

# 5G云化核心网三层解耦部署研究

## Research on Three-layer Decoupling Deployment of 5G Cloud Core Network

杨文聪,杨文强,王友祥(中国联通研究院,北京 100176)

Yang Wencong, Yang Wenqiang, Wang Youxiang (China Unicom Research Institute, Beijing 100176, China)

### 摘要:

在电信运营商的网络云化建设中,分层解耦,以DC为中心分级部署NFV是主流建设思路。当前5G核心网软硬解耦的部署方式,软件层形成烟囱式部署,资源池无法统一调配与管理,难以发挥NFV架构开放、敏捷的技术优势。着重分析5G云化核心网三层解耦架构,讨论三层解耦架构下网络部署的模式及面临的挑战,并提出了三层解耦架构未来演进的方向和思路。

### 关键词:

云化部署;软硬解耦;三层解耦

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.10.011

文章编号:1007-3043(2021)10-0053-05

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

In the construction of network cloud with DC as the core, hierarchical decoupling and hierarchical deployment of NFV with DC as the center are the mainstream construction ideas. Under the current 5G core network hardware and software decoupled deployment mode, the software layer forms a chimney deployment, the resource pool cannot be unified allocation and management, and it is difficult to give full play to the open and agile technical advantages of NFV architecture. It focuses on the analysis of the three-layer decoupled architecture of 5G cloud core network, discusses the network deployment mode and challenges under the three-layer decoupled architecture, and puts forward the direction and ideas of the future evolution of the three-layer decoupled architecture.

### Keywords:

Cloud deployment; Hardware and software decoupling; Three-layer decoupling

**引用格式:**杨文聪,杨文强,王友祥. 5G云化核心网三层解耦部署研究[J]. 邮电设计技术,2021(10):53-57.

## 0 引言

国内外运营商在加快5G网络商用部署的同时,面临由传统网络架构向虚拟化开放网络架构的转型,以提高网络运营效率和节约投资成本。5G核心网采用NFV基础设施平台,通过虚拟化技术提供资源弹性伸缩、网络切片等网络功能,为垂直行业快速实现数字化转型打下了坚实的基础。ETSI于2012年10月发布NFV技术白皮书,通过几年的努力,各部分功能和接口流程不断细化,日臻完善;3GPP也在持续推动5G核

心网虚拟化技术标准及相关规范的研究工作。在行业标准化组织的推动下,国内外大部分运营商和一些主流设备制造商已经掌握了NFV虚拟化的核心技术,但在现网大规模部署时仍主要采用软硬二层解耦的架构,无法做到统一云平台解耦部署,难以实现全网资源共享。本文讨论三层解耦部署的方式及面临的挑战,并探究未来可能的网络部署模式。

## 1 5G云化核心网三层解耦架构

5G核心网的云化旨在重构虚拟化的开放网络,通过提供开放的网络能力来满足差异化的需求。

当前5G核心网商用化部署主要采用二层解耦方

收稿日期:2021-09-01

式,即硬件基础设施与软件系统解耦。虽然统一了硬件基础设施,但软件系统中的虚拟化中间件和网络功能层未解耦,导致仍然存在多资源池、多烟囱问题,使得资源无法统一调配与管理,难以发挥NFV的技术优势,因此三层解耦架构部署网络是充分释放5G网络能力的关键。

因此,传统的由专用硬件与网元软件捆绑的烟囱式网络将被更开放更灵活的三层解耦网络架构所取代,后者可实现基础设施层、虚拟化中间件层与网络

功能层完全解耦,它将真正赋予运营商灵活度高、扩展性强的网络能力。三层解耦有利于分层解耦建设模式可以最大发挥资源池统一调度的优势,利于实现NFV开放合作的产业生态理念,是运营商构建开放、敏捷电信网络的途径。

