



面向云化的核心网架构研究^{*}

熊 微¹, 房秉毅¹, 张云勇¹, 吴 俊², 李素粉¹

(1. 中国联合网络通信有限公司研究院 北京 100048; 2. 北京邮电大学 北京 100876)

摘 要: 通过介绍移动核心网虚拟化相关技术 NFV 和 SDN, 分析了目前核心网虚拟化方面的研究情况, 得出了核心网虚拟化的需求, 针对移动核心网的网络架构, 给出了移动核心网系统虚拟化管理总体架构, 并对该架构进行了分析。

关键词: 移动核心网; 虚拟化; 网络功能虚拟化

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.11.006

Research on Virtualization of Mobile Core Network Architecture

Xiong Wei¹, Fang Bingyi¹, Zhang Yunyong¹, Wu Jun², Li Sufen¹

(1. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China;

2. Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: The NFV and SDN were introduced, the current work in network virtualization was analyzed and its requirements were concluded. Aimed at network architecture of mobile core network, and then the architecture of core network virtualization were proposed and brief introduction was made which was very import to guide the evolution of core network.

Key words: mobile core network, virtualization, virtual network function

1 引言

随着 LTE 网络的大规模部署和应用、智能终端的广泛普及, 未来大流量、高带宽业务占比将不断增加, 给核心网带来较大影响, 使得运营商对移动核心网云化的需求日益迫切。一方面运营商的核心网包含 CS、PS、IMS、HLR/HSS 等数十种网元, 网元种类繁多, 硬件资源难共享, 并且单系统性能受限于硬件的处理能力, 存在系统瓶颈, 性能提升过于依赖硬件的升级, 这些使得运营商网络建设升级的投资成本和管理成本居高不下; 另一方面随着移动互联网业

务的兴起, 电信运营商对高性能计算、海量存储、业务快速上线、资源灵活共享及管理方面的需求不断增加, 在寻找新的途径为用户提供更好的移动使用体验的同时需要为运营商引入新的业务和利润增长契机。

传统的电信核心网是由电信级专用硬件和软件组成, 专用技术可以保障核心网网元的高性能和高可靠性, 但是传统核心网同时存在灵活性差、建设周期长、硬件资源的整合利用率和优化率低、扩展困难等问题。虚拟化技术可以降低资源使用者与资源具体实现之间的耦合程度, 让使用者不再依赖于资源的某种特定实现。在核心网中引入虚

^{*} 国家自然科学基金资助项目(No.71172134), “新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大基金资助项目专项(No.2012ZX03002001-002, No.2013ZX03002004-002, No.2013ZX03002003-005)



拟化技术,可实现核心网络硬件平台与软件间解耦、网络容量按需弹性伸缩、网络业务的灵活部署、提升资源利用率,降低了投资成本和管理。

然而核心网虚拟化对于传统电信设备商而言,面临的新挑战不单是对新技术的应用。对于传统设备商,提供的是从硬件、组网、系统软件到业务软件的成套完整设备,可以看作是一种垂直式的应用部署;不同的网元硬件设备可能不同,而网元相同、厂商不同,硬件设备也会不同。核心网云化之后,设备和网元不再是一一对应的关系,由于硬件基础设施和上层应用的解耦,使得底层网络资源通过虚拟化可以被多种应用共享,因此传统单一的成套设备购买方式也将不再存在。为了实现移动核心网的云化、硬件设备通用化、网络功能软件化,将移动核心网络硬件平台与软件间解耦,近几年出现的 NFV(网络功能虚拟化)和 SDN(软件定义网络)技术为移动核心网的云化提供了契机。

