

# 面向未来移动通信的核心网架构

## Future Mobile Communication Oriented Core Network Architecture

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2016) 03-0062-005

**摘要:** 提出了一种基于虚拟化网络和软件定义网络(SDN)的虚拟核心网架构,该架构简化了核心网的接口和协议,融合了业务链的处理,还引入智能化管理模块,可以支持未来移动网络的自动化部署、自动配置、自优化、自愈等功能,从而更好地支持了5G复杂多变的场景。另外,该架构将核心网功能集成,将处理模块和用户上下文分开,从而能更好地支持核心网的分布式处理。

**关键词:** 5G核心网;虚拟化;SDN;业务链;智能管理

**Abstract:** In this paper, a virtual core network architecture based on virtual network and software-defined network (SDN) is proposed. This architecture simplifies the interface and protocol of core network and integrates service chain management. This architecture also has an intelligent management module that supports future mobile network automation deployment, automatic configuration, self optimization, self-healing and other functions. In this way, it can better support the complex and changeable scenarios of 5G. In addition, this architecture integrates the functions of core network and separates the processing module and the user context in order to better support core network distributed processing.

**Key words:** 5G core network; virtualization; SDN; service chain; intelligent management

宗在峰/ZONG Zaifeng  
吴瑟/WU Se

(中兴通讯股份有限公司,江苏南京,210012)  
(ZTE Corporation, Nanjing 210012, China)

除了上述的网络虚拟化技术和SDN技术之外,业务链也是核心网演进的热门技术之一。业务服务器是运营商用来对用户数据流进行优化和提供增值业务的重要手段。在现有网络中,业务服务器和底层传输网络紧耦合,导致网络配置不灵活,扩展性不好。业务服务器通常是插入到传输路径上的,当加入新的业务服务器时需要对网络拓扑做出改变。并且,为了简化配置,业务服务器常常按固定顺序串联在传输路径上,所有数据流都按事先设定的固定顺序流经所有串联的业务服务器,不管数据流是否需要被业务服务器处理。在这种架构中,业务链组合不灵活,增加或修改业务服务器配置复杂,不利于创新业务的开展<sup>[1]</sup>。

全球很多标准组织均已开始考虑如何将网络虚拟化和SDN等新技术应用到移动网络中。例如,开放式网络基金会(ONF)的“Wireless & Mobile”工作组正在讨论如何将SDN与移动网络结合:利用SDN技术可将移动核心网中的用户面转发功能集成到支持SDN的交换机中实现。除此之外,中国通信标准化协会(CCSA)、IMT-2020等组织也有相关

面向未来移动通信的5G网络将是一个支持更快速度、更短时延、更多用户、更高速移动性的网络,它将支持超密集网络、超可靠通信及大规模机器终端的接入。5G网络需求不仅仅对无线技术是个挑战,对移动核心网同样提出了更高的要求。

云计算、软件定义网络(SDN)等新技术是对IT产业的一次革命,它们同样也为未来移动通信提供了新的可能和机遇。随着云计算在IT界的兴起,传统电信运营商很快意识到该技术的优势,并希望将它引入传统电信网络。电信运营商联合设备制造商、IT厂商在欧洲电信标准化协会

(ETSI)成立了网络功能虚拟化(NFV)工作组,讨论如何利用虚拟化技术在通用云计算平台上实现传统电信设备的功能。ETSI NFV定义了基于网络虚拟化技术的管理和编排(MANO)架构<sup>[1]</sup>,使用该架构可方便地将电信网络中物理网元虚拟化。

SDN技术则是对传输网络的一次革命。在传统交换机中,控制面和转发面是紧耦合的。交换机行为的改变需要复杂的配置,有时甚至需要修改交换机软件。SDN架构将现有传输网络中的控制面和转发面分离,使得底层架构对上层应用和网络服务抽象为一个逻辑实体,管理人员可通过编写应用程序(APP)控制转发面的行为<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2015-11-13  
网络出版时间: 2015-12-24

