

网络云三层解耦 架构研究及5GC实践应用

Research on Three-layer Decoupling Architecture of Network Cloud and Its Practical Application in 5GC

张磊(中国电信集团有限公司,北京 100033)
Zhang Lei(China Telecom Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China)

摘要:

在运营商大力推进网络云化转型的形势下,传统软硬件二层解耦的网络建设模式面临诸多问题。为此,提出一种基于统一自研高性能虚拟化平台承载三层解耦网络上云的目标架构。对比分析了5GC网络部署的3种方案,并介绍了5GC三层解耦网络试验及创新实践成果。最后对三层解耦网络面临的挑战进行分析,为全面实现网络上云奠定坚实基础。

关键词:

网络上云;5GC;三层解耦;自研虚拟化
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.05.014
文章编号:1007-3043(2023)05-0083-05
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:

Under the situation that telecommunication operators promote the transformation of network cloud, the traditional software and hardware decoupling network construction mode faces many problems. Therefore, it proposes a target architecture based on the self-developed virtualization platform to carry the three-layer decoupling network. Three 5GC network deployment schemes are compared, and the results of 5GC three-layer decoupling network testing are introduced. Finally, the challenges of three-layer decoupling network cloud are analyzed, which lays a solid foundation for the future network cloud.

Keywords:

Network cloud; 5G Core; Three-layer decoupling; Self-developed virtualization platform

引用格式:张磊.网络云三层解耦架构研究及5GC实践应用[J].邮电设计技术,2023(5):83-87.

1 概述

国家“十四五”数字经济发展规划提出,要加快建设高速泛在、天地一体、云网融合、智能敏捷、绿色低碳、安全可控的智能化综合性数字信息基础设施。通信运营商作为我国网络强国、数字中国建设的主力军,加快建设5G、云计算、基础网络、网信安全等云网融合新型信息基础设施,加速推进传统网络重构转型,全面提升网络数智化运营水平。

随着5G、云计算、网络功能虚拟化(NFV)、软件定义网络(SDN)等关键技术的广泛应用,通信运营商在大力推进传统网络基础设施上云,解决网络专用设备成本高、灵活性差、开放度低、开发周期长等问题,满足新形势下业务敏捷调度、资源高效利用、网元按需部署的网络云化建设要求。网络云化的本质是通过网络重构将通信网络与IT技术深度融合,使得网络架构更加敏捷开放、网络运营更加集约自动化、网络部署更加灵活低成本化,最终实现云网的一体化供给、一体化运营和一体化服务。

目前通信运营商网络云建设主要采用软硬件解

收稿日期:2023-03-06

耦的方式,在一定程度上降低了集成部署、异厂家适配、网络运营运维的难度,但该部署模式存在网络云资源池技术架构不统一、不同业务计算、存储和网络资源独立规划部署等问题,导致网络云资源池无法实现完全共享和灵活调度,不利于多业务融合部署、统一技术栈发展和统一运维管理等。因此,构建自主可控的网络上云三层解耦架构至关重要,该架构可有效提升运营商在云网建设中的自主掌控力及产业链话语权。

2 基于自研虚拟化三层解耦网络云架构

2.1 三层解耦网络云总体架构

为积极响应国家“自主可控”技术发展要求,经过多年的网络云化实践,提出了基于自研高性能虚拟化平台承载三层解耦网络上云的目标架构,通过硬件层、虚拟化层、网元应用层的全解耦,满足不同厂商及网络统一架构云化部署的要求,实现云资源池的架构统一及集约共享,有效提高云网自主可控力,提升云网运营效率,降低建设运营成本。

自研网络云主要用于承载关键网络网元及通信类业务平台等应用,通过对自研云计算产品进行整合,实现通用硬件环境、虚拟化资源和网络功能等三层解耦架构的承载,对标主流厂家可承载的5G核心网