ETSI规定的三层解耦网络架构(如图1所示)由基础设施层、虚拟化层和网络功能层3部分组成。由VIM、VNFM和NFVO共同组成管理平台MANO。

该架构相较于二层解耦的主要差异是将“软硬解

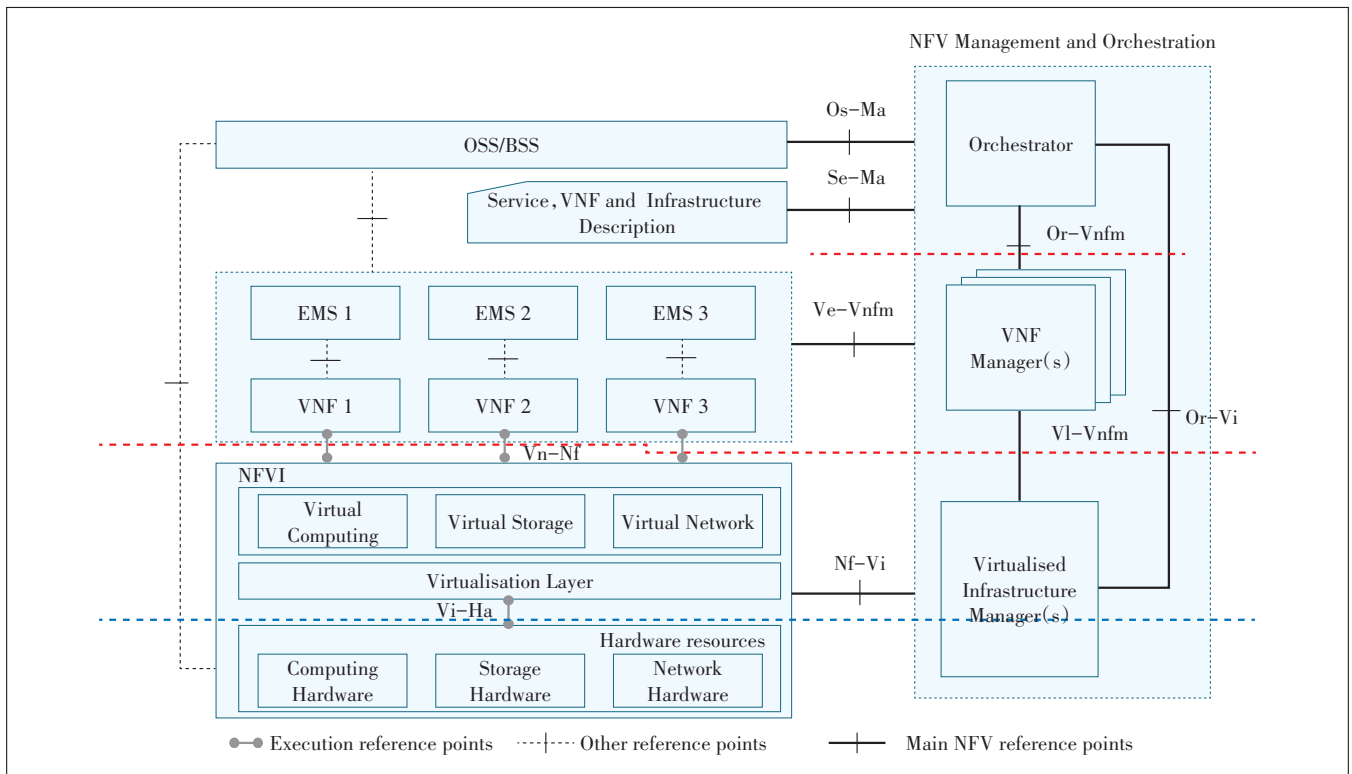


图1 三层解耦网络架构

耦”的软件部分再次解耦分成了虚拟化资源层和网络功能层。而底层物理资源(包含计算、存储、网络3部分)与虚拟化层及其之上的虚拟化资源统称为NFV基础设施(NFV Infrastructure, NFVI)。而虚拟化网络功能(Virtualize Network Function, VNF)即部署在虚拟机上的网元软件,其功能与接口遵循3GPP标准。

管理平台MANO提供基于NFV技术的网络中资源的管理和编排能力,以便最大化提升网络的灵活性和使用率。其中:

VIM(Virtualized Infrastructure Manager)是基础设施层管理系统,负责对物理硬件、虚拟化资源进行统一的管理、监控、优化与故障处理等。