的讨论。

然而,在当前的讨论中,网络虚拟化与移动网络的结合常常只是简单地将4G网络的物理网元进行虚拟化。SDN与移动网络的结合则倾向于简单地将移动网络中的公用数据网网关(PDN GW)、服务GW划分为转发功能和控制功能,并将转发功能放到SDN架构中的交换机中实现,而控制功能则作为SDN控制器上的应用,通过SDN控制器控制位于交换机中的转发功能。这样的结合除了将网元进行了虚拟化之外对4G核心网未做任何优化。

## 1 基于4G架构的核心网虚拟化

在4G网络架构中,核心网由一系列物理网元组成,这些物理网元之间通过标准化的接口互相通信。4G网络架构是控制面和用户面分离的架构,其中移动管理实体(MME)、服务GPRS支持节点(SGSN)、归属签约用户服务器(HSS)、策略和计费规则功能(PCRF)等是控制面网元,负责用户接入管理、鉴权、移动性管理、会话管理、策略控制等功能。服务网关(SGW)、PDN GW是用户面网元,主要负责用户数据包的转发、隧道管理功能、地址管理等功能。尽管4G网络架构是控制面和用户面分离的架构,SGW和PDN GW中仍然有部分控制面的功能,这部分功能负责会话管理、IP地址分配、用户面GTP隧道的建立等。

在核心网虚拟化时,最简单的做法是将4G网络架构的物理网元分别虚拟化,即在通用硬件(如x86)和软件(如VmWare)平台上分别实现MME、SGSN、HSS、PCRF等控制面网元的功能。将用户面网元SGW和PDN GW拆分成GW控制面功能和GW转发面功能,并将其中的GW转发面功能集成到SDN交换设备中;SGW、PDN GW的控制面功能虚拟化

为GW控制器。虚拟化的GW控制器通过SDN接口协议(如Open Flow协议)控制SDN交换设备中的GW转发面。对应的架构如图1所示。

在图1中,GW控制器负责GW转发面位置的选择及一般隧道协议(GTP)隧道的建立。GW控制器接受MME/SGSN的会话建立请求,并选择适合的OFS作为该会话的GW转发面。GW控制器分配GTP隧道信息,建立该会话的转发表,并通过SDN控制器将该转发表发送给OFS。