(5GC)、虚拟IP多媒体子系统(vIMS)、视频彩铃、边缘计算、5G消息、安全能力池等CT类云业务,三层技术架构如下。

a) 通用硬件层。硬件资源包括计算、存储和网络设备等,通过白名单机制兼容通用硬件资源。

b) 虚拟化层。基于自研高性能服务器虚拟化平台,将硬件资源进行抽象和池化,提供用于承载 VNF 网元的计算、存储与网络能力,实现硬件与虚拟化层的完全解耦。

c) 虚拟化网元功能(VNF)层。将传统网元设备虚拟化并运行在虚拟机上的软件应用。

为实现对云网资源的高效调度,构建管理编排层进行端到端管理,其中自研虚拟资源管理(VIM)、自研物理资源管理(PIM)实现对资源池物理资源和虚拟资源的统一监控和告警管理;虚拟网元管理(VNFM)实现对 VNF 实例化、扩缩容等全生命周期的管理,NFVO 实现对全网网络服务、虚拟资源和网络策略的编排、调度和管理。基于自研虚拟化的三层解耦网络云总体架构如图1所示。

2.2 高性能网络云平台

自研高性能网络云虚拟化平台基于 ETSI NFV 架构标准设计,具有强大的虚拟化功能和资源池管理能力,能够有效整合基础设施资源,提供成本更低、可靠

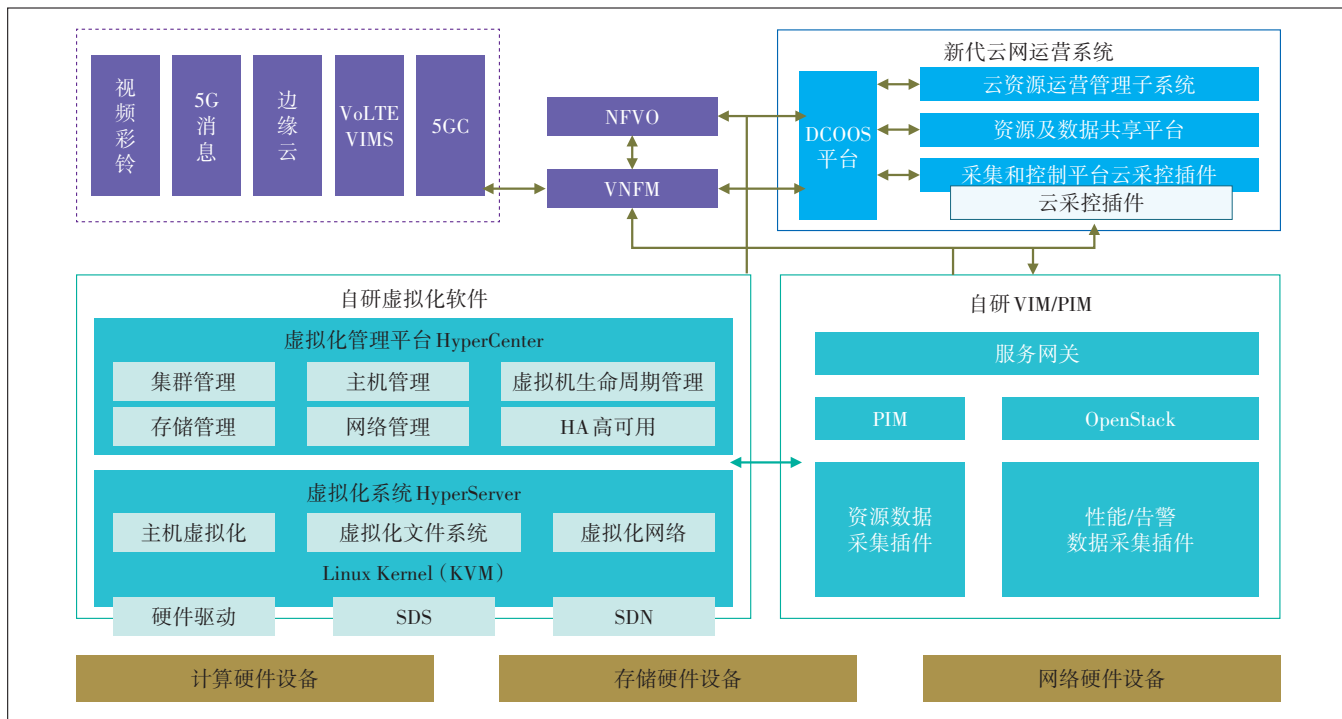


图1 基于自研虚拟化的三层解耦网络云总体架构

性更高、维护更简单的云网基础设施架构,使集群从传统架构向云架构平滑演进,以实现硬件资源、虚拟

化软件和网元的云化解耦。高性能网络云虚拟化平台主要具备以下3个特点,具体架构如图2所示。

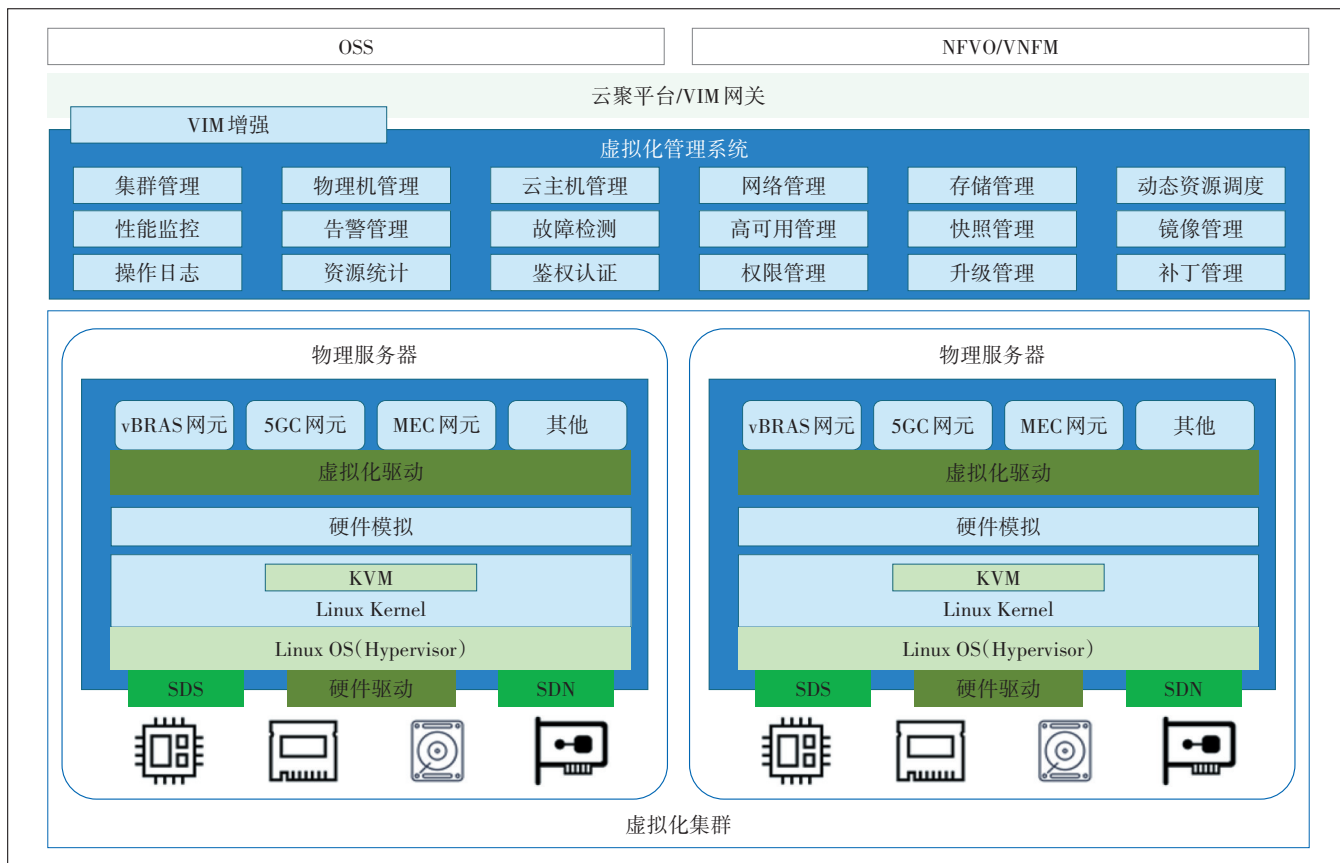


图2 高性能网络云虚拟化平台架构

a) 强化网络上云可靠性。面向网络上云场景要求,平台具备操作系统内核优化、硬件直通或硬件卸载、中断优化等性能增强能力,实现网络上云场景多种电信网元承载,满足NFV应用对高实时性、高吞吐性和高可靠性的要求。

