



NFV PaaS 平台架构设计

毛斌宏, 阳志明

(中国电信股份有限公司广州研究院, 广东 广州 510630)

摘要: NFV 正从软硬件解耦的初级阶段向全面云化、云原生的目标演进, 这使电信网络变得更加弹性、灵活、高效。而 NFV PaaS 平台的引入, 是实现 NFV 演进发展的重要举措。介绍了 NFV PaaS 的基本概念和应用场景, 分析了 NFV PaaS 的几种部署选项, 在此基础上提出了 NFV PaaS 平台架构设计方案, 为电信运营商构建 NFV PaaS 平台提供借鉴。

关键词: NFV; PaaS; 平台

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018275

Architecture design of NFV PaaS platform

MAO Binhong, YANG Zhiming

Guangzhou Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

Abstract: NFV is evolving from the initial stage of software and hardware decoupling to the goal of full cloudification and cloud native, which will make the telecommunication networks more scalable, flexible and efficient. The introduction of the NFV PaaS platform is an important measure to realize the evolution and development of NFV. The basic concepts and application scenarios of NFV PaaS were introduced, several deployment options of NFV PaaS were analyzed, and an architecture design of NFV PaaS platform was proposed. The reference for telecom operators to build NFV PaaS platform will be provided.

Key words: NFV, PaaS, platform

1 引言

当前 NFV^[1] (network function virtualization, 网络功能虚拟化) 是网络变革的热点之一, 在运营商、设备商及产业界的推动下正在快速发展, 但大多数供应商采取的方式是将原有通信设备的软件代码简单移植到虚拟机 (virtual machine, VM) 上, 简单移植代码的做法存在重大问题和不足。

例如, 从专用设备移植的代码只能在云环境中提供与之前相同甚至更低的性能; 功能发布周期仍然按年、月交付, 并且软件具有明显的通话、流量或用户数量限制。这种实现方式无法满足电信运营业务快速调整、功能灵活扩展、资源高效利用的需求, 因此, VNF (virtualized network function, 虚拟化网络功能) 需要从软件设计上进行根本性变革。

收稿日期: 2018-05-28; 修回日期: 2018-10-08

云原生虚拟化网络功能 (cloud native virtualized network function) 放弃了传统的烟囱式软件体系结构, 转而采用基于部署在虚拟化容器中的更小的微服务架构。这些微服务是小而独立的功能单元, 具有高度可组合性与可复用性, 能够独立扩展, 按需部署。微服务架构能够使服务提供商更快地引入和升级应用。与虚拟机部署相比, 容器部署更轻, 实例化速度更快, 而且能够通过 RESTAPI 进行交互, 服务集成简单高效。由于内存占用空间大大缩小, 容器部署的效率和密度明显高于虚拟机。借助自动化的容器管理工具, 能够解决硬件虚拟化技术开销大、运营成本高的问题, 同时提高了整体服务的敏捷性。

全面云化是网络发展的必然趋势, 但也不会一蹴而就, 需要经历虚拟化 (virtualization)、云化 (cloudification) 和云原生 (cloud native) 3 个阶段。

(1) 虚拟化是 NFV 的起点, 通过软硬件解耦, 多个网络功能可统一部署在通用硬件上实现资源效率提升。但如果虚拟化后的网络功能软件只做简单的平移, 在性能、可靠性等诸多方面无法达到电信级要求, 也无法实现快速弹性扩/缩容。

(2) 云化阶段需要在虚拟化的基础上, 用云化理念对网络功能软件架构进行优化重构, 实现电信级业务能力 (高可靠、高性能、低时延) 要求。同时, 通过服务总线和支持异构系统资源的编排器的引入, 构建自动化编排协同能力, 进一步提升整体网络的弹性和灵活性。

(3) 云原生阶段, 通过微服务化的软件架构、全分布式的部署方式、自动化管理手段, 支持网络功能灵活组装、网络业务快速发布、网络运营完全自治, 帮助运营商获得高度灵活性、速度和效率, 以快速满足不同的网络应用场景和差异化的业务诉求, 实现真正意义上的“全面云化”。

在 NFV 迈向云原生过程中, NFV PaaS (platform as a service) 平台是重要基础和抓手, 能够促进 VNF 的微服务化设计、部署和运营。在