在该架构中,GW控制器与SGSN/MME间可采用现成的S4/S11接口进行通信,对4G架构和流程没有影响。

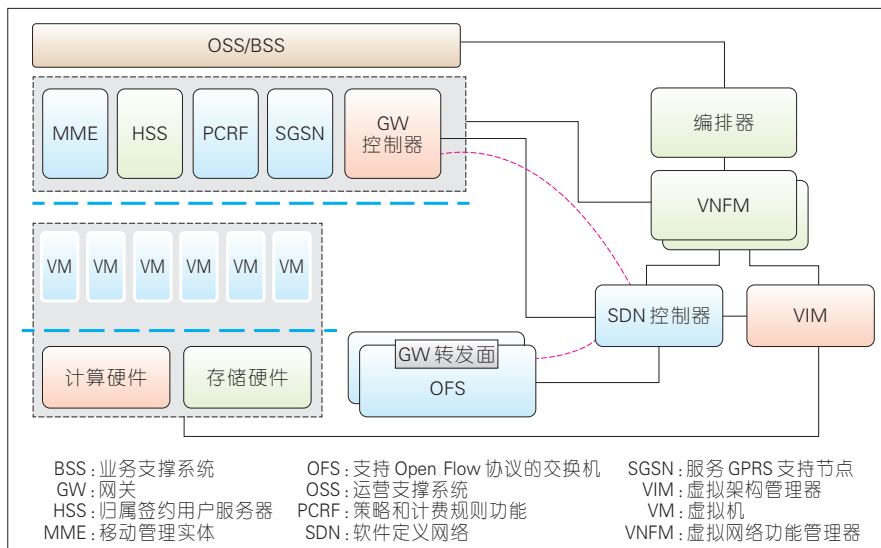
## 2 核心网架构的进一步演进

### 2.1 集成的虚拟核心网架构

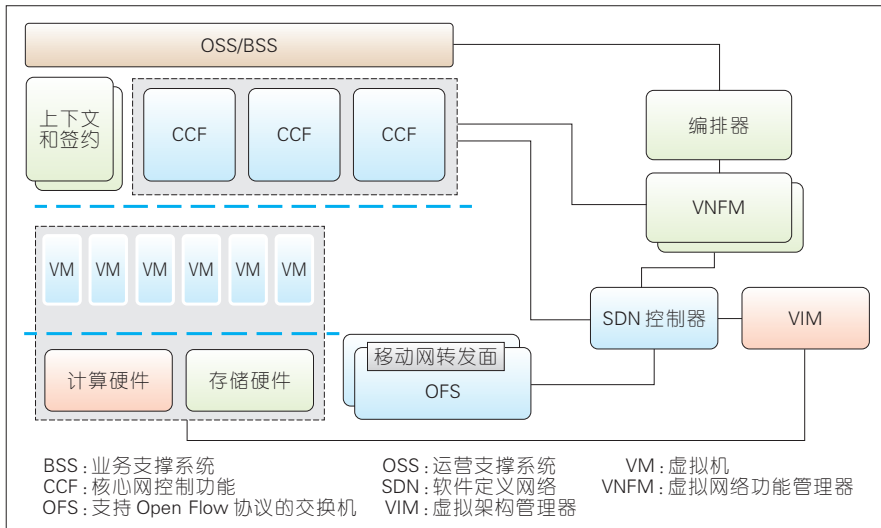
核心网虚拟化是建立在“不改变4G架构”的假设的基础上的。但在4G架构设计之初,设计者假定网元是物理网元,4G架构的设计未针对虚拟化平台做优化。在虚拟化平台上,网元间的数据可共享,这可大大减少网元间的接口和信令交互,降低时延、提高效率。并且,在虚拟化平台上,通过软件实现核心网网元的功能,比之前既要设计硬件又要在该专用硬件平台上设计软件容易得多。

软件化可能会改变商业模式,一个集成的核心网软件包是一种可能的实现方式。集成的核心网软件包的优点是少了网元间的接口,简化了流程,从而降低了时延和系统复杂度。

图2所示为集成的虚拟化核心网。在图中,上下文和签约模块保存用户上下文以及用户签约数据,核心网控制功能(CCF)负责所有核心网控制面的功能,包括接入控制、认证、移动性管理、会话管理、策略管理等。各CCF间负荷分担,移动用户可以由任意CCF提供服务,而无需跨CCF的迁移。一个移动用户的不同事务(如附着(ATTACH)、跟踪区更新(TAU))可动态地由不同CCF为之提供服务,比如ATTACH时由CCF1服务,而TAU时由CCF2服务。在上下文共享域内,这样的架构将不再需要传统4G网络中的跨MME切换和跟踪区更新流程,也不再需要MME间的接口。负荷分担的设计也比以前简单,当一个CCF超负荷或宕机时,只需将后续的事务分配给其他CCF处理,而无需CCF间的用户迁移过程。并且,由于将所有控制面功能集成到CCF中,单个事物的处理不再需要跨不同网元的交互,从而降低了核心网的信令处理时延。跨上下文共享域的移动或切换需要在两个域



▲图1 基于4G架构的核心网虚拟化



▲图2 集成的虚拟化核心网架构

间同步用户上下文,该流程可利用类似4G中的跨MME的切换和跟踪区更新流程,或者利用IT技术进行上下文同步,从而无需CCF间的接口。只要IT技术支持,最好将上下文共享域设置得足够大,从而减少跨共享域的移动和切换,但共享域的大小受IT技术的限制。