b) 实现资源高效管理。平台具备虚拟机HA、主机HA、虚拟机实时热迁移、管理系统高可用、管理数据自动备份、网络断流检测等能力;具备一站式虚拟化主机、集群、共享存储、虚拟网络配置、发放和调度管理、批量部署与配置管理;可实现对云数据中心内完整计算资源、存储资源和网络资源的统一管理可视化功能。

c) 提升智能运维能力。提供标准化协议支持的北向开放接口,具备智能敏捷的资源监控与告警、安全配置与检测、日常健康巡检等特性。

对标主流软件,自主研发虚拟化平台的能力如表1所示。

表1 自研高性能网络云虚拟化平台主要能力对标

对象	自主研发	厂商1	厂商2
虚拟化	基于KVM研发	基于KVM研发	基于KVM研发
PIM	自研PIM,针对不同厂商设备适配	eSight,兼容华为设备,其他厂商设备需适配	EMS,兼容中兴设备,其他厂商设备需适配
VIM	OpenStack	OpenStack	OpenStack
特性支持	NUMA绑定、SRIOV、内存巨页、VLAN透传、亲和性/反亲和性等	NUMA绑定、SRIOV、内存巨页、VLAN透传、亲和性/反亲和性等	NUMA绑定、SRIOV、内存巨页、VLAN透传、亲和性/反亲和性等

3 5GC三层解耦网络创新实践

3.1 5GC网络部署方案分析

5G网络具有高速率、大连接、低时延等特征,未来业务需求的多样性要求5G网络架构具备差异化服务和灵活调度能力。5G核心网架构在设计之初,通过网络架构服务化、软件微服务化等技术,使网络天然具有云原生部署能力。5GC网络采用SBA服务化架构设

计,将网络功能进行模块快拆解,对外提供自包含、自管理和可重用的网络功能,独立网络功能(NF)可进行独立扩容、独立演进和按需部署;服务间在业务功能上解耦,通过统一类型的服务化接口实现调用,使网络具备敏捷部署、弹性伸缩和灵活编排能力,为5GC云化解耦部署奠定坚实基础。

当前国内外5GC网络运营商主要采用软硬一体以及软硬解耦部署方案,但在这种部署模式下,虚拟化平台未实现与上层应用的有效解耦,1层资源基于VNF厂商独立分配,造成网络云资源难以完全共享、对厂商依赖度高、技术架构不统一等问题,难以发挥

云资源池灵活调度和弹性共享的差异化优势。为解决上述问题,本文提出一种基于自研虚拟化统一架构的5GC三层解耦技术方案,可实现硬件、网元、应用的分层解耦,有效解决网络云化中业务与厂商锁定、运维与产品锁定的困境,有效提高自主可控度,增加产业生态博弈手段,防止云资源碎片化,提升集约化运营水平。5GC部署方案对比分析如表2所示,通过3种部署方案的对比可以得出,三层解耦方案是未来目标演进方案,但同时也对运营运维模式、工程建设方式等方面带来一定挑战。