目前,将 NFV 和 SDN 技术应用于移动核心网相关的工作主要集中在移动核心网演进关键技术、移动核心网控制网络架构、移动核心网应用 NFV、移动核心网网络虚拟化等方面。参考文献[1]从移动核心网的控制面和转发面分析了移动核心网网元特征,提出了移动核心网网络虚拟化的演进步骤及其相应的虚拟化部署结构,同时结合 NFV 和 SDN 技术分析了移动核心网网络虚拟化的目标架构。该文献是从总体的演进路线和架构层面着手,分析虚拟化技术应用与核心网的可行性,提出设备云和控制云的概念,即利用 NFV 进行网关设备虚拟化,SDN 实现控制转发分离的架构,并未提出核心网网元如何虚拟化。参考文献[2]是基于 SDN 技术及 NFV 的理念,构建融合的、虚拟化的移动核心控制网络架构,该文献分析了现行的 2G/3G、Wi-Fi 及未来 LTE 核心网网络功能,整合抽象后依据 SDN 的理念进行设计,对核心网虚拟化方面的研究仅提到在接入层及转发层之间部署虚拟化的接入适配网元,未明确指出如何部署虚拟化的接入适配网元。参考文献[3]主要从基础设施平台选择、核心网云管理架构和转发面性能加速 3 个方面探讨了将 NFV 应用到移动核心网的主要问题,并基于 ETSI 的 NFV 架构,提出了一种移动核心网的云管理系统架构。该文献为 NFV 应用于移动核心网提供了理论支持。参考文献[4]对网络虚拟化及网络功能虚拟化的需求及热点技术进行分析,并提出在运营商网络中的典型应用场景,从移动核心网架构层面出发,针对演进分组核心网

(EPC)网元虚拟化,提出了采用“applications + controller + switch”3 层架构,通过“applications + controller”实现控制功能,“switch”层实现基于流的转发功能,但是也未明确指出如何进行虚拟化。

2 NFV 与 SDN 技术

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到符合行业标准的大量服务器、交换机和存储设备中去。它是将多个硬件或软件网络资源及相关的网络功能集成到一个可用的软件中进行统一管理和控制的过程,对于网络应用而言,该虚拟网络环境的实现方式是透明的。

SDN 是一种新兴的基于软件的网络架构和技术,其最大的特点在于具有松耦合的控制平面和数据平面、支持集中化的网络状态控制、实现底层网络实施对上层应用的透明。采用软件集中控制、网络开放的 3 层架构,能高效调度全网资源并提升网络虚拟化能力,为核心网虚拟化提供动态灵活的传输架构,以满足其分布式的,对虚拟机、工作负载等高度协调和控制的要求。

由上可知,NFV 可提供网元功能,SDN 可提供网络连接,两者可共同构成网络,推动网络创新。同时,SDN 通过功能的拆解,有利于功能网元分别实现虚拟化;NFV 可基于 x86 通过硬件为 SDN 的控制和转发网元提供虚拟机资源。因此,将二者结合为移动核心网网络虚拟化、标准化和产业化提供了潜能以及广阔的应用前景和契机。

但是目前 NFV 应用于核心网虚拟化仍面临以下挑战。

(1) 虚拟化设备的可靠性

虚拟化核心网设备是基于通用服务器,而通用服务器的可靠性明显低于传统专用的电信设备。目前核心网虚拟化提高系统可靠性的关键技术有以下几种方式。

- 实时的监控系统:采用心跳消息等机制,及时发现故障并处理。
- 虚拟机分散:将同一个网元功能的多个虚拟机散布到异址物理设备上,降低单点故障对网络的影响。
- 虚拟机备份:通过对虚拟机进行热备份、专有设备备份及建立通用备份池对多个网元的虚拟机进行备份的方式,提高网元的可靠性。
- 管理系统备份:对 CMS、VNFM 等管理系统同样采用备份、带外管理等机制,进一步提升系统可靠性。

(2) 数据存储转发性能问题

设备的性能主要体现在设备的计算能力、数据转发能力及存储能力,虚拟化核心网的性能瓶颈主要集中在 I/O 接口数据转发上,与传统设备相比大概有 20%~40% 的性能损失。

(3) 业务部署方式

传统网络依据所部属业务网络容量进行测算,然后进行设备的集中采购、调试和上线。而虚拟化网络的硬件采用虚拟化的硬件池中的资源,由 MANO 实现业务编排、虚拟资源需求计算及申请,完成网络能力部署。业务部署方式的变化对现行的设备采购模式、运行维护模式产生较大的冲击,因此虚拟化核心网如何集成、运维也是一个巨大挑战。