考虑与4G系统的共存,CCF需与传统4G网络中的MME、SGW等网元接口,CCF与传统网元间的接口可基于现有4G定义的接口协议进行通信,从而无需改变4G网络。

图2中的架构将所有核心网控制功能都集成到了CCF中,CCF划分为多个模块,如接入认证模块、移动性管理模块、会话管理模块、隧道管理模块、策略控制模块、各种接口模块(如与SDN控制器的接口、与传统网络网元的接口)等。

### 2.2 虚拟核心网中的业务链

IETF业务链(SFC)工作组正在讨论如何更灵活地支持业务链。SFC的最基本的目标是将业务链与网络拓扑解耦。在IETF定义的架构中<sup>[4]</sup>,业务分类器对业务流进行分类和选择业务链路径,并且对业务流进行业务链封装。业务链封装(简称SFC封装)不用于数据传输,数据的传输依

靠外层包头,这样可将业务链与网络拓扑解耦。增加新的业务服务器只需增加业务服务器到业务转发器之间的链路,从而与其他业务服务器解耦(星形架构),也与传输网络解耦。IETF定义的架构如图3所示。

业务转发器负责根据SFC封装将数据包转给相应的业务服务器,当业务服务器不支持SFC封装时,SFC代理负责将SFC封装解开并将原始数据包发送给业务服务器。

在未来运营商网络中,我们可以设想:业务服务器将升级支持业务链,运营商的网络中也会引入业务转发器,用于将业务数据包转发到业务服务器。

业务服务器可利用虚拟化技术,构建在通用平台上,做成虚拟网元。

而业务转发器,更适合集成到OFS中。当然,业务服务器也可能会由于某种特殊需要(如性能),采用特殊的硬件实现。将业务转发器集成到OFS上如图4所示。

在具体部署时,CCF和业务服务器可能部署在不同的位置。比如,CCF可能部署在比较集中的位置,而业务服务器则可能会部署在靠近边缘的地方。运营商根据运营商的网络拓扑、需求等确定适合的部署方式。

### 2.3 多张网络并存的核心网

5G的网络需求具有多样性,它将是可以满足各种不同场景不同需求的网络。它既要支持超密集网络(UDN),又要支持海量连接(MTC);既要支持超高速,又要支持超可靠性。并非每个5G的需求场景都需要同时支持所有的性能指标:有些场景只需要实时性,但无需高带宽,有时甚至只需很低带宽;有些场景需要很高的带宽,但并不需要很高的可靠性,也不需要实时性;有的场景需要支持高速下的移动性,而有的场景根本无需支持移动性。对所有5G需求均用同一张网络支持,对网络的要求势必很高,也不利于网络性能优化。在现有的4G网络架构中,为了支持不同场景,对网络打了各种补丁。但到了5G,各种不同的需求变得越来越多、越来越高,在一张网络上叠加对所有需求的支持变得越来越困难

