



# NFV 标准与开源技术现状

马书惠,毋涛

(中国联合网络通信有限公司研究院,北京 100032)

**摘要:** NFV(network functions virtualization, 网络功能虚拟化)作为一项新兴技术,国际国内多个有影响力的标准组织近年来纷纷成立了专门的工作组来开展 NFV 的相关标准研究。在标准研发的基础上,涌现了一批 NFV 相关开源组织。研究了以 ETSI 为代表的各标准组织以及以 OPNFV(open platform for NFV)为代表的开源组织的研究动态和最新成果,并深入分析了 NFV 标准发展趋势,最后,归纳了 NFV 架构开源实现的关键技术。对 NFV 标准研究和开源实现具有一定的参考意义。

**关键词:** NFV 标准;开源;架构

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2016101

## Standards and open source technology of NFV

MA Shuhui, WU Tao

Research Institute, China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100032, China

**Abstract:** In recent years, many influential international and domestic standard organizations have established special working groups to research NFV related standards as an emerging technology. Meanwhile a batch of NFV related open source organizations have been produced on the basis of standard research and development. Related standard organizations followed by ETSI and many open source organizations represented by OPNFV were tracked and studied, and the latest achievements were further researched. And then the development trend of NFV standards was deeply analyzed. Finally, the key open source technologies of NFV architecture were summarized.

**Key words:** NFV standard, open source, architecture

### 1 引言

目前已有多个有影响力的标准组织成立了专门的工作组来开展 NFV 的相关研究。ETSI(European Telecommunications Standards Institute)在 2012 年成立了 NFV ISG(Network Function Virtualization Industry Specification Groups)来研究网络功能虚拟化。IETF 成立了 SFC(service function chain,服务功能链)工作组专注于网络功能的业务链研

究,后又成立专门的网络功能虚拟化研究组聚焦于业务编排和资源管理等。3GPP SA5 主要研究关于 3GPP 网络管理标准在核心网网络功能虚拟化方面的增强和扩展,已经设立专门的研究项目。ITU-T SG13 重点研究控制面网元的虚拟化需求和架构等。国内 CCSA TC3、TC5 和 TC6 等也纷纷开展相关研究,并取得显著成果。

在标准研发的基础上,涌现了一批 NFV 相关开源组织,如 OPNFV(open platform for NFV)、OpenStack、KVM



(kernel-based virtual machine)、Open vSwitch(open virtual switch)、ONOS (the open network operating system)、OpenDaylight 等,为 NFV 的开源实现技术提供了参考,以 OPNFV 为代表的 NFV 开放平台项目,旨在集中服务提供商、云及基础设施厂商、开发者和用户,为行业定义一种运营商级的集成开源参考平台,把现有开源构件与新组件及测试整合在一起,确保多种开源组件间的一致性和互通性,从而加快 NFV 的开发和部署。

## 2 NFV 标准组织及相关研究成果

### 2.1 ETSI

2013 年 10 月,ETSI 发布了首批 5 个网络功能虚拟化(NFV)规范,有 4 个旨在规范行业对 NFV 理解的规范,包括 NFV 使用案例、要求、架构框架以及术语。第 5 个规范定义了一个框架用于协调和促进说明 NFV 关键方面概念验证平台的公众示范,其目的是通过整合不同参与方的资源鼓励开放生态系统的发展。2014 年底,ETSI 制定完成了第一阶段 11 项组规范。这些规范基于 2013 年 10 月首批发布的文件,包含了基础设施综述、更新的架构框架以及基础设施的计算、管理程序和网络域的说明,此外,还包含了管理和编配、安全和信任、弹性及服务质量度量。目前,NFV 第二阶段工作正在顺利进行,主要目标是基于前两年 NFV ISG 的工作成果更加关注其互通性,新阶段的工作将包括标准和信息的内容,将为互用性和形式测试提供明确的要求。

### 2.2 IETF

IETF 中 NFV 相关标准组与 ONF(Open Network Foundation)和 ETSI 形成互补,研究基于 NFV 的服务功能链与虚拟网元。

服务功能链工作组(Service Function Chain Working Group,SFC WG)隶属路由研究领域,重点关注如何借助 NFV 实现服务功能链。截至 2016 年 1 月,SFC WG 已经提交 40 多篇标准化草案,主要包括 SFC 的用例、架构、网络服务报文头、问题陈述、路由控制和封装等。其中 1 项草案于 2015 年 2 月正式转为 RFC 7498:draft-ietf-sfc-problem-statement。

