



基于虚拟化技术的核心网络研究

胡晓娟,赵慧玲

(中国电信股份有限公司北京研究院 北京 100035)

摘 要:首先分析了核心网引入虚拟化技术的几种场景,然后介绍了虚拟化硬件架构下的核心网网络架构,并分析了核心网虚拟化的相关关键技术,最后介绍了核心网虚拟化的进程及步骤。

关键词:通信网络技术;虚拟化网络;核心网

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.08.007

Research on the Virtualized Core Network

Hu Xiaojuan, Zhao Huiling

(Beijing Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Beijing 100035, China)

Abstract: Scenarios of virtualized core network were analyzed firstly, then virtualized core network architecture and related key technologies were discussed. Finally, the core network virtualization processes and procedures were forecasted.

Key words: communication network technology, virtualized network, core network

1 NFV 技术标准化情况及业内动态

(1) 标准化情况

ETSI 网络功能虚拟化(NFV)行业规范工作组(ISG)于 2012 年 10 月由 13 家电信网络运营商(包括 AT&T、英国电信、CenturyLink、中国移动、Colt、德国电信、KDDI、NTT、Orange、意大利电信、西班牙电信、Telstra 和 Verizon)联合发起,目前有 62 个成员和 81 个参与组织。NFV 旨在通过研究发展标准 IT 虚拟化技术,使得许多网络设备类型能够融入符合行业标准要求的大容量服务器、交换机和存储设备中,支持在通用 NFV 硬件上运行的软件执行网络功能。

ETSI NFV ISG 于 2013 年底完成并发布多个文稿,包括 NFV 架构、用户案例、虚拟化要求、名词术语以及一系列 PoC 文档,并更新发布了 NFV 白皮书 2.0 版本。ETSI NFV ISG 目前正在制订其他的文稿,关注的主要问题包括性能、可移植性/可复制性、编排和管理、安全、接口及

Hyper-V 等,同时进行 GAP 分析,研究虚拟化对其他标准化组织标准的影响。

核心网 EPC 及 IMS 等的虚拟化是 NFV 目前认为最有可能最早商用的两种场景^[1]。3GPP 也比较关注 NFV 在 ETSI 的进展情况,SA5 已开始研究关于原有 3GPP 网络管理相关标准在虚拟化方面的更新情况。3GPP SA1/SA2/SA3 后续将研究 NFV 对网络的整体影响。

(2) 业内动态

依据 Infonetics 于 2013 年对业内运营商的调研^[2],参与调研的运营商中拟部署虚拟化网络的高达 93%,虚拟化技术的引入在 2015 年会形成第一轮部署高峰。引入虚拟化技术最主要的驱动力包括资源的灵活调度、业务的快速上线及投资的节省。而虚拟化技术的主要制约是技术及标准还不成熟、缺少相关工程师、成本节省模式不明朗。运营商主要引入虚拟化技术的场景包括 CDN、IMS、虚拟化路由器、防火墙及 EPC 等。

从以上调研可以看出,EPC和IMS是运营商目前较关注的场景。国内外的主流设备提供商均在进行核心网虚拟化的相关研发,目前大多处于PoC测试阶段。运营商在核心网引入虚拟化技术方面也进行了积极尝试,如Vodafone在德国已经部署了商用的虚拟化PGW设备,MetroPCS采用虚拟化IMS网络提供VoLTE及RCS业务,SKT、DoCoMo、Verizon、Sprint、Telefonica均在进行核心网虚拟化的实验室验证,AT&T正在致力于采用虚拟化的EPC提供M2M业务,德国电信认为核心网虚拟化的基础设施可全部由运营商自己购置和开发,仅需向设备商采购VNF软件,通过旗下公司T-system进行自主集成。

2 核心网虚拟化场景

核心网位于基础承载网及业务层之间,是指软交换网络、IMS网络及EPC网络等进行呼叫控制、路由控制的通信网的核心控制层,是业务得以部署的关键网络。近年来用户对语音、数据业务的需求日益变化,同时电信运营商业务受到来自OTT相关应用的冲击,电信运营商为了避免成为管道,加速管道智能化和能力开放化的进程,核心网也必须适应这种变革。传统的网络架构、部署方式等在应对市场变化方面存在一些问题,在业务提供方面的能力也需要得到提升。以下从多个角度分析核心网引入虚拟化技术的应用场景及必要性。