(4) 虚拟化核心网架构中的标准问题

NFV 虚拟化架构需要标准化的内容并非电信网络架构、功能,更多集中在管理接口;虚拟化架构的接口及协议标准化涉及多个标准化组织及开源组织,且虚拟化架构中接口及协议标准化工作还未落地,需明确应标准化的接口及采用的协议。

3 移动核心网云化的需求

伴随着宽带移动网络、多媒体应用、移动互联网等的蓬勃发展,业务也逐渐从以语音为主的格局向以数据为主的方向演变,呈现出大数据承载的业务特点并产生了新的业务需求。同时,由于 OTT 业务的竞争,运营商的业务受到强烈冲击,其利润收益增长逐步放缓,因此运营商需要提升业务部署速度以增强与 OTT 业务的竞争力。传统核心网目前面临的困境及需要解决的问题主要包括以下几个方面。

(1) 资源部署统一编排和调度

资源无法统一调度是运营商一直面临的一个问题。网络部署时为了降低成本,无法依据节假日等高峰期的业务需求来部署资源。在业务高峰期,网络资源无法通过统一调度和灵活的资源调派来确保良好的服务质量。另一方面,运营商网络资源的部署主要面向公众客户,针对政企客户的额外业务需求,无法灵活地利用现网资源为政企客户部署资源和配置网络。而网络虚拟化技术可实现资源的灵活调度,在不同的虚拟机中配置网络应用或网络配置可实现多版本部署,以支持不同的应用、用户、租户,实现网络资源共享。

(2) 网络规模快速、灵活地调整

运营商网络部署是以设备为最小单位,硬件及软件都需要调试、安装。网络规模无法依据当前业务流量的变化动态调整虚拟资源的占用;当网络规模不足需要扩容时,网络部署时间较长,无法快速、灵活地满足业务需求。而网络虚拟化技术使设备的硬件平台与软件分离,网络规模的增减以软件的快速安装取代新的硬件部署,提升测试与集成效率,可实现网络规模的灵活、快速调整。

(3) 运营商采购成本、运营成本

相对于互联网公司采用的 COTS 设备,网元种类繁多,硬件资源难共享,单系统性能受限于硬件的处理能力,存在系统瓶颈等使得运营商 CAPEX 成本比较高。同时,核心网网络复杂,网元间接口多且不够开放,系统参数设置繁多,系统容量的规划和升级扩容复杂,给运营商带来了很高的 OPEX 成本。网络虚拟化技术引入服务器替代传统的电信级设备,在网络造价、设备能耗等方面可显著改善投入较高的局面。硬件平台与软件分离使网络能力的部署可在统一的硬件平台上注入软件实现,在一定程度也可降低成本。

(4) 业务能力开放和虚拟化系统统一管理

运营商需要将电信基础网络能力开放给第三方,便于新业务的开发和创造新的利润增长点。目前的网络相对较封闭,协议繁杂,网络能力开放困难。核心网控制层引入网络虚拟化及 SDN 的概念,可简化网络架构,并将控制功能集中设置,便于向第三方开放网络能力。核心网虚拟化系统由物理设备、虚拟设备、网元应用等组成,这些资源分别属于物理层、虚拟化层和网元应用层管理,各个层面的管理软件可能来自不同的厂商。如何有效协调和监控管理,并方便运维,是一个需要解决的问题。

因此,对核心网云化体系的研究将有效提高网络和硬件资源利用率、提升软件的可移植性,从而降低网络建设投入和运营成本,实现业务的快速上线和资源灵活调度,为运营商网络的构建和能力提升提供参考。

4 核心网系统虚拟化管理架构

核心网的云化可理解为功能软件化、业务统一编排和硬件云资源池化的一体化。对于运营商而言,核心网系统虚拟化总体架构可分为 4 层,从下到上依次是物理层、虚拟化层、网元应用层、服务管理层。