网络功能虚拟化研究组(Network Function Virtualization Research Group,NFVRG)重点关注基于策略的资源管理、可视化和业务编排分析、虚拟网络功能的性能建模、关于安全性和弹性服务的验证。截至 2016 年 1 月,该组已提

交 10 多份标准化草案,主要包括 NFV 业务链中的资源管理、NFV 业务验证问题陈述和挑战、NFV 基础设施的策略架构和框架。

### 2.3 3GPP

3GPP SA5(Service and System Aspects Working Group 5,电信网管系统研究工作组 5)关注 ETSI NFV 进展,研究关于 3GPP 网络管理标准在核心网网络功能虚拟化方面的增强和扩展,2014 年 5 月在 R13 立项“FS\_OAM\_VIRNET Feature or Study Item: Study on Network Management of Virtualized Networks”,编号为 32.842。该项目研究了基于 ETSI GS NFV-MAN 001 架构框架的虚拟化核心网的网络管理,还研究了包括虚拟化核心网和非虚拟化核心网的混合核心网的网络管理,还分析了虚拟化对现有的 3GPP 管理架构的潜在影响并且针对完全虚拟化的网络和混合网络提出可能的解决方案。

另外,3GPP SA1/SA2/SFV 计划研究 NFV 对网络的整体影响,并提供总体指南,后续会根据指南对各个工作组的影响分别开展相关的标准化工作。

### 2.4 ITU-T

截至 2016 年 1 月,ITU-T SG13(包括云计算、移动和下一代网络的未来网络研究组)已完成两项关于网络虚拟化的建议书:Y.3011: Framework of network virtualization for future networks (未来网络的网络虚拟化框架)和 Y.3012: Requirements of network virtualization for future networks (未来网络的网络虚拟化需求)。另外,还开展了 4 个相关项目的研究,分别关注需求、功能架构和资源控制管理。Q2 正在研究“NGN 演进中的控制网络实体的虚拟化需求(Requirements of VCN (virtualization of control network-entities) for NGN evolution)”,Q3 正在研究“NGN 演进中的控制网络实体的功能构架(functional architecture of VCN in NGN)”,Q6 正在研究“云服务虚拟网络的资源控制与管理(VNCS)(resource control and management for virtual networks for cloud services)”,Q14 正在研究“未来网络的功能体第结构的网络虚拟化(functional architecture of network virtualization for future networks)”。下文将介绍。

Y.3011 中定义了网络虚拟化的概念及其动机,也描述了网络虚拟化的问题空间、设计目标和适用性。Y.3012 中提出了未来网络中的网络虚拟化的需求。由于资源在服务部署的整个周期中通过使用不同的管理功能来进行管理,研究给出了这些功能的需求。研究还提出了实现 LINP

(logically isolated network partition) 的认证、授权和计费(AAA)以及 LINP 联盟和服务的流动性等重要问题,并提供了这些问题的需求。

正在开展的项目“NGN 演进中的控制网络实体的虚拟化需求”中研究了在 NGN 演进中对控制网络实体的虚拟化需求。正在开展的项目“NGN 演进中的控制网络实体的功能架构”中规定了一个符合成本效益的、灵活的、可扩展的和可靠的网络功能体系结构,该体系结构为 NGN 控制功能实体提供了一个虚拟化的运行环境。正在开展的项目“云服务虚拟网络的资源控制与管理(VNCS)”提出了虚拟网络载体(VNCS)中的资源控制与管理问题,它代表了基础设施载体的网络部分(如虚拟网络中的数据中心和虚拟化传输网络)。正在开展的项目“云服务虚拟网络的资源控制和管理”的体系结构框架(architectural framework for resource control and management for VNCS)”提出了一个 VNC(virtual networks for cloud)的增强服务控制和管理体系架构,包括两层:服务层和传输层。正在开展的项目“未来网络的功能体系结构的网络虚拟化”提出了未来网络中网络虚拟化的功能体系结构。研究了网络虚拟化的整体功能结构、网络化虚拟化的角色、网络虚拟化的功能以及整体功能之间的关系。

## 2.5 CCSA

CCSA(China Communications Standards Association, 中国通信标准化协会)在多个 TC 开展了 NFV 的研究工作,主要分布在 TC1、TC3、TC5、TC6 等,研究基于 NFV 的网络包括接入网、IP 承载网、IMS 核心网的相关场景、需求以及功能和接口要求,基于公用电信网的宽带客户网关虚拟化系列标准,移动软网络需求及架构、安全系列标准,网络功能虚拟化管理的架构、接口和实体间关系标准。已报批/送审的项目有:网络边缘虚拟化对城域网的影响研究、核心交换网控制面平台虚拟化技术研究和面向网络虚拟化环境的管理信息模型等。