(1) 基于虚拟化的核心网便于硬件资源的灵活调度

目前运营商的核心网存在多个网络,如软交换网络、IMS网络、EPC网络等。这些网络均采用垂直布网的模式,各网络间的硬件资源无法实现共享。即使是同一网络内的资源,各设备之间的硬件资源也无法实现共享及灵活调度,网络规模无法依据业务情况进行缩减,这是运营商一直面临的一个问题。

而网络虚拟化技术可实现资源的灵活调度,虚拟化的核心网可以利用不同网络承载业务的忙闲特征灵活调度多网络资源,也可利用同一网络、同一时段、不同地域的忙闲差异灵活调度网内资源。灵活的资源调度可以很大程度地提升网络设备的利用率,也可提升节假日等高峰时段的用户业务体验。

(2) 基于虚拟化的核心网可加快新业务的部署

基于虚拟化的核心网在业务部署方面的流程与现网有所差异。现网新业务的部署需经过业务测试、设备采购、设备安装联调,最终实现业务发布,虚拟化的核心网可大

大缩短业务上线流程。首先,业务测试阶段可利用核心网资源池中的资源快速搭建业务测试环境;而硬件设备因可直接从资源池申请资源,可以缩短设备采购的周期;设备的安装调试只需依赖NFV核心网架构中业务编排的能力进行网元软件的自动安装、网络数据的自动配置,也可缩短设备的上线时间。利用虚拟化的核心网架构部署业务,业务的部署周期可从目前的几十天缩短至十几天。业务的快速部署可以提升电信运营商应对OTT应用的竞争力。

(3) 基于虚拟化的核心网有利于提供政企解决方案

电信运营商在政企解决方案领域具备一定的优势,这些优势体现为其提供稳定、可靠、高QoS的服务。但目前核心网的网络架构不适合为政企用户提供专有的、相对独立的网络资源,也不适合为政企用户量身打造符合其特性化需求的统一的通信解决方案。

核心网引入虚拟化技术后,上述问题将会得到较完美的解决。采用虚拟化技术,可为政企用户建立虚拟的专用网络,在资源上与电信运营商的大网相隔离。采用虚拟化技术,网络软件功能与网络的硬件设备已经实现解耦,在政企的虚拟专网中,可以依据政企的需求,最大限度地优化业务软件的功能,满足政企用户的个性化需求。

(4) 引入虚拟化技术有利于降低CAPEX及OPEX

虚拟化技术的引入,使得核心网的软件功能与硬件平台得以解耦。所有的核心网功能均采用统一的硬件平台,在一定程度上可以提升资源的利用率,从而降低CAPEX。另一方面,因虚拟化的核心网硬件将由基于通用服务器的硬件平台取代,通用服务器的采用也会降低核心网硬件设备的投入成本。但软件的费用目前还没有商业模式,虚拟化后的核心网软件存在高收费的可能性。一般认为核心网引入虚拟化技术后,其CAPEX的降低并不明显,但对OPEX的降低效果相对比较显著。

虚拟化的架构一定程度上简化了网络部署、网络配置及网络管理,节省了人员成本,降低了OPEX。在底层设备的维护方面,由基于通用服务器的硬件设备替代目前电信专有的硬件设备,可以降低运行维护的门槛,需要掌握的设备维护技术由现有的多网络多设备,转变为对基于通用服务器硬件平台及业务软件的维护,这在一定程度上节省了维护外包及设备自维的费用,节省了设备部署、安装、调试的费用,为降低OPEX做出贡献。另外,虚拟化的核心网在能耗方面也将有一定程度的节省。



3 基于 NFV 的核心网架构

ETSI 虚拟化工作组提出的虚拟化网络架构如图 1 所示^[3],分为硬件层(NFVI)、虚拟化网络功能层及右侧的虚拟化网络管理协同层。该架构同样使用 IMS 网络及 EPC 网络的虚拟化架构。

硬件层的最底层为资源层,如计算硬件资源、存储硬件资源、网络硬件资源等;其上为虚拟化层,主要采用一些主流的虚拟化软件实现,如 VMware、KVM、Xen 等,设备提供商一般采用优化上述虚拟化软件的方式构建虚拟化层;硬件层最上层为虚拟化后的计算单元、存储单元、网络单元等。

虚拟化的网络功能层由各种 VNF(virtualized network function,虚拟网络功能)组成。每个 VNF 依据其运行的不同软件可实现不同的核心网网络逻辑功能。每个 VNF 由多个 VM(虚拟机)组成,VM 为虚拟化层已经虚拟化的虚拟计算资源、虚拟存储单元等。EMS 为网元网管,OSS/BSS 为目前运营商的支撑系统,EMS 一般由 VNF 厂商提供,除传统的网管功能外,还局部虚拟化环境下的新增功能,如 VNF 资源的申请及运行数据的采集等。