3.2 5GC 三层解耦网络实践

表2 5GC部署方案对比分析

方案	主要特性	优点	缺点
软硬一体方案	端到网络资源均由同一厂家提供整体解决方案	单厂商提供全套系统,由厂商负责总集和实施,上线周期短;单一厂商提供技术支持,对一线运维能力要求中等	整套系统全部由单一厂家提供,只是硬网元改成软网元;形成烟囱,资源复用困难,对厂商依赖度高;不支持异厂家VNF部署,网络开放能力弱
软硬解耦方案	网元及管理软件由同一厂家提供软件解决方案,底层硬件资源由硬件厂家提供	主要设备由厂商提供,完成硬件适配测试后,上线周期中等	软硬件解耦后故障定位难度增加,对一线运维能力要求较高;需要招标独立的硬件集成商,设备厂商不愿意承担;不支持异厂商VNF部署,资源复用主要体现在硬件资源,云服务仍与网元紧耦合
三层解耦方案	VNF和VNFM由业务网元厂家提供,虚拟化及其管理软件由自研提供,底层通用硬件由硬件厂家提供	支持异厂商VNF部署,业务部署自主度高,业务组合灵活;通过持续的硬件兼容适配,白名单逐渐丰富,NFVI软硬兼容能力可持续增强,可以建立运营商自己的生态体系	初期对运维技能要求较高,运维分工界面增多,问题界定难度最高,对一线运维能力要求最高;需要垂直的集成商角色,负责多厂商的集成协调,工程建设数据的统一管理,转维流程的衔接

为加快推进5GC三层解耦网络目标架构的试商用,从实验室验证、现网试点、商用部署等方面统筹推进,基于自研高性能虚拟化平台部署网络云资源池,按照三层解耦模式进行5GC业务加载试点,验证和评估自研虚拟化承接业务平台及关键网元的业务能力。5GC三层解耦网络侧验证主要分为3个阶段,如图3所示。

a) 第一阶段:建立统一的测试验证环境,对自研虚拟化平台进行测试,验证1层资源的功能性、可靠性、安全性和运维监控能力,进行5GC网元部署及联调测试,打通5GC解耦网络数据Firstcall。

b) 第二阶段:对标商用网络要求,对不同厂商5GC网络进行功能测试,包括服务化架构,移动性管理、会话管理、安全管理等主要业务流流程,网络切片、与EPC互操作,IMS功能以及组POOL等100余项测试内容;同时,结合5G业务流量模型进行200万用户的大容量性能测试,验证承载大并发性能及网络可靠性。

c) 第三阶段:与现网环境打通,对标5GC解耦网络试商用要求进行现网试点验证及工程验收测试,对

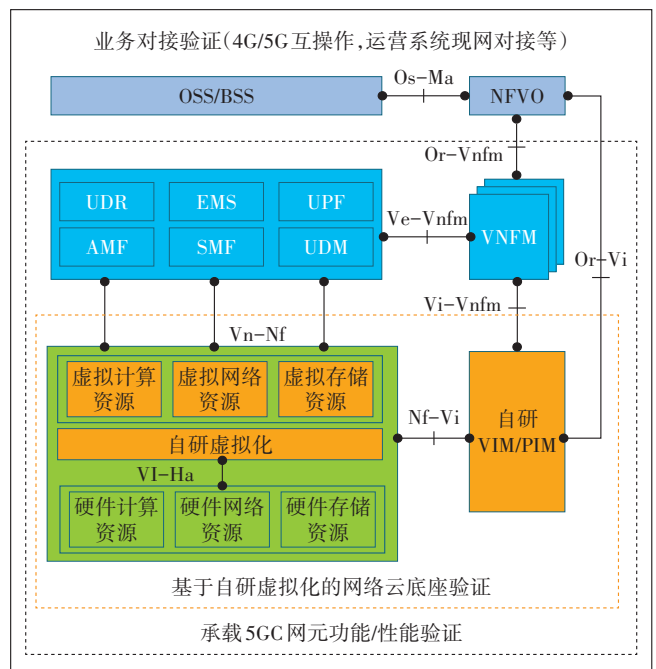


图3 5GC三层解耦网络侧验证

5GC资源池能力、5GC网元与承载网络、EPC网络的互通性,语音、短信、VPDN、定向流程等主要业务流程,

可靠性及容灾倒换测试,计费及开销户联调,以及与运营系统对接等内容进行测试。

通过对自研虚拟化平台及与5GC业务的全方位测试验证,上述测试项目全部通过,性能与商业虚拟化软件以及5GC网络的基本可比。多轮次对现网用户进行业务割接的验证测试表明,该平台成功实现了全球首个基于自研虚拟化的5GC三层解耦网络试商用,这标志着运营商自主研发的高性能电信云虚拟化底座承载网络上云业务实现了重大突破,是践行云网融合战略的最佳实践和标杆应用,对运营商实现云网自主可控具有重要里程碑意义。