VNFM(VNF Manager)是虚拟化网络功能管理系统,负责VNF的资源及生命周期等相关管理,如网元的实例化、扩容与缩容等。

NFVO(NFV Orchestrator)是网络功能虚拟化编排系统,负责网络业务、VNF协同及虚拟化资源控制与管理,是整个NFV架构的控制核心。

三层解耦架构的接口功能及接口解耦界面如表1所示,所谓的三层解耦是指南北向接口解耦,东西向接口不做进一步解耦。

网元的解耦平面包括基础设施层与虚拟化层的解耦以及虚拟化层与网络功能层的解耦。云化管理的解耦界面包括VIM与VNFM的解耦、VNFM与NFVO

表 1 接口功能

| 接口名称    | 接口定义           | 接口功能                          | 接口类型  | 是否属于三层解耦范畴 |
|---------|----------------|-------------------------------|-------|------------|
| Vi-Ha   | 虚拟化层与基础设施层     | 虚拟化层申请硬件资源, 收集硬件资源状态          | 南北向接口 | 是          |
| Vn-Nf   | 网络功能层与虚拟化层     | 表示虚拟化层提供给 VNF 执行环境            | 南北向接口 | 是          |
| Vi-Vnfm | VNFM 与 VIM     | 资源分配申请, 虚拟化资源池配置              | 南北向接口 | 是          |
| Or-Vi   | NFVO 与 VIM     | 资源保留请求, 资源分配请求, 虚拟化资源配置       | 南北向接口 | 是          |
| Or-Vnfm | NFVO 与 VNFM    | VNF 包管理, 生命周期管理, 策略管理         | 南北向接口 | 是          |
| Nf-Vi   | VIM 与虚拟化层      | 虚拟化资源分配, 硬件资源配置, 状态信息交互       | 东西向接口 | 否          |
| Ve-Vnfm | VNFM 与 VNF     | VNF 生命周期管理, 配置管理, 收集 VNF 状态信息 | 东西向接口 | 否          |
| Se-Ma   | OSS/BSS 与 MANO | 操作维护管理                        | 东西向接口 | 否          |
| Os-Ma   |                |                               | 东西向接口 | 否          |

的解耦、NFVO 与 VIM 的解耦。相比较二层解耦架构, 三层解耦架构中需解耦的接口界面增多, 网元解耦增加了虚拟化层与网络功能层的解耦, 云化管理解耦需

增加更多的解耦界面, 实现难度大大增加。对运营商来说, 多厂商垂直互通的网络将面临系统集成难度大、运营维护难度大、部署周期长等难题。

## 2 三层解耦网络部署模式及演进方向

5G 云化核心网三层解耦部署打破了传统单一供应商的模式, 采用多供应商共同部署模式。现阶段, 在 5G 网络的多种要素和行为尚未最终确定标准的情况下, 运营商部署三层解耦网络进展缓慢。本章将讨论三层解耦架构下网络部署模式及面临的挑战, 并提出未来三层解耦架构可能的演进方向。

### 2.1 NFV 部署模式 1: 虚拟机部署模式

在虚拟机部署模式下, 通过虚拟化软件 Hypervisor 把硬件计算资源、存储资源及网络资源虚拟化, 将其转化为一组可管理、调度和分配的逻辑资源, 并以虚拟机的形式提供给上层的 VNF。虚拟化层与基础设施层解耦在二层解耦架构中已广泛应用, 相对比较成熟, 因此解耦的重点是虚拟化层与业务层的解耦及云化管理界面的解耦。虚拟机部署的三层解耦架构如图 2 所示。

