完成总体设计并启动具体的标准制定。很高兴地看到中国在5G的总体架构设计中发挥了核心作用,而且越来越引领创新的发展之路。尤其是,中国移动联合了全球48家合作伙伴已共同启动了5G网络的系统设计项目。如何将SDN/NFV和5G结合将成为重要议题,也关系到5G网络能否更好地发展,满足客户需求。

## 5 结束语

下一代网络的发展正面临着关键时期,对产业内的各方来说是一次巨大的变革。由此带来的是产业的升级换代,以及生产力的巨大飞跃。中国当前正处在适应“新常态”,进行产业转型的关键历史时期,发展下一代网络更加具有划时代的意义,任重而道远。

### 参考文献

- [1] 中国移动2015年年度报告[R]. 北京:中国移动通信有限公司, 2016
- [2] Network Function Virtualization (NFV) Management and Orchestration Version 1.0.0 [R]. Nice: ETSI, 2014
- [3] 李正茂. 通信4.0[M]. 北京:中信出版社, 2016
- [4] 5G网络架构白皮书[R]. 北京:IMT2020推进组, 2016

### 作者简介



段晓东,中国移动通信研究院网络技术研究所所长、高级工程师;主要从事IP网络、下一代互联网、SDN/NFV和5G网络相关的研发、技术管理工作。