## 2.6 NFV 标准组织发展趋势

近年来,NFV 标准的进展受到业界的极大关注,总体来说,标准研究尚处于初级阶段,需求和架构的相关标准已日趋成熟,并以 ITU-T 的研究成果为较权威,接口、协议、安全和管理等更细化的研究成果也有所呈现,但还有待于进一步完善,在今后相当长的一段时间,研究热点和重心将主要关注基于策略的资源管理、业务链、业务编排、

性能建模、安全性和弹性服务等。

## 3 NFV 开源组织

### 3.1 OPNFV

OPNFV<sup>[1,2]</sup>是由 Linux 基金会于 2014 年 10 月成立的一个 NFV 开放平台项目,该项目已于 2015 年初发布了第一个软件版本 Arno。

目前,OPNFV 开展的项目主要有 4 类,具体如下:需求项目(requirement project):主要收集记录和 OPNFV 相关的需求;集成测试类项目(integration & testing):注重持续集成和测试,并提供相关的辅助工具;合作开发类项目(collaborative development):由一个或多个上游开源开发项目、行业项目和标准开发组织组成的合作开发项目;文档类项目(documentation):重点关注相关文档的生成。截至 2016 年 1 月,OPNFV 正式立项的项目有 20 多个。

### 3.2 OpenStack

OpenStack<sup>[3]</sup>是一个由 NASA(National Aeronautics and Space Administration, 美国国家航空航天局)和 Rackspace 合作研发并发起的,以 Apache 许可证授权的自由软件和开放源代码项目。OpenStack 是一个开源的云计算管理平台项目,由几个主要的组件组合起来完成具体工作。它支持几乎所有类型的云环境,项目目标是提供实施简单、可大规模扩展、丰富、标准统一的云计算管理平台。OpenStack 在第 10 个版本 Juno 中初步引入 NFV 功能,并在第 11 个版本 Kilo 中针对 NFV 需求进行功能加强。同时,OpenStack 组织专门设立了一个名为 TelcoWorkingGroup 的工作组,从事基于电信级云平台的需求跟踪及处理。

### 3.3 KVM

KVM<sup>[4]</sup>是 Linux 环境下 x86 硬件平台上的全功能虚拟化解决方案,自 Linux 2.6.20 之后集成在 Linux 的各个主要发行版本中,它使用 Linux 自身的调度器进行管理,允许每个虚拟机具有私有的硬件,包括网卡、磁盘以及图形适配卡等。KVM 在 NFV 的整体架构中通常被作为 NFVI 的虚拟计算能力组件来集成。

### 3.4 Open vSwitch

Open vSwitch 是一个高质量的、多层虚拟交换机,使用开源 Apache 2.0 许可协议。它的目的是让大规模网络可以自动化通过编程扩展,同时仍然支持标准的管理接口和协议(例如 NetFlow、sFlow、SPAN、RSPAN、CLI、LACP、IEEE



802.1ag)。Open vSwitch 在 NFV 整体架构中主要是以 NFVI 中的虚拟交换机来集成。

### 3.5 ONOS

ONOS 是由 ON.Lab 使用 Java 及 Apache 实现发布的首款开源的 SDN (software defined networking) 操作系统, 其北向接口抽象层和 API 支持简单的应用开发, 而通过南向接口抽象层和接口则可以管控 OpenFlow 或者传统设备。

ONOS 是业界首个面向运营商业场景的开源 SDN 控制器平台, 符合运营商面向未来的业务与网络发展的战略要求, 能够端到端地支撑运营商从 WAN 到数据中心的业务按需、实时、自动化的部署及资源分配和优化调整需求。

### 3.6 OpenDaylight

OpenDaylight 开源软件定义网络项目是在 Linux 基金会的赞助下成立的, 致力于推动 SDN 和 NFV 的发展。它拥有一套模块化、可插拔且极为灵活的控制层, 这使其能够被部署在任何支持 Java 的平台之上; 同时还包含一套模块合集, 能够执行需要快速完成的网络任务。

## 4 NFV 架构的开源实现技术

ETSI NFV 参考架构由 NFVI (network functions virtualization infrastructure)、VIM (virtualization infrastructure management)、VNF (virtualization network functions)、VNFO (virtualization network functions orchestration) 和 VNFM 等主要组件组成。目前, 国内外越来越多的组织或企业通过开源的方式开放相关组件的功能, 从而更加快速地推动了 NFV 在功能及性能上的发展。