现有 NFV 框架中引入 PaaS 服务及 PaaS 平台, 将会造成 NFV 架构及 VNF 实现方式的变化。

(1) NFV 框架^[2]: 在现有框架中增加 PaaS 服务层, 实现 PaaS 服务的管理与服务集成, NS (network service)、VNF 及 MANO (management and orchestration) 都将发生变化。

(2) VNF 实现方式: 现有的 VNF 将分化, 一部分网元功能将只提供基础服务能力, 下层到 PaaS 服务层; 一部分对外提供网元功能的 VNF 将通过调用提供基础服务能力的 PaaS 服务实现。未来的 VNF 将尽可能采用多服务共享集成的方式, 而不是完全独立开发的方式。

因此, 需要梳理 NFV PaaS 的基本概念, 分析 NFV PaaS 的应用场景及可能的部署选项, 为 NFV PaaS 平台设计提供指引。

2 NFV PaaS 平台需求分析

欧洲电信标准化协会 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 于 2017 年 1 月在 NFV 行业标准组 (Industry Specification Group, ISG) 正式成立 Cloud Native and PaaS Proposal 研究项目, 研究支持 NFV PaaS 能力以及符合云原生原则的 VNF, 以及对 NFV 架构有哪些变化和增强^[3]。

随着 NFV PaaS 的引入, 现有虚拟网元 VNF 分成以下两类。

(1) consumer VNF (消费者 VNF): 一般指通过调用其他服务实现某一网元功能。

(2) supporting VNF (支持 VNF): 实现基础服务能力, 包括公共服务和专用服务, 一般指实现某一个网元的功能组件。

NFV PaaS 服务可以分为以下两类。

(1) VNF 公共服务

VNF 公共服务是指为一个或多个消费者服务提供的服务或功能。它们为已分解的应用程序提供组件服务, 其功能对于多个消费者服务来说是



通用的。它们以模块化方式构建，可以是原子级的或由多个微服务组成。

(2) VNF 专用服务

VNF 专用服务是指为特定消费者服务提供的服务或功能。它们以模块化方式构建，可以是原子级的或由多个微服务组成。VNF 专用服务根据其消费者服务的生命周期而被实例化或终止，即只要其消费者服务实例存在，VNF 专用服务的实例就存在。

ETSI NFV ISG 提出了以下 3 种 PaaS 部署选项。

(1) PaaS 服务作为 VNF

PaaS 服务被建模为 VNF，如图 1 所示。在网络服务中涉及 VNF 的两种类型：消费者 VNF 和支持 VNF，其中支持 VNF 包括公共服务和专用服务。根据承载在 PaaS 服务的 VNF 是否在 NS 设计层可见，可以分为以下两种。

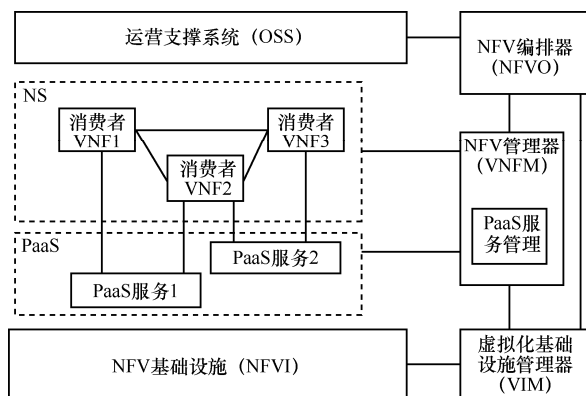


图 1 PaaS 服务作为 VNF

- 如果承载在 PaaS 服务的 VNF 在 NS 设计层可见，则 NSD(network service descriptor, NS 描述符)参考 VNFD 以实例化承载 PaaS 服务的 VNF 和使用这些服务的消费者 VNF。消费者 VNF 和 PaaS VNF 之间的依赖关系可以在 NSD 中 NS 部署规格的“依赖性”属性中指定。公共服务被建模为在专用 NS 实例内创建的 VNF 实例。
- 如果承载在 PaaS 服务的 VNF 在 NS 设计层不可见，NSD 仅引用消费者 VNF 的 VNFD (VNF descriptor, VNF 描述符)，并

且消费者 VNF 对 PaaS 服务的依赖性被指定为该消费者 VNF 的 VNFD 内的约束，例如通过消费者 VNF 的 VNFD 引用支持 VNF 的 VNFD。