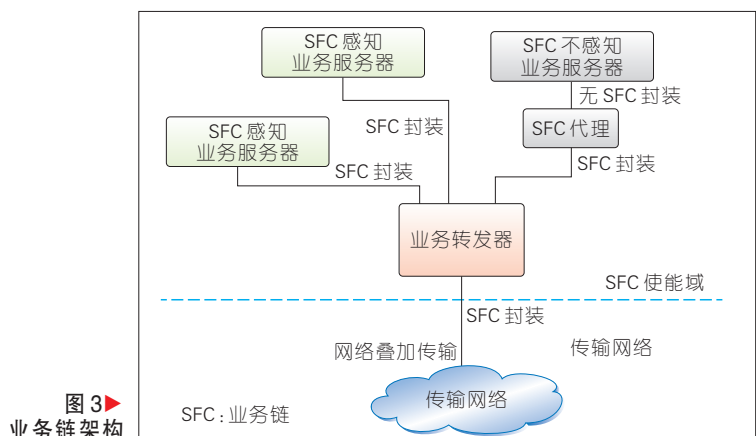
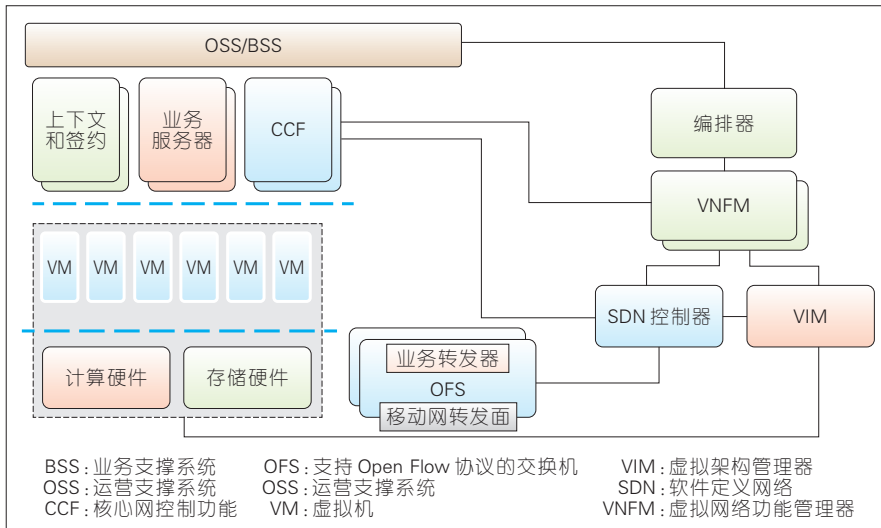


图3 业务链架构





▲图4 支持业务链的集成虚拟核心网

和不优化。

网络虚拟化除了能给运营商带来管理、方便部署等好处外，它还带来了一个更大的好处——为未来运营商同时运营多张网络带来了可能。

在运营商现有的网络中，部署一个新的网络涉及到各物理网元的采购、网络的组建和配置、网络调试等环节，从招标开始到最后网络建成往往需要几个月时间，有时甚至更长。

不仅仅时间长，设备成本也很高，并且维护一张新的网络也是一项艰巨的任务。无论是从运营成本（OPEX）还是资本支出（CAPEX）角度看，运营商同时部署多张专用网络变成艰难和漫长的历程。

利用网络虚拟化技术，可以很方便地构建一张新的移动核心网。方便到只需将不同版本、不同功能的虚拟核心网网元的软件及对网络的需

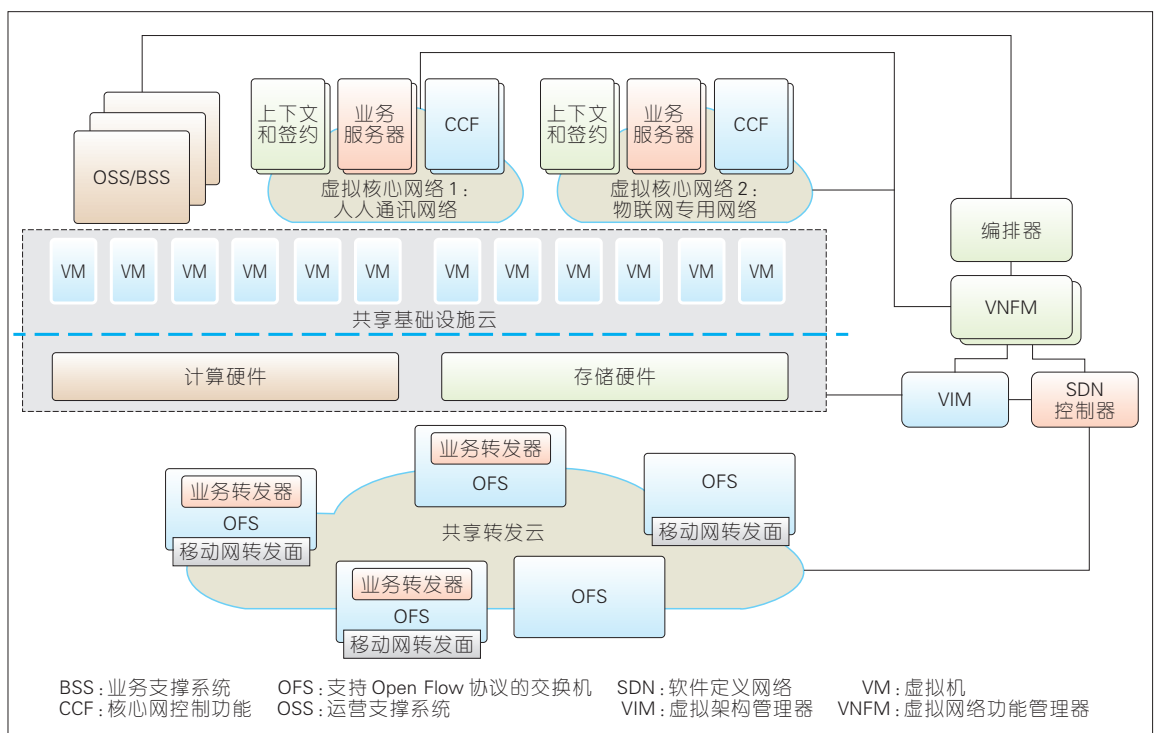
求告诉编排器即可，编排器根据需求自动为核心网分配硬件资源、加载核心网软件、对核心网网元实例化，对核心网网元进行配置、分配网元间的链路，从而能快速组建一张新的核心网。比如，运营商可以为车联网组建专门的移动网络，也可以为远程医疗组建专门的网络。运营商可以将人人通信与物物通信分开，也可以为不同组织或公司的功能类似的网络需求组建不同的网络并为之服务，从而更好地相互隔离。多张核心网并存的未来网络运营模式见图5。