虚拟化管理及协同层中包括 Orchestrator(编排器)、VNFM(VNF manager,虚拟化网元网管)及 VIM(virtualized infrastructure manager,虚拟化的基础设施管理)3 个功能单元。其中,编排器实现业务的编排,确定网络所需要部署的 VNF 数量、VNF 类型及 VNF 拓扑等,同时生成 VNFM 实例,并与 VNFM 交互,实现 VNF 的实例化及 VNF 的生命周期管理;VNFM 主要负责 VNF 的容量规划并确定对 VM 的需求、VNF 的生命周期管理及与 VIM 交互申请 VM 资源等;VIM 的主要功能是实现对整个基础设施层资源(包含硬件资源和虚拟资源)的管理和监控,如 VM 的监管及 VM 运行状态信息的上报等。

虚拟化的架构对原 IMS 网络、EPC 网络等的网元功能、接口的技术要求并未改变,只是改变了核心网的硬件平台,并实现了硬件及软件的解耦。核心网虚拟化的研究尚处于起步阶段,还有很多关键问题需要进行研究。

4 基于 NFV 的核心网关键问题

基于 NFV 的核心网需要解决一些关键问题,才能实际进行部署,如虚拟化核心网的标准化问题、可靠性问题、安全性问题、性能问题、网络资源调度及协调编排问题以

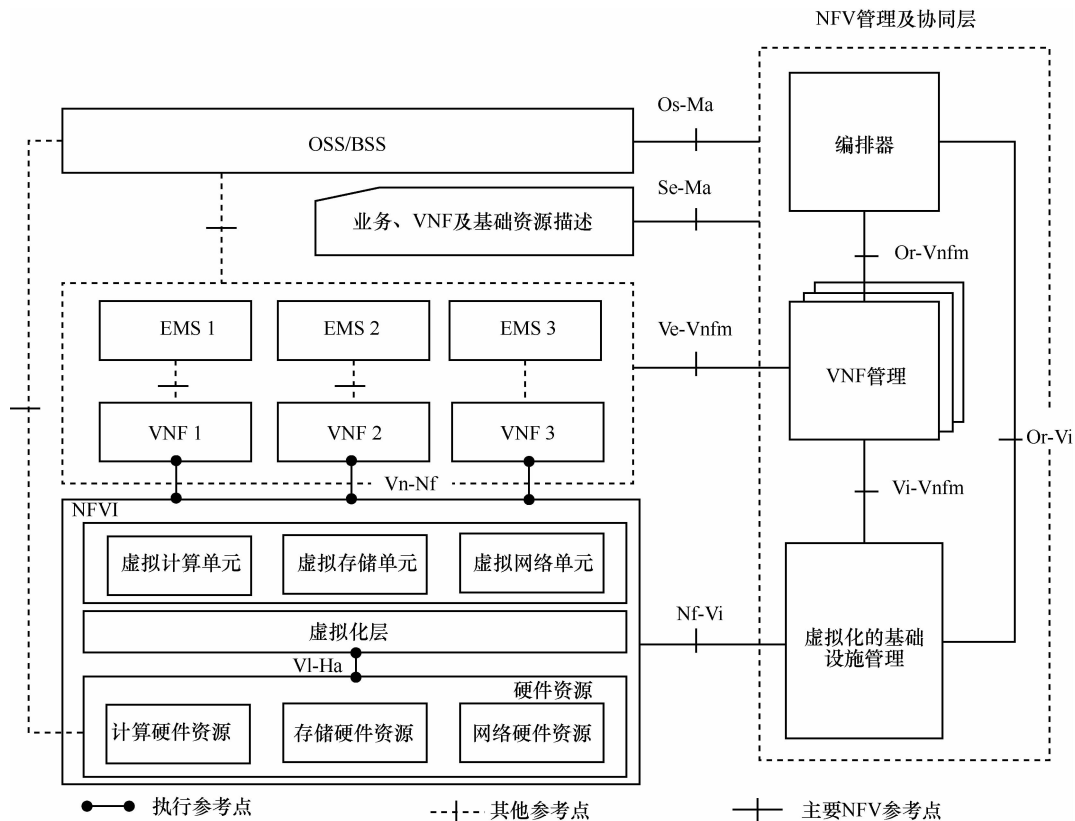


图 1 网络虚拟化架构示意

及运行维护方式的转变问题等,具体介绍如下。

(1) 标准化问题

传统电信运营商提供的业务构建在完善的的标准的基础上。基于 NFV 的核心网由于硬件虚拟化技术的应用,其网络架构发生了实质性的变化。新的架构产生了新的逻辑功能单元,如编排器、VNFM、VIM 等,这些功能单元之间、与 VNF 及 VM 之间均产生了新的接口。