4 三层解耦网络云面临的挑战

基于自主可控的三层解耦网络云技术架构对传统网络规划建设、运营运维等模式提出了新的挑战,亟需多措并举共同构建自主可控、合作开放、网络云化的可持续发展生态,打造领先安全的云网新型基础设施,主要建议如下。

a) 持续提升云网运营能力。三层解耦网络面临运维技术难度大、跨专业协同难、跨层故障定界难、面向业务保障难等诸多困难。这要求运营商做好MANO和OSS协同,基于统一的运营系统构建新管理运维模式,打造新型运维流程,建立清晰的界面分工流程和仲裁机制,构建端到端运营运维工具手段,提升跨层告警关联分析、故障联动处理能力,形成有效的全生命周期 DevOps 流程。

b) 持续丰富网络上云生态。加快完善不同类型网络云化行业标准及规范,通过对不同硬件设备、网元、上层应用的兼容适配,持续构建技术体系与商业生态,逐渐形成运营商引领的硬件层、虚拟化层、网元应用层网络云持续发展生态,提升云核心技术自主掌控力,提高产业链话语权。

c) 持续增强云网安全能力。由于云计算边界消失的问题,数据中心内外部的安全威胁和漏洞成为潜在的网络风险,需要持续丰富安全服务特性,满足网络安全运营要求,打造具备增强功能、架构开放、高效稳定的云网基础设施。

5 结束语

本文针对当前网络上云存在的主要问题,提出了基于自研虚拟化平台承载三层解耦网络上云的目标架构,详细阐述了5GC三层解耦网络方案、测试情况

及创新实践成果,并针对三层解耦网络面临的挑战给出了相应建议,为未来全面实现网络基础设施云化转型奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 杨文强,王友祥,唐雄燕,等.面向云原生的5G核心网云化架构和演进策略[J].邮电设计技术,2021(3):12-15.
- [2] 胡祎,张奎,张世华,等.通信云三层解耦研究[J].邮电设计技术,2021(9):72-76.
- [3] 张燕.5G核心网虚拟化云资源池部署探讨[J].移动通信,2019,43(6):10-15.
- [4] 卢磊,张玲.运营商网络云化架构演进分析[J].电信快报,2020(3):24-27,45.
- [5] 陈佳媛,王瑞雪,班有容,等.中国移动面向5G的电信云基础设施技术研究和实践[J].移动通信,2019,43(1):57-62.
- [6] 史凡,赵慧玲.中国电信网络重构及关键技术分析[J].中兴通讯技术,2017,23(2):2-5.
- [7] 杨光达,刘松涛,周达飞.网络云化过程中的数字化转型思考[J].通信管理与技术,2020(1):55-57.
- [8] 赫翌,苗杰,童俊杰.5G核心网技术演进及挑战[J].中兴通讯技术,2020,26(3):23-26.
- [9] 冯征.NFV与云计算——电信运营商的机遇与挑战[J].电信工程技术标准化,2017,30(12):1-8.
- [10] 杨峰义,张建敏,王海宁,等.5G网络架构[M].北京:电子工业出版社,2017.
- [11] 何晶颖.云网融合的演进路径探讨[J].电信快报,2018(4):12-16.
- [12] 史凡.对云网融合技术创新的相关思考[J].电信科学,2020,36(7):63-70.
- [13] 王全.云原生Cloud Native核心网方案及关键技术[J].中国新通信,2018,20(9):61-62.
- [14] 李铭轩,邢鑫,王本忠.面向电信运营商的容器云SDN云网一体化方案研究[J].信息通信技术,2019,13(2):7-12,25.
- [15] 康宏建.5G网络架构演进建议方案[J].电信技术,2019(7):66-68,71.
- [16] 刘雁.5G核心网的建设与演进[J].邮电设计技术,2018(11):23-28.

作者简介:

张磊,工程师,硕士,主要从事云计算、移动网络、云网融合等技术研究工作。