在图5中，运营商同时运营了两张虚拟核心网。虚拟核心网1是针对人人通信的网络，而虚拟核心网2是针对物联网的专用核心网。运营商利用专用网络为物联网终端服务，可针对物联网的特征对网络进行优化，如针对物联网的海量连接需求优化，或物联网的低移动性进行优化。不同的虚拟核心网共享基础设施和转发设备。

### 2.4 智能管理

网络管理是运营商的重要成本

图5 多张专用核心网并存



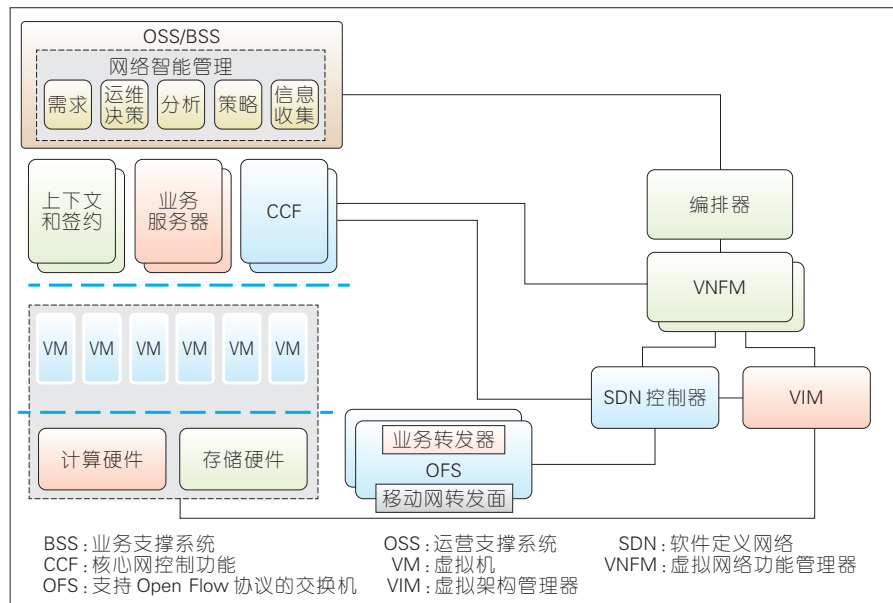
之一,智能的网络管理可以自动对网络进行配置,对正在运行的网络进行监控,并可根据网络运行状况对网络进行调整,以达到最佳运行状态。