虚拟化的核心网环境下,哪些接口需要进行标准化,哪些接口可以采用私有接口不进行开放,这些问题均需要明确并进行相关的标准化工作。在虚拟化的环境下,原有核心网逻辑网元间的接口及协议未发生变化,但原有接口及网元的交换流程有可能发生变化,如 EMS 与 OSS 中间将新增虚拟化相关的网管信息及设备运行维护信息。

ETSI 的 NFV 组织提出的框架、接口等需要与其他标准化组织接轨,完成虚拟化架构下核心网的标准化工作。3GPP 已经开始考虑 NFV 组织的架构,并率先在 SA5 对虚拟化核心网的网管、计费系统等方面开展标准化工作。后续在 SA1、SA2 及 SA3 等工作组将展开网络虚拟化的相关研究。

(2) 可靠性及安全性问题

传统电信运营商因监管等因素,电信网络及业务需要提供 99.99999% 的可靠性(即少于每年 5 min 的宕机时间)。而虚拟化后的核心网是否能提供类似的可靠性是核心网虚拟化需要研究的关键问题之一。

虚拟化的核心网硬件设备基于通用服务器,通用服务器与传统的电信硬件相比,在可靠性方面有所下降。但随着通用服务器的发展,其可靠性也在日益提升。另外,在虚拟化的架构下,除了核心网虚拟网元间依旧保持原冗余备份外,虚拟化的网络资源可以实现分布式计算及分布式存储。当底层资源出现故障时,可自动将计算任务转移到其他 VM,或者从其他单元自动调用备份数据,从而可以提升系统的可靠性。同时,虚拟化的核心控制层可更大范围地调用硬件资源,在异地容灾等领域提升系统的可靠性。但 IT 云的可靠性算法不能达到电信云的可靠性指标,需要通过新的虚拟化环境下的可靠性算法及现网测试才能落实虚拟化核心网的可靠性问题。

至于安全性,目前采用的解决方案通过多级认证,保障资源使用的合法性,防止盗用及恶意接入。同时,采用虚拟资源隔离的方式避免虚拟应用间的互相影响,也可隔离不同用户,为政企客户等分配相对独立的资源及管理,提升

安全性。但安全性的解决方案也在启动阶段,有待验证。

(3) 性能问题

虚拟化核心网的性能问题,主要集中在内存的读写方面,资源的计算能力并不会成为瓶颈。

虚拟化增加了虚拟层,因而导致性能有所影响,特别是对时延敏感并有性能要求的用户面。性能下降主要由内存 I/O 引起。虚拟模块主要为 IT 环境搭建,对于电信应用更多的网络和数据业务流意味着更多的缓存需求。

目前业界采用 DPDK、SR-IOV 等提升虚拟化核心网用户面的性能指标,也有设备提供商采用特定设计的内存和 I/O 读写算法来提升性能。

基于服务器的虚拟化核心网是否能满足大量数据业务、语音业务用户面媒体转发的性能需求,也有待验证。

(4) 网络资源调度及协调编排问题

虚拟化核心网在网络规划、网络部署方面与目前传统电信网络有较大的差异。目前核心网的规划直接依据业务量线下测算网络容量,确定网络拓扑及网元数量。虚拟化核心网则自动依据业务量通过编排器进行 VNF 规划,并落实到 VM 的规划。

虚拟化架构中业务编排模式需要进行研究,理顺架构的管理及协调层中各个逻辑功能的功能及其协调工作机制。同时,虚拟化核心网中底层硬件资源、虚拟化网元功能、协调管理部分打破了同厂商提供的模式,在网络集成等方面也需要进行研究,形成新的虚拟化核心网业务部署及资源调度、编排机制。

(5) 运行维护方式的转变问题

在核心网虚拟化的研究中,运维方式的转变也是其中的关键问题之一。虚拟化核心网颠覆了目前核心网设备一种功能一种设备形态的模式。运营维护的模式不再纵向划分,如 IMS 网络维护或者 EPC 网络维护,而是硬件设备维护、软件设备维护及虚拟化网络资源编排维护等。