图 1 为核心网系统虚拟化管理架构示意。

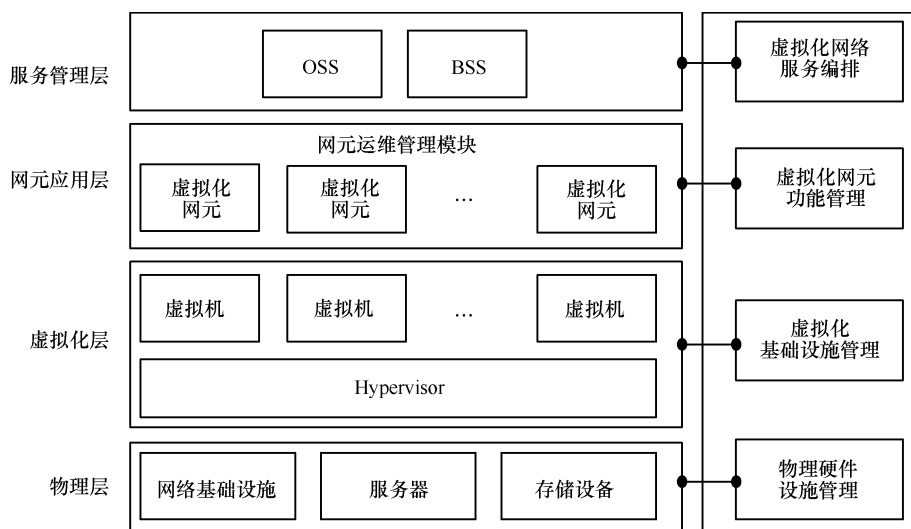


图1 核心网系统虚拟化架构

(1)物理硬件层

虚拟化环境的硬件服务器、网络交换机、存储磁阵等通用硬件,其管理可以通过物理设施管理软件实施;采用云化的方式进行管理,为虚拟化层提供统一、稳定、可靠、高效的物理基础设施。硬件层包括承担着计算存储和内外互通任务的设备,提供计算和存储资源,结合 Hypervisor 对硬件进行虚拟化;同时还承载着网络互通的职责,除了传统的物理网络连接外,还包括虚拟机与外部之间的连接。

(2)虚拟化层

虚拟化将物理硬件与操作系统分开,使得具有不同操作系统的多个虚拟服务器在同一个物理服务器上运行,最大化地利用硬件资源,即物理服务器的硬件资源被多个虚拟服务器共享,并可通过虚拟服务器管理平台进行统一调配,极大地提高了服务器硬件利用率,并可有效地减少服务器购置及基础设施的投入。虚拟化基础设施管理平台有 OpenStack、VMware、TECS 等;为应用层提供虚拟化的硬件设施,可以为应用层软件提供高效、可靠、可管理的运行环境。

- 虚拟机:通过软件模拟的逻辑上的计算机系统,具备计算机完整的功能,且运行在一个隔离环境中,可以安装不同的网元软件以实现不同的网元功能。
- Hypervisor:支持 KVM、XEN、EXSi 等 Hypervisor,主要负责对物理资源的分区和隔离,协调虚拟机对硬件资源的访问,同时也在各个虚拟机之间施加防护。当服务器启动并执行 Hypervisor 时,它会加载所有虚拟机客户端的操作系统,同时会根据需求和策略分配给每一台虚拟机适量的内存、CPU、网络和磁盘。

(3)网元应用层

网元应用层支持 EPC、IMS、EMS 等核心网网元的虚拟化应用。虚拟化网元应用管理模块,负责虚拟化网元生命周期管理,包括自动部署、弹性伸缩等,配合 Orchestrator 完成虚拟化后网络服务的编排。软件化后的控制面网元,部署在 VM 上,执行着 3GPP 定义的网元功能,功能与非虚拟化时保持一致,与其他网元实体的接口与非虚拟化时也保持一致。

- 网元管理系统:统筹管理范围内的所有核心网控制网元的运行情况,根据运营商策略灵活配置网元,可实现业务的快速部署、逻辑网络结构的改变等。
- 网元软件:软件化的核心网控制网元,如 CSCF、MSCe、HSS 等,这些网元软件可运行在不同的虚拟机上,具备传统网元的所有功能。其对外接口与传统网元保持一致,以便于与非虚拟化网元的互通。网元软件可以采集物理服务器的状态及虚拟化软件的状态。由于存在核心网中的物理层设备、虚拟化层软件等来自不同的供应商,需将网元软件采集上报的状态进行标准化,以便当物理服务器或者虚拟化软件出现故障时,网元软件能将故障以标准化的信息格式映射到相应的虚拟机,使得上层软件能够快速、正确地发现并处理故障。

