5GC云资源池生命周期演进方案研究

Research on Lifecycle Evolution of 5GC Cloud Resource Pool

胡 祎,张 奎,张世华,申 佳(中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007)
Hu Yi, Zhang Kui, Zhang Shihua, Shen Jia (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

摘 要:
随着5G网络的建设,承载5G核心网的云资源池的计算、存储、网络等硬件设备服役时间已达3~5年,根据IT设备的特点,早期部署的硬件设备已经逐步进入生命周期后期,预计故障率将会提升,对5GC关基网络的安全稳定运行带来隐患。介绍了5GC云资源池架构组成,对资源池硬件设备生命周期进行了分析研究,提出了5GC云资源池升级演进方案以及设备利旧建议。

关键词:
5G核心网;云资源池;硬件设备;生命周期;升级演进
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.01.004
文章编号:1007-3043(2026)01-0014-05
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:
With the construction of 5G networks, hardware devices such as computing, storage, and networking that carry the 5G core network's cloud resource pool have been in service for 3~5 years. Based on the characteristics of IT equipment, early deployed hardware devices have gradually entered the later stages of their lifecycle, and it is expected that the failure rate will increase, posing hidden dangers to the secure and stable operation of 5GC critical infrastructure networks. It briefly introduces the architecture composition of the 5GC cloud resource pool, analyzes the hardware device lifecycle of the resource pool, proposes an upgrade and evolution plan for the 5GC cloud resource pool, and provides suggestions for device utilization.

Keywords:
5G core network; Cloud resource pool; Hardware equipment; Life cycle; Upgrade and evolution

引用格式:胡祎,张奎,张世华,等. 5GC云资源池生命周期演进方案研究[J]. 邮电设计技术,2026(1):14-18.

1 概述

自从2019年6月中国5G商用牌照发放,运营商开始集约化建设云化形态5G核心网,承载5G核心网的云资源池同步进行部署建设。一期建设的5GC云资源池硬件设备服役时间已经达到6年,正在进入设备生命周期后期,设备故障率将会逐步提升,可能会给5GC关基网络的安全稳定运行带来一定的风险隐患。因此,需要提前对5GC云资源池的生命周期演进方案进行研究,为后续5GC云资源池升级演进提供参考。

收稿日期:2025-12-02

2 5GC云资源池简介

云资源池是指通过虚拟化技术将物理资源(如计算、存储、网络等)整合成统一的、可灵活调度的资源集合,按需分配给用户或业务使用,实现资源的高效利用、弹性扩展和动态管理。5GC云资源池就是为5GC、IMS等电信级网络提供资源服务的资源池[1-2]。

如图1所示,典型的5GC云资源池主要包括通用

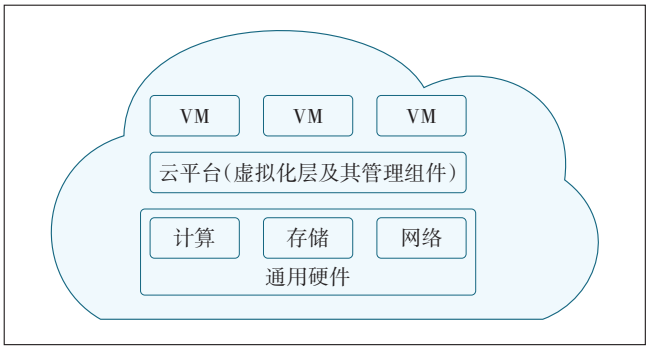

图1　5GC云资源池示意

硬件、云平台以及为上层业务提供的虚拟机。

2.1 通用硬件

通用硬件包括计算、存储和网络设备等。计算设备主要指通用服务器,如机架服务器、刀片服务器,采用主机集群HA工作方式,提供基础算力资源;存储设备主要分为分布式存储设备、集中式存储设备2类,提供块存储、文件存储、对象存储服务;网络设备主要包括数据中心交换机(接入交换机、核心交换机)、硬件管理交换机、路由器、防火墙等网络设备,提供网络连接与带宽资源,并保障网络安全与流量均衡。

2.2 云平台

云平台包括虚拟化层以及相关的管理组件(如VIM、PIM)。在虚拟化层,虚拟化中间件对硬件资源进行抽象,将物理硬件的计算、存储和网络资源进行池化,并以虚拟机和虚拟网络的形式提供给虚拟化的网元,实现虚拟化网元软件和底层硬件的解耦[3],保证虚拟化网元可以部署在不同的通用硬件资源上;管理组件包括虚拟资源管理(VIM)和硬件资源管理(PIM)。VIM实现虚拟化资源管理,包括VM资源管理和分配,实现对虚拟化资源的监控、故障、性能信息收集和上报。PIM对资源池内的通用硬件设备进行管理,PIM可由VIM集成部署,也可独立部署。

2.3 虚拟机

虚拟机(VM)是通过虚拟化技术实现的逻辑计算机实体,能够在一台物理服务器上模拟多台独立运行的计算环境,每个虚拟机拥有独立的操作系统、应用程序和资源分配,其核心作用是基于虚拟化层(Hypervisor/VMM)实现物理资源的抽象与隔离。虚拟机为虚拟化网元VNF运行提供计算环境。