(2) PaaS 服务作为 NFVI 资源

PaaS 服务被建模为一种 NFVI 资源，如图 2 所示。PaaS 服务（包括公共服务和专用服务）被当作一种新型的 NFVI 资源，消费者 VNF 与 PaaS 服务的依赖关系以约束的形式定义在 VNFD 中。PaaS 服务管理功能嵌入 VIM 中，VNFM (virtualized network function manager) 根据上述依赖关系向 VIM 请求分配 PaaS 服务所需的资源。

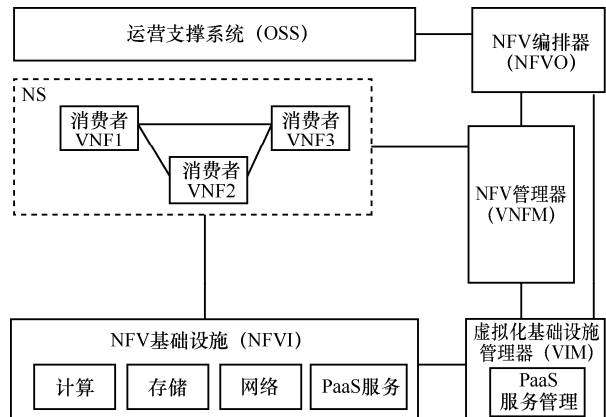


图 2 PaaS 服务作为 NFVI 资源

当消费者 VNF 的 VNFD 指定对 PaaS 服务的依赖性时，VNFM 请求 VIM (virtualized infrastructure manager) 创建并分配相应的服务及资源。

(3) PaaS 服务作为新的对象类

PaaS 服务被建模为 NFV 的一种新的对象类，如图 3 所示。消费者 VNF 与 PaaS 服务的依赖关系以约束形式定义在 VNFD 中。PaaS 服务管理由独立的功能实体提供，VNFM 向 PaaS 服务管理请求某个 PaaS 服务的访问权限，PaaS 服务管理器通过 VIM 创建、分配 PaaS 服务所需资源。

消费者 VNF 的 VNFD 指定对 PaaS 服务的依赖性时，VNFM 请求 PaaS 服务管理器向被实例化的消费者 VNF 提供对该 PaaS 服务的访问。收到

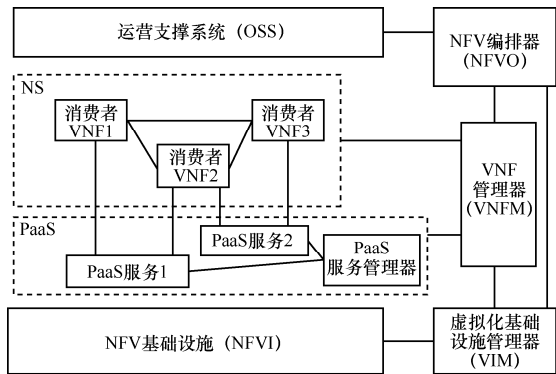


图3 PaaS服务作为新的对象类

此请求后,PaaS 服务管理器请求 VIM 创建并分配相应的资源。

对上述 3 种 PaaS 部署选项,从 NFV 架构影响、PaaS 平台建设难度、PaaS 平台开放性等方面进行对比分析,见表 1。

3 NFV PaaS 平台设计方案

3.1 NFV PaaS 平台总体架构

电信运营商需要构建支持多业务、多厂商的 NFV PaaS 平台,需要从 PaaS 平台的定位、PaaS 服务的集成与管理、PaaS 平台的建设与运营等方面统筹考虑^[4]。因此,NFV PaaS 平台架构设计需要遵循以下原则:

- 电信运营商要构建集中统一的 NFV PaaS 平台,为多厂商提供服务,避免按照传统设备厂商构建多个 PaaS 平台;
- PaaS 平台为上层 VNF 网元提供统一服务,要实现 PaaS 服务的统一服务接入、统一访问协议、统一服务监控;
- 通用 VNFM 负责 PaaS 服务管理功能,包括服务注册、发布、注销等生命周期管理功能;服务访问控制、服务监控等;
- VIM 实现 OpenStack、Kubernetes (即 K8S) 的集成,实现虚拟机或容器资源的统一调度;
- 通用 VNFM 为专用 VNFM、NFVO(network functions virtualization orchestrator) 提供 PaaS 服务目录,专用 VNFM 可以实现 VNF 与 PaaS 服务的编排,NFVO 可以实现 NS 中的 VNF 和 PaaS 服务的统一编排;
- 在 PaaS 平台建设初期,PaaS 平台主要提供公共服务,如日志服务、数据库服务、负载均衡、用户鉴权等。随着虚拟化网元 VNF 云化改造的深入,逐步将越来越多的微服务化网元服务功能转化成 PaaS 服务,纳入 PaaS 平台管理并对外提供服务。