(4)服务管理层

服务管理层主要有 OSS/BSS 和虚拟化网络服务编排。OSS/BSS 负责在虚拟化情况下,对系统进行管理维护以及计费。具体包括软硬件状态统计、上报、故障处理及费用统计等。

各方面。虚拟化网络服务编排模块负责虚拟化网络服务的编排功能,包括核心网网络服务的生命周期管理、网元的生命周期管理、网络服务策略管理和全局资源编排等功能。

从参考文献[1]对移动核心网网元的特征分析可知,IMS网络中的网元接口已实现IP化,控制网元可集中部署,因此,IMS成为核心网虚拟化的触发点。参考文献[3]中指出了全球多家电信运营商也对IMS云化进行了可行性验证和测试工作,主要是在通用x86服务器和虚拟化平台上开展IMS核心网虚拟化的测试工作,这些运营商包括Vodafone、LG Uplus、DT、TELE2等,其中运营商DT的RCS、运营商TELE2的IMS核心网和业务平台的虚拟化测试已经实现商用。中国联通从2012年开始逐步开展多项核心网云化方面的工作,2012年参与国家科技重大专项“移动通信网业务平台(网关)云化关键技术研究”,负责电信核心网云化技术方面的研究,2013年参与CCSA TC3研究报告《核心网控制网元虚拟化技术研究》中部分工作,报告从移动核心网控制面网元的需求、场景、架构等方面研究其虚拟化的问题。然而,由于转发面性能的问题,EPC虚拟化的工作仍在概念验证阶段,需要在后续的研究中逐步开展虚拟化EPC的验证测试工作。

5 结束语

宽带移动网络、移动互联网等快速发展,业务特征的转变及OTT业务对运营商有着强烈冲击,同时核心网网元种类多,网元间接口多且不够开放,系统升级扩容复杂,业务部署周期长,也给运营商带来了很高的OPEX和CAPEX成本。核心网虚拟化实现了软件与硬件的解耦,物理资源按需分配,提升了资源利用率。同时,利用虚拟化的特性,能够实现资源的灵活创建、镜像的自动分发,提升了业务部署效率,在降低网络部署成本的同时提升网络部署能力和运营能力。核心网虚拟化是未来网络的发展方向,仍存在许多亟待解决的问题,还需继续推进相关的研究以服务于核心网云化的部署落地。

参考文献

- 薛森,朱斌,符刚.移动核心网网络虚拟化研究与探讨.2013年中国通信学会信息通信网络技术委员会年会论文集.呼和浩特,中国,2013.8
- 胡晓娟,张园,夏旭等.基于SDN融合的虚拟化移动核心网络研究.电信科学,2013,29(9):51~54
- 陈炜,韩小勇,尼凌飞.移动核心网应用NFV的关键问题探讨

及实践.中兴通讯技术,2014,20(3):12~15

- 赵慧玲,解云鹏,史凡.网络虚拟化及网络功能虚拟化技术探讨.中兴通讯技术,2014,20(3):8~11
- ETSI ISG NFV. Network Functions Virtualization: an Introduction, Benefits, Enablers, Challenges & Call for Action. NFV White Paper, 2013
- ONF. Software-Defined Networking: the New Norm for Networks, 2012
- Network functions virtualisation (NFV): virtualisation requirements. http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/004/01.01.01_60/gs_NFV004v010101p.pdf, 2014
- Network functions virtualization (NFV): architectural framework. http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/004/01.01.01_60/gs_nf004v010101p.pdf, 2014

[作者简介]



熊微,女,现就职于中国联合网络通信有限公司研究院,主要研究方向为云计算相关技术。



房秉毅,男,博士,中国联合网络通信有限公司研究院高级工程师,主要研究方向为云计算、核心网新技术。



张云勇,男,博士后,中国联合网络通信有限公司研究院副院长、高级工程师,主要研究方向为下一代开放网络、固定移动融合核心网、移动互联网及业务、云计算。

吴俊,男,博士,北京邮电大学经管学院副教授,IEEE/AIS/PMI高级会员,主要研究方向为移动互联网应用、云计算商业价值评价等。

李素粉,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相关技术。

(收稿日期:2014-10-15)