虚拟化层与网络功能层的解耦导致异厂家提供不同的设备, 务必统一软件研发环境, 保证软件与平台兼容。同时, 在系统设计时, 运营商应规定虚拟化

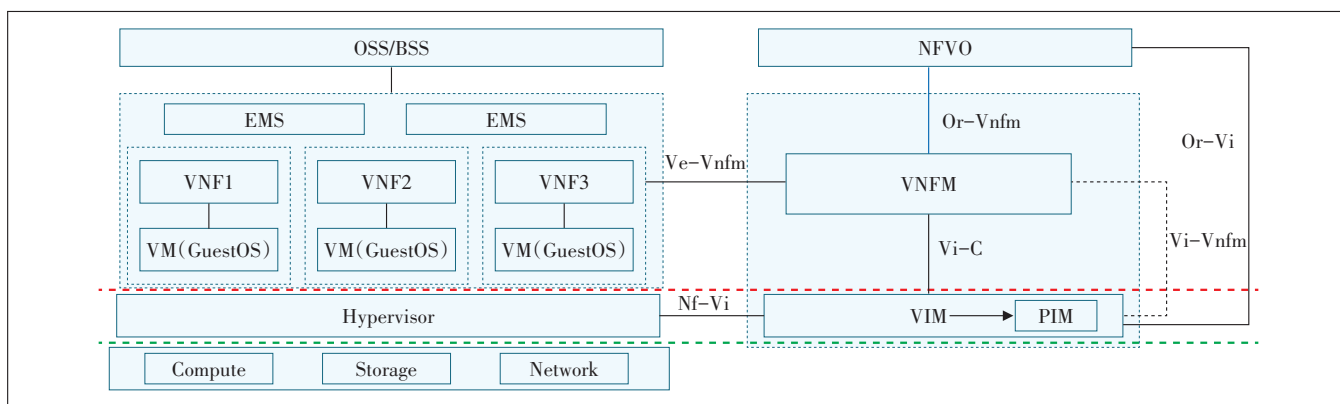


图 2 虚拟机部署的三层解耦架构

功能匹配策略、性能规格和可靠性策略等, 使得各厂家垂直系统设计不出现短板, 保证整体设备性能最优化。

虚拟化层软件版本统一, 保证研发环境一致性。虚拟化层的软件包括虚拟化软件 Hypervisor 和 VIM 基于的 OpenStack 管理单元 2 部分, 通过 Hypervisor 与 VIM 的交互实现对虚拟机的管理、硬件服务器监控。

运营商在企业标准中必须规定统一的 Hypervisor 软件版本, 包括基于 Linux 系统增强的 Host OS 的内核版本, 基于 KVM 增强的 KVM-Qemu 版本和基于开源 DPDK 增强的 DPDK 版本。OpenStack 主要考虑 VIM 北向 6 个接口 API 版本的统一, 包括镜像管理接口、认证管理接口、计算资源管理接口、网络资源管理接口、存储资源管理接口及资源编排管理接口。

云化核心网处理高转发数据业务,大量增强虚拟化技术应运而生,务必统一各厂家虚拟化技术,保证资源最大化利用。运营商统一要求虚拟化层支持CPU超线程、大页内存、NUMA、CPU绑核、亲和性和反亲和性、实时GuestOS等关键技术。最后,计算、存储及网络等性能规格的要求也需要统一,满足业务层系统设计和调度的需求。迁移与备份等可靠性策略需要统一,满足上层业务策略调度要求。固化统一的虚拟层的各种参数,目标是为不同供应商功能软件提供统一虚拟平台,降低系统集成的难度,提高不同设备的兼容性。

虽然国内外组织和运营商制定了标准化规范,从实验室验证及实际部署情况来看,系统集成依然挑战重重。需要制定颗粒度更精细的技术要求,包括软件版本演进策略,通用指令集、虚拟化部署参数和创建参数等。

## 2.2 NFV部署模式2:容器部署模式

随着以K8S为核心的CNCF迅速发展,容器编排调度平台成为了事实标准,CNCF提出未来K8S支持VNF,进一步推动容器技术向电信行业渗透。容器是一种轻量化的操作系统级虚拟化技术,而虚拟机是物理资源虚拟化技术,对比分析虚拟机与容器各技术维度,探讨基于容器的网络系统的可行性。

K8S(Kubernetes的缩写),容器编排平台,用于容器集群的自动化部署、扩容以及运维,是容器的管理者与监控者。

云原生计算基金会(Cloud Native Computing Foundation,CNCF)是一个开源软件基金会,它致力于云原生技术的普及和可持续发展。

Swarm,容器管理工具,用来提供容器镜像的生命周期管理和集群管理。

虚拟机与容器对比如表2所示。

从表2可以看出,云化核心网对虚拟机和容器没有强依赖关系,结合微服务架构引入容器的网络系统,容器颗粒度小、灵活部署方面更有优势,而且5G弹性扩缩容成为常态,容器系统能够更快申请和释放资源,提升资源利用率,但是容器的标准化程度低,系统集成的难度会更大。