表 1 NFV PaaS 部署选项对比分析

对比项	部署选项 1: PaaS 服务作为 VNF	部署选项 2: PaaS 服务作为 NFVI 资源	部署选项 3: PaaS 服务作为新的对象类
NFV 架构影响	中 在现有架构中增加 PaaS 服务层,VNFM 增加 PaaS 服务管理功能,增加 PaaS 服务与 PaaS 服务管理之间的接口	低 现有架构基本保持不变,在 NFVI 中增加 PaaS 服务,VIM 中增加 PaaS 服务管理功能	高 在现有架构中增加 PaaS 服务层,增加 PaaS 服务及 PaaS 服务管理实体,增加 PaaS 服务管理与 VNFM、VIM 的接口
PaaS 平台建设难度	中 需要在 VNFM 中扩展 PaaS 服务管理功能	高 需要在 NFVI 中实现 PaaS 服务集成,并对 VIM 扩展 PaaS 服务管理能力,实现难度大	中 需要新建独立的 PaaS 服务管理器
PaaS 平台开放性	低 PaaS 服务及服务管理与 VNFM 绑定,难以实现跨厂商的 PaaS 服务共享	高 PaaS 服务及服务管理可以实现跨厂商共享	高 PaaS 服务及服务管理可以实现跨厂商共享
分析建议	推荐 该部署选项 NFV 架构层次清晰、功能独立,PaaS 平台实现难度适中。但需要对现有部署选项进行优化,重点解决 PaaS 平台跨厂商共享问题	不推荐 NFVI 与上层 VNF 应该是解耦的,当 PaaS 服务作为一种资源时,PaaS 服务本身具有业务属性,导致资源管理混乱,也不利于运营商构建统一的云化基础设施	不推荐 该方案打破现有 NFV 业务运行与 MANO 管理相对独立的模式,造成架构混乱。引入新的实体,也将导致集成复杂,平台建设与运营维护困难



基于以上原则提出的 NFV PaaS 平台总体架构如图 4 所示。

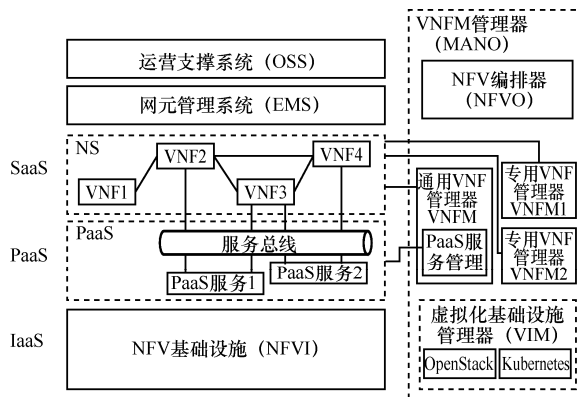


图 4 NFV PaaS 平台总体架构

在总体架构示例中，NS 由多厂商 VNF 编排而成，其中：

- VNF1、VNF3 由厂商 1 提供，由专用 VNFM1 负责其生命周期管理，其中 VNF1 基于传统虚拟机部署，VNF3 基于容器部署，并调用 PaaS 平台的 service1、service 2 服务；
- VNF2 由厂商 2 提供，由专用 VNFM2 负责其生命周期管理，基于容器部署，并调用 PaaS 平台的 service 2 服务；
- VNF4 由软件开发商、运营商自主研发的应用软件，或者由开源社区提供的开源软件，由通用 VNFM 负责其生命周期管理，基于容器部署。

3.2 NFV PaaS 服务总线

NFV PaaS 服务集成是 PaaS 平台建议的重要内容，建议采用轻量级服务总线（即软总线）实现服务集成^[5]。与企业服务总线（enterprise service bus, ESB）相比，轻量级服务总线一般只提供服务鉴权、服务代理、服务路由等基本功能。服务消费者通过服务总线进行路由调度之后，直接进行服务访问调用，不经过比较复杂的消息协议转换，服务消息与服务数据分离，能够降低服务访问开销，提高服务访问效率。图 5 是 NFV PaaS 服务总线服务调用示意图。