自4G开始,自组织网络(SON)技术的引入使得无线基站的配置和管理大大简化。SON技术可实现邻站的自动发现和配置,通过X2接口或S1接口交换基站配置相关信息,实现小区的自动配置、负荷分担、自动优化和自愈等。

到了5G,NFV的引入使得多个并行的专用核心网络成为可能和必然,核心网的配置和维护工作量将大大增加,因此,如何对网络实行自动安装、自动部署、自动配置和自动维护将变得更重要。

为了支持网络智能管理,首先,网络智能管理系统必须能收集正在运行的网络的状态信息,包括,各网元的负荷、容量、能力、部署位置、网络拓扑等信息;其次,网络智能管理系统还需收集空闲资源的情况,如可用计算能力、可用内存、以及可用资源的位置等。此外,网络智能管理系统还会收集与业务相关的信息。在收集了这些信息之后,网络智能管理系统对信息进行分析。对信息的分析有时需大数据处理中心进行处理,比如,对业务数据的分析需借助大数据处理中心。收集业务数据的目的是了解终端的行为模式,并据此对网络进行优化,例如,可根据分析结果决定转发面的位置和是否需要引入业务服务器对用户数据流进行处理。网络智能管理系统从虚拟核心网网元中收集各种状态信息和业务信息,从NFV编排器获取空闲资源信息。

除了从网络中收集各种信息,并对信息进行分析之外,网络智能管理系统还需提供接口用于由运营商管理人员配置必要的信息,如策略信息或者可选的、新的网络服务需求。策略信息包括网络部署策略、优化策略等,网络服务需求是来自企业、政府、



▲图6 未来核心网中的网络智能管理

虚拟运营商等大客户的需求。网络智能管理系统根据网络状态、可用资源、策略信息及可选的网络服务需求做出网络部署或优化决策。

图6为未来核心网中的网络智能管理系统,它集成在对象存储/基本服务集运营支持系统(OSS/BSS)中,当然它也可以位于其他地方,比如作为一个虚拟服务器独立运行。

### 3 结束语

文章结合网络虚拟化、SDN、业务链等5G热点技术对虚拟化的4G核心网进行了进一步简化,提出了一种集成的虚拟化核心网架构,支持智能管理、业务链和多核心网并存。该核心网架构将核心网功能集成,将处理模块和用户上下文分开,从而能更好地支持核心网的分布式处理。集成的核心网还减少了接口,除了与传统网络的接口之外,在内部CCF间切换时无需传递数据,因此无需CCF间的接口。网络智能管理模块的引入使得网络实现运维自动化,包括网络自动化部署、配置、优化和故障处理。

#### 参考文献

- [1] Network Function Virtualization (NFV) Management and Orchestration[EB/OL].http:

[//www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/NFV-MAN/001\\_099/001/01.01.01\\_60/gs\\_NFV-MAN001v010101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV-MAN/001_099/001/01.01.01_60/gs_NFV-MAN001v010101p.pdf)

- [2] ONF: SDN Architecture Overview[EB/OL].  
<https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/technical-reports/SDN-architecture-overview-1.0.pdf>
- [3] draft-ietf-sfc-problem-statement-10: Service Function Chaining Problem Statement [EB/OL]. <http://tools.ietf.org/pdf/draft-ietf-sfc-problem-statement-10.pdf>
- [4] draft-ietf-sfc-architecture-02: Service Chaining Function Architecture [EB/OL]. <http://tools.ietf.org/pdf/draft-ietf-sfc-architecture-02.pdf>

#### 作者简介



宗在峰,中兴通讯股份有限公司标准预研工程师;从事3GPP移动核心网标准的制订和跟踪,目前主要研究领域为5G核心网架构。



吴磊,中兴通讯股份有限公司核心网规划总工;主要从事移动分组网络技术的研究和产品规划、移动分组网络未来演进、5G等关键技术的研究工作。