5G网络重点服务行业客户,要求5GC网络具备快速响应新需求的能力,基于容器的微服务架构更容易实现不同业务类型差异化编排。容器技术分为虚拟机容器和裸机容器。裸机容器隔离性及安全性较弱等

表2 虚拟机与容器对比

|        | 虚拟机        | 容器                 |
|--------|------------|--------------------|
| 服务化接口  | 无关         | 无关                 |
| 无状态NF  | 无关         | 无关                 |
| CUPS   | 无关         | 无关                 |
| 切片     | 无关         | 无关                 |
| 服务编排粒度 | 编排粒度大      | 编排粒度小              |
| 高性能    | 成熟的转发面优化技术 | 资源利用率高             |
| 可靠性    | 支持热迁移      | 不支持热迁移             |
| 标准化程度  | 高          | 低                  |
| 调度管理   | ETSI的NFV架构 | 基于IT软件(K8S、Swarm等) |
| 安全性    | 虚拟机隔离      | 共享内核,容器隔离          |
| 弹性周期   | 3~5 min    | 30 s左右             |

技术原因,使现阶段基于裸机技术的ETSI等标准尚未成熟,运营商主要研究虚拟机容器部署模式。利用容器颗粒度小、差异化编排能力强的优点,同时,利用虚拟机标准化程度高规避容器的缺点。

虚拟机容器的部署模式是在虚拟机部署模式的基础上,VNF/VNFM内部增强,支持容器的部署,如图3所示,NFVI、VIM接口都不变,运维不变,以虚拟机为主,但NFVO需要增加容器管理编排定义,包括应用编排和弹性监控等参数的定义;VNFM需要内置容器相关管理功能。同时,虚拟机容器模式下,网元部署流程也要相应的增加。虚拟机部署模式下网元的部署流程相对简单,Guest OS镜像文件、VNF软件包和VNFD模板打包上传,NFVO同步VM镜像到VIM,同时NFVO通知VNFM实例化VNF,完成虚拟机的创建。而虚拟机容器网元部署流程是在虚拟机创建完成后,增加虚拟机内网络规划,创建容器的镜像和容器的编排模板等。

由于虚拟机容器部署模式大的框架同虚拟机部署模式一致,因此,解耦界面以及解耦的技术要求基本一致,只需要增加NFVO与VNFM接口中ScaleVnf、CreatePolicy、VNFPackageNotify和VNFMEventNotification参数的定义,同时,需要增加NFVO与VIM接口中API参数的定义。跟虚拟机部署模式相比,虚拟机容器部署模式的解耦难度没有降低,只是增加了业务差异化部署的灵活性,资源利用率更高。

## 2.3 三层解耦未来架构探究

无论虚拟机部署模式还是虚拟机容器部署模式,不同供应商垂直系统集成都面临着相同程度的挑战,国内外运营商三层解耦部署的实践案例较少,而未来网络的发展趋势将会更加开放和灵活。因此,探讨一种既