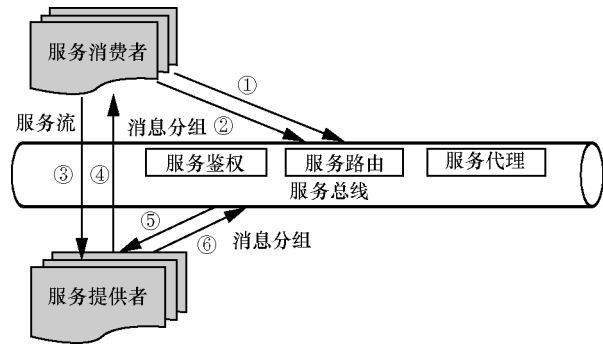


图 5 NFV PaaS 服务总线服务调用示例

PaaS 服务注册发布到服务总线上，并提供服务目录。上层 VNF 访问 PaaS 服务时，首先进行授权认证，通过授权认证后，直接调用 PaaS 服务的 API。服务调用过程如下。

（1）服务授权请求：服务消费者请求对需要访问的 PaaS 服务授权认证。

（2）授权认证 Token：授权 Token 由服务总线返回，包括服务失效时间、服务访问次数等信息。

（3）服务调用：服务消费者直接调用 PaaS 服务的 API，并返回服务调用结果。

（4）服务日志：PaaS 服务将服务调用日志消息返回给服务总线。

3.3 NFV PaaS 服务设计与部署

在构建 NFV PaaS 框架后，要发挥 PaaS 平台的作用，关键是要梳理并逐步实行 PaaS 服务。按照云原生的设计理念，将现有的 VNF 逻辑功能拆分，解耦为独立的服务并去重，形成 NFV 公共服务和专用服务，这些服务均采用基于微服务架构实现。基于云原生的 NFV PaaS 服务设计框架如图 6 所示。

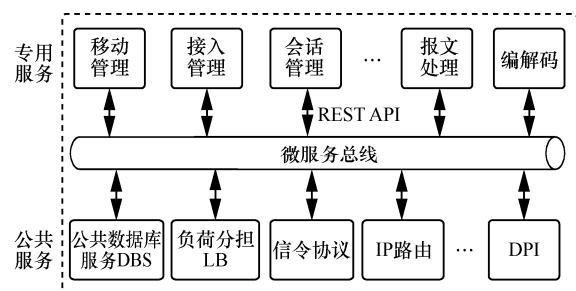


图 6 基于云原生的 NFV PaaS 服务设计框架

- (1) 基于功能解耦为独立的不同微服务;
- (2) 微服务采用轻量级 REST API 调用;
- (3) 微服务架构, 实现服务实例动态注册、动态发现;
- (4) 无状态设计, 采用公共的数据库服务 DBS 存储状态信息。

上述按照微服务化梳理的公共服务和专用服务, 可以根据应用场景需要, 灵活编排形成丰富多样的应用场景。图 7 给出了基于 NFV PaaS 架构提供的微服务, 实现不同应用场景示例, 如 MBB (enhanced mobile broadband) 场景、NB-IoT (narrow band internet of things) 场景、企业切片场景等。

微服务化的网络服务实例通过支持 NFV PaaS 平台的 MANO 架构进行部署, 其实例化过程如图 8 所示。

流程说明:

- 步骤 1 操作员发起 VNF 实例化请求;
- 步骤 2 NFVO 校验输入参数及镜像资源;
- 步骤 3 NFVO 向 VNFM 发起 VNF 实例化请求;
- 步骤 4 VNFM 解析 VNFD 及实例化参数, 计算部署 VNF 所需容器资源;

步骤 5 VNFM 返回 VNF 实例化资源需求列表;

步骤 6 NFVO 向 VIM (CaaS/K8S) 请求分配容器资源;

步骤 7 VIM (CaaS/K8S) 返回资源分配结果;

步骤 8 NFVO 通知 VNFM 资源配置结果;

步骤 9 VNFM 查询资源实例;

步骤 10 VNFM 根据模板要求配置 VNF;

步骤 11 VNFM 通知 EMS (element management system) 管理 VNF;

步骤 12 通过 EMS 为 VNF 配置相关业务参数;

步骤 13 EMS 返回业务参数配置结果;