### 4.1 开源 NFVI 及 VIM 架构<sup>[5, 6]</sup>

开源 OPNFV 项目于 2015 年 6 月正式公布第一版 NFV 开源框架 Arno, 该版本聚焦 ETSI NFV 参考架构中的 NFV 基础设施 (NFVI) 和虚拟架构管理 (VIM), 为 NFV 上层 VNF 和业务编排系统提供了一个运营商级的、集成的、开源的底层能力平台。Arno 能够持续集成、自动化部署和测试项目的相关组件, 如: Ceph、KVM、OpenDaylight、OpenStack 和 Open vSwitch。终端用户和开发者可以在 Arno 上部署自己的或者第三方的 VNF, 在多种场景和使用案例下测试 VNF 的功能和性能。Arno 还提供了一个基于社区测试的实验基础设施, 开发人员可以在不同的环境

和硬件条件下测试实验平台。这个架构能够让实验平台在不同的 NFV 场景下运用, 确保多种开源组件可以一起满足供应商和终端用户的需求。

### 4.2 开源 NFVO<sup>[7]</sup>

西班牙电信公司 Telefónica 于 2015 年初将自身研发的 OpenMANO 代码开源, 并上传到 Github。OpenMANO 包含 openvimd、openmanod 和 openmano-gui 3 部分以及两个命令行客户端: openvim 和 openmano。该平台实现了符合 ETSI NFV 参考架构中的 NFVO 的功能框架, 但并没有实现同底层 VIM 的接口实现。

### 4.3 开源 VNF<sup>[8, 9]</sup>

NFV 网络功能的软硬件解耦及功能抽象的本质, 降低了企业进入通信领域的门槛。伴随着 NFV 相关技术的不断发展, 目前, 已经出现了开源的 VNF, 如 OpenEPC ([www.openepc.com](http://www.openepc.com))、OpenIMS (<http://www.projectclearwater.org/>) 等。然而, NFV 涉及了包括底层基础设施资源 (包括计算、存储、网络)、虚拟网络功能 (各类电信服务)、综合管理 (资源管理、VNF 管理)、业务编排、网管等诸多领域, 因此, 搭建一套完整的 NFV 平台是一个较为复杂的系统工程。

## 5 结束语

本文深入研究了以 ETSI 为代表的各标准组织以及以 OPNFV 为代表的开源组织的研究动态, 总结了其最新成果, 分析了 NFV 标准发展趋势, 并归纳了 NFV 架构开源实现的关键技术, 为 NFV 的标准研究和开源技术实现提供了参考。

### 参考文献:

- [1] Network functions virtualisation [EB/OL]. (2014-03-20) [2015-10-15]. [http://portal.etsi.org/NFV/NFV\\_White\\_Paper.pdf](http://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf).
- [2] Business case for Juniper networks virtualized mobile control gateway [EB/OL]. (2014-03-20) [2015-10-15]. <http://www.acgresearch.net/>.
- [3] 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. NFV infrastructure cloud platform based on open source OpenStack architecture[J]. Telecommunications Technology, 2015(1): 22-26.
- [4] KVM home page [EB/OL]. (2014-03-20) [2015-10-14]. [http://www.linux-kvm.org/page/Main\\_Page](http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page).
- [5] VMware home page [EB/OL]. (2014-03-20) [2015-10-14]. <http://www.vmware.com/cn>.

- [6] LEINENBACH D, SANTEN T. Verifying the microsoft hyper-V hypervisor with VCC [M]//FM 2009: Formal Methods. Heidelberg: Springer, 2009: 806-809.
- [7] Openstack home page [EB/OL]. (2014-03-20) [2015-10-15]. <https://www.openstack.org/>.
- [8] 林利, 石文昌. 构建云计算平台的开源软件综述 [J]. 计算机科学, 2012, 39(11):7-13.  
LIN L, SHI W C. Survey of open source software for building cloud computing platforms [J]. Computer Science, 2012, 39(11): 7-13.
- [9] Network functions virtualisation (NFV); architectural framework [EB/OL]. (2014-03-20) [2015-10-15]. [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/NFV/001\\_099/002/01.01.01\\_60/gs\\_NFV002v010101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/002/01.01.01_60/gs_NFV002v010101p.pdf).

#### [作者简介]



马书惠(1979-),女,博士,中国联合网络通信有限公司研究院高级工程师,中国通信标准化协会 TC10 WG4 组长,主要研究方向为 SDN/NFV、云计算及物联网相关标准和技术。

毋涛(1981-),男,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、移动互联网、物联网、行业信息化等。