另外,运行维护的范围也有所变化。目前的运行维护往往以省为单位进行,但虚拟化核心网可在更大范围内实现统一控制,以便于更灵活地调度资源,因此将改变目前的运行维护模式。

上述运行维护方式的转变也是影响核心网虚拟化进程的关键因素之一。

5 核心网虚拟化进程

核心网的虚拟化有很多动力,如降低电信运营商投



入、增加资源的调度弹性、缩短业务的部署流程及周期、增强核心网业务能力等。但制约核心网虚拟化进程的因素也较多,如标准化的推进、设备厂商研发的进程、运营商部署的意向等。目前只考虑设备成熟的因素,虚拟化的核心网预计在 2015 年将具备外场测试条件,2017 年左右具备商用部署的能力。

虚拟化核心网的部署是对核心网架构的革命性演进,核心网云化已经是可预期的发展趋势。

6 结束语

核心网虚拟化是目前业界关注的焦点问题之一。本文主要介绍了虚拟化技术,分析了核心网引入虚拟化技术的应用场景。同时,梳理了核心网虚拟化涉及的相关问题,并探讨了需要解决的关键技术问题。最后对核心网虚拟化的进程及时间点进行分析。

核心网虚拟化对传统电信运营商来说是变革性的网络演进,首先需要在技术及运行维护方面解决相关关键问题,确保虚拟化核心网的功能及性能,其演进需要一个较长的过程。但核心网虚拟化是业内核心网发展的趋势,核心网的虚拟化势不可挡,在提升核心网能力及满足市场业务需求方面具有强劲的优势。

参考文献

- 1 ETSI GS NFV 001 V1.1.1. Network Functions Virtualization, Use Cases, 2012
- 2 Infonetics Research. SDN and NFV Strategies: Global Service Provider Survey, 2013

(上接第 32 页)

SDN inter-domain network peering. Proceedings of the 33rd IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM14), Demo, Toronto, Canada, 2014:111~112

10 <https://www.internet2.edu/blogs/detail/5020/>

[作者简介]



毕军,男,于清华大学计算机系获得博士学位。曾赴美国留学,任贝尔实验室博士后、研究员。2003 年由清华大学引进回国工作,现任清华大学信息网络科学与网络空间研究院网络体系结构和 IPv6 研究室主任、教授、博士生导师,国家高技术研究

- 3 ETSI GS NFV 002 V1.1.1. Network Functions Virtualization, Architecture Framework, 2012
- 4 ETSI GS NFV 003 V1.1.1. Network Functions Virtualization, Terminology of Main Concepts in NFV, 2012
- 5 ETSI GS NFV 004 V1.1.1. Network Functions Virtualization, Virtualization Requirement, 2012
- 6 ETSI GS NFV-PER 002 V1.1.1. Network Functions Virtualization, Poof of Concepts, Framework, 2012

[作者简介]



胡晓娟,女,博士,中国电信股份有限公司北京研究院高级工程师,主要研究方向包括 LTE 网络、IMS 网络、软交换网络及 SDN/NFV 技术等,主要致力于网络解决方案的研究。



赵慧玲,女,中国电信股份有限公司北京研究院总工程师、教授级高级工程师,中国电信股份有限公司云计算研究中心主任,国家科技部 SDN 项目责任专家,清华大学中国电信下一代互联网技术联合实验室主任,主要从事宽带网络和下一代网络的技术研究以及通信网络发展战略研究工作,主持了我国网络标准的研究和制订工作。享受国家政府津贴,发表文章近百篇,出版技术专著 12 部;曾获得国家技术发明奖二等奖 1 项,国家科学技术进步奖二等奖 2 项,部级科学技术进步奖一等奖 3 项、二等奖 9 项、三等奖 8 项。

(收稿日期:2014-06-25)

发展计划(“863”计划)“未来网络体系结构和创新环境”项目首席专家。目前主要从事新型互联网协议和新型网络体系结构领域的研究工作。入选教育部“新世纪优秀人才”,获得国家科学技术进步奖二等奖、多项部委一等奖。在未来网络领域担任多个国际学术会议主席、亚洲未来互联网学会主席、中美学术网未来互联网工作组联合主席、中国 SDN 和开放式网络专业委员会常务副主任等学术兼职,应 ONF 邀请任研究顾问。近 5 年发表学术论文百余篇(SCI 收录源 20 余篇);以第一发明人获得授权国家发明专利 10 余项;在 IETF 制定国际标准草案 20 余项,颁布或已获批准 4 项。

(收稿日期:2014-07-12)