步骤 14 VNFM 通知 NFVO 完成 VNF 实例化;

步骤 15 完成 VNF 实例化过程。

3.4 NFV PaaS 服务管理

NFV PaaS 服务管理功能是 PaaS 平台的核心组件, 实现 PaaS 服务的统一管理, 负责 PaaS 服务的注册、发布、注销等全生命周期管理以及 PaaS 服务资源调度, 统一管控上层 VNF、NS 对 PaaS 服务的访问控制, 实现对 PaaS 服务的集中监控和管理, 提高 PaaS 服务的复用和共享。PaaS 服务管

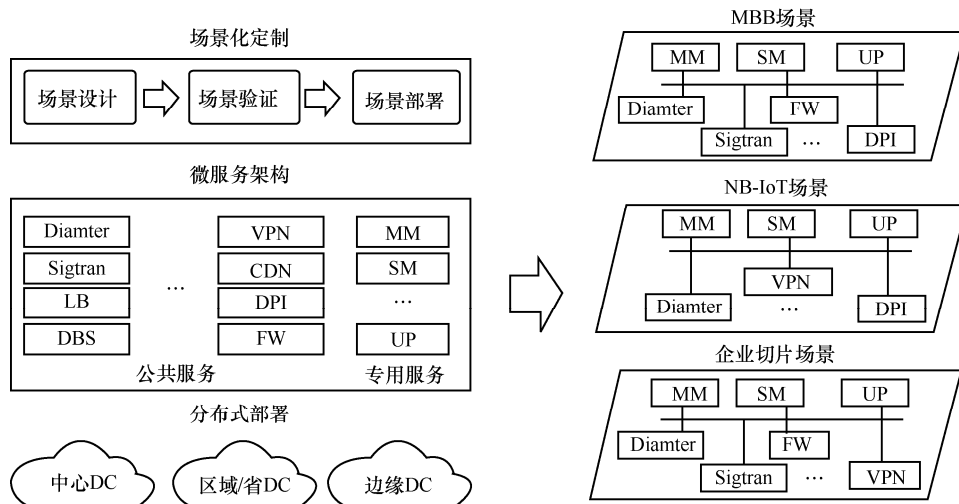


图 7 基于 NFV PaaS 微服务实现应用场景按需定制示意图

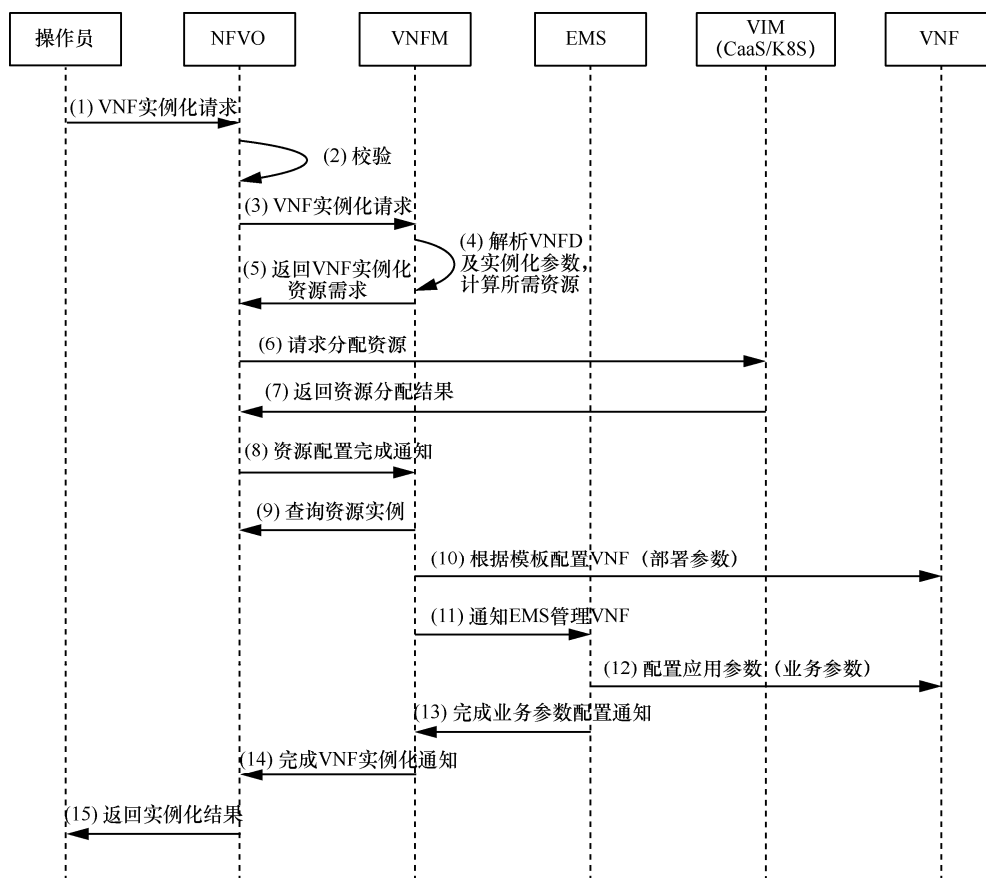


图8 基于微服务化容器部署的 VNF 实例化流程

理功能需求如图9所示。

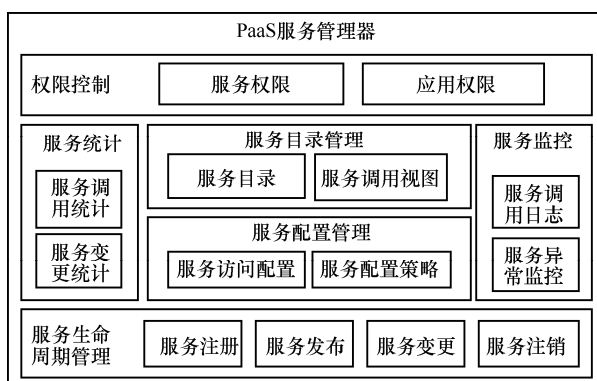


图9 NFV PaaS 服务管理功能需求

PaaS 服务管理主要包括服务生命周期管理、服务目录管理、服务配置管理、服务权限控制、服务统计与监控等功能。服务生命周期管理提供 PaaS 服务的全生命周期管理，包括服务注册、服务发布、服务变更、服务注销等。服务目录管理

为 VNF、NS 提供服务访问列表以及已配置的服务调用全视图。服务统计与监控提供灵活多样的展现形式，为 PaaS 平台提供服务调用统计监控信息。服务权限控制实现对所有 PaaS 服务提供者及服务消费者严格的服务访问控制，保证 PaaS 服务的安全与审计。

4 结束语

NFV 向全面云化、云原生演进是必然趋势，NFV PaaS 平台将成为未来 NFV 发展的热点。电信运营商要积极探索和实践 NFV PaaS 平台的建设与运营，从架构、流程、系统、运维体制等方面统筹考虑。NFV PaaS 平台的引入，从技术视角看，能够充分利用 PaaS 服务的复用与共享，降低上层 VNF 开发难度，快速响应前端业务需求；从产业生态看，有利于打破传统电信设备厂商提供虚拟化

网元 VNF 的单一模式,通过引入 IT 行业、互联网产业、开源社区、自主研发等多种方式提供 PaaS 服务及 VNF 的模式,促进 NFV 产业竞争和繁荣。