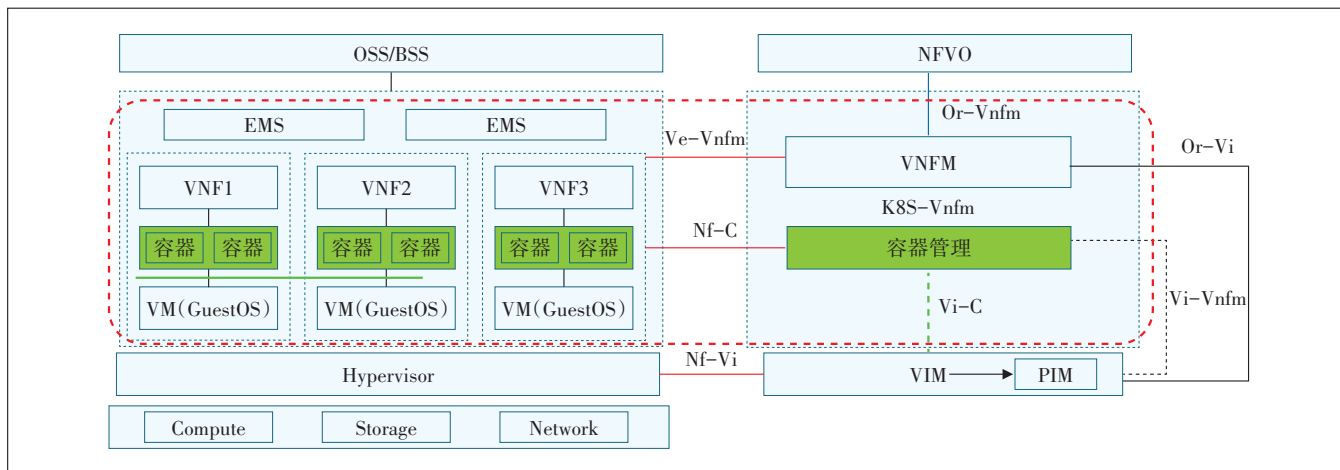


图3 虚拟机容器部署的三层解耦架构

可实现灵活部署、又可实现高效集成的新型网络架构是非常必要的。大虚拟层的三层解耦架构如图4所示。

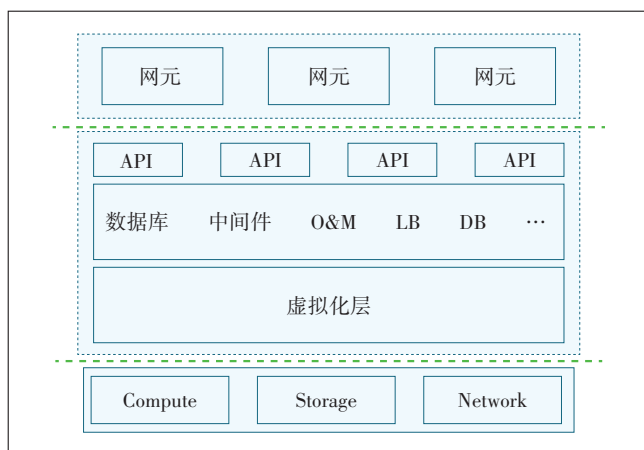


图4 大虚拟层的三层解耦架构

构想一种大虚拟层的部署模式,基于云原生进行架构设计,在原有虚拟层基础上增强形成新的大虚拟层平台,支持多种资源形式共存,与虚拟化层联动密切的网元功能卸载到大虚拟层平台,对上层的业务提供统一的API,网元各个模块弱化成类似APP应用的形态,网元与大虚拟层解耦的难度大大降低。原有网元拆解为通用功能和特性功能,通用功能组件内置于大虚拟层平台,特性功能作为新网元部署在大虚拟层平台之上。运营商新网元要求基于微服务进行设计,各个功能模块简约化与定制化,编排管理灵活智能,根据业务需求自动部署,实现业务轻量化、中台标准化与资源最优化的目标。现阶段可以通过应用场景的分类,分析不同应用场景下网元功能与虚拟层的联动

性,进行平台框架设计,推进各种技术标准化,最终实现低接触高效率系统集成。

### 3 总结

网络重构已成为国内外运营商转型的重要切入点,未来网络通过NFV进行三层解耦是大势所趋。5G网络建设的加速推进,为运营商实现基于NFV的核心网三层解耦架构落地提供了很好的契机,在解决问题同时,希望探究一种更加灵活开放低接触集成的网络架构,推动整个产业链更加开放完善的5G核心网三层解耦方案,尽早实现NFV统一云平台部署,共同迎接5G万物互联新时代。

#### 参考文献:

- [1] 3GPP. 5G; System architecture for the 5G system; 3GPP TS 23.501[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [2] 3GPP. Telecommunication management; Charging management; Charging architecture and principles; 3GPP TS 32.240[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [3] 3GPP. 5G; 5G System(5GS) Location Services(LCS); Stage 2; 3GPP TS 23.273[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [4] 3GPP. 5G; 5G System; Technical Realization of Service Based Architecture; Stage 3; 3GPP TS 29.500[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/ftp/Specs>.

#### 作者简介:

杨文聪, 硕士, 主要从事移动通信新技术研究工作; 杨文强, 硕士, 主要从事NFV、5G核心网相关技术研究工作; 王友祥, 高级工程师, 博士, 主要从事未来网络新技术、移动通信新技术研究工作。