参考文献:

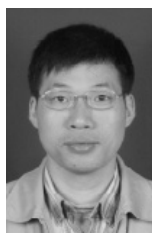
- [1] ETSI. NFV management and orchestration[S]. 2014.
- [2] ETSI. NFV MANO functional requirements specification[S]. 2017.
- [3] ETSI. Report on the enhancements of the NFV architecture towards “Cloud-native” and “PaaS”: NFV GR NFV-IFA 029[R]. 2018.
- [4] 齐磊,张海峰,张天骁,等. 基于容器技术的 PaaS 云平台方案[J]. 电信科学, 2017, 33(4): 177-182.
QI L, ZHANG H F, ZHANG T X, et al. PaaS cloud platform based on container technology[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(4): 177-182.
- [5] 毛斌宏,喻琦,阳志明. 新一代资源管理系统平台化架构设计探讨[J]. 电信技术, 2014(10): 27-32.
MAO B H, YU Q, YANG Z M. Discussion on a new generation

of resource management system platform architecture design[J]. Telecommunications Technology, 2014(10): 177-182.

[作者简介]



毛斌宏(1975-),男,中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师、高级企业信息管理师,主要研究方向为 NFV MANO 及电信运营支撑系统。



阳志明(1972-),男,中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师,主要研究方向为信息与通信技术、运营支撑系统理论与实践。