3 5GC云资源池设备生命周期研究

本文对5GC云资源池生命周期研究主要侧重于通用硬件设备[4]。

3.1 设备故障率曲线分析

在讨论硬件设备生命周期的时候,有一个形象的名词叫“浴盆曲线”(Bathtub Curve)。浴盆曲线是可靠性工程中常用的模型,用于描述设备或系统在整个生命周期内的故障率随时间变化的规律,因其形状类似浴盆而得名。浴盆曲线分为3个阶段,反映了不同时期的故障模式(见图2)。

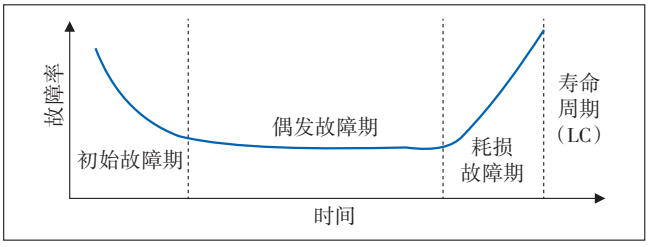

图2　设备生命周期的浴盆曲线示意

a)初始故障期。在设备初期调试、安装、磨合阶段,故障率较高,但随时间推移快速降低,这一阶段的故障原因大多是设备制造缺陷和兼容性问题等。为了降低这个阶段的故障率,在设备出厂前应通过高强度运行筛选故障硬件,剔除不合格产品,同时要严格进行验收测试,部署前进行压力测试、兼容性测试等相关测试。

b)偶发故障期。这一阶段为故障率平稳的设备服役阶段,特点是故障率较低,且较稳定,往往可近似看作常数。此阶段设备处于良好的运行状态,偶然发生的故障主要由随机外部环境因素、使用不当等引起,需要做好预防维护,最大化延长稳定运行期。

c)耗损故障期。在设备到达生命周期后期,会进入耗损故障期,该阶段的故障率随时间的延长而急速上升,设备故障量增加直至最后报废。这一阶段故障主要由材料或电子元件磨损、疲劳、老化和性能退化等原因造成,应主动更换相关元件,避免相应的风险。

浴盆曲线为硬件设备可靠性设计、维护策略制定及生命周期评估提供了重要依据,但需结合具体场景分析。

3.2 设备服役年限分析

3.2.1 服务器服役年限

传统电信设备的寿命通常在10年以上,但服务器作为IT设备,迭代更快。影响服务器服役年限的主要因素如下。

a)设备演进。服务器CPU的演进、供货周期通常

为2~4年,受技术、竞争和市场影响可能会缩短或延长。

b) 技术迭代。5G、边缘计算、NFV等新技术要求更高算力和能效,推动服务器升级[5-7]。

c) 硬件老化。服务器在服役5年后故障率和维护成本会显著上升,尤其在高负载的虚拟化环境中。

d) 能效与合规。老旧服务器能效较低,长期使用旧设备可能导致碳排放超标。

e) TCO成本平衡。延长服役期可降低CAPEX,但会带来OPEX(如运维、能耗)的增加。

f) 供应链安全。硬件采购需规避“断供”风险,加速国产化替代。

公开数据显示,不同行业领域服务器服役年限存在差异,一般互联网企业因追求能效比和极致性能,服务器更换频率更高,服役周期多为3~5年;金融、政务行业因高可用和灾备要求,服务器生命周期管理严格,服役年限多在5~7年。根据Omdia2022年的调查数据,16家全球电信运营商报告的服务器平均服役时间为5.6年,体现了电信行业在技术创新与成本控制间的平衡,受设备投资回报周期长、硬件稳定性要求高等因素影响,电信运营商更倾向于延长服务器生命周期。

3.2.2 存储和网络设备服役年限

分布式存储的硬件形态主要是服务器,服役时间可以参考服务器,实际上由于硬盘的频繁读写,分布式存储服役周期相对计算服务器可能会更短。集中式存储主要指磁盘阵列,磁盘阵列的使用周期受多种因素影响,包括硬盘类型、使用场景、维护策略等,多数磁盘阵列故障源于硬盘,使用5年以上磁盘阵列的故障率明显上升。

交换机的使用周期通常受技术迭代、业务需求变化、设备可靠性以及成本考量等多种因素影响,一般常规使用生命周期在6~8年。路由器设备因高可靠性要求和技术迭代特点,其生命周期通常更长,部分高端路由器设备在理想维护情况下可使用10年以上。

综合来看,除路由器使用周期可达10年以上外,服务器、存储、交换机等设备的使用周期基本相当。

3.3 设备生命周期管理策略研究

随着硬件成本的上升,运营商需考虑采用必要的技术手段、运维措施来延长设备的生命周期(见图3),最大化地使用设备,以降低TCO总成本。

a) 加强预防维护能力,延长设备使用周期。在资源池设备长期运行期间,主要是依靠日常维护与优化,保障设备运行的稳定性和高可用性。在常态化维护的基础上,通过自动巡检、亚健康检测,加强设备运行状态监控,当设备的健康状态发生变化时及时通知预警,及早发现问题、识别隐患,快速修复故障,甚至在必要的时候可以提前进行易耗组件更换,提升设备整体运行可靠性,实现设备使用周期的延长。

b) 常态化开展健康度评测,动态评估设备生命周期。通过对资源池设备入网年限、告警信息、故障率数据、性能数据、异常运行日志、安全日志等进行综合分析,常态化开展资源池设备健康度评测,实现对资源池设备生命周期的动态评估和预判,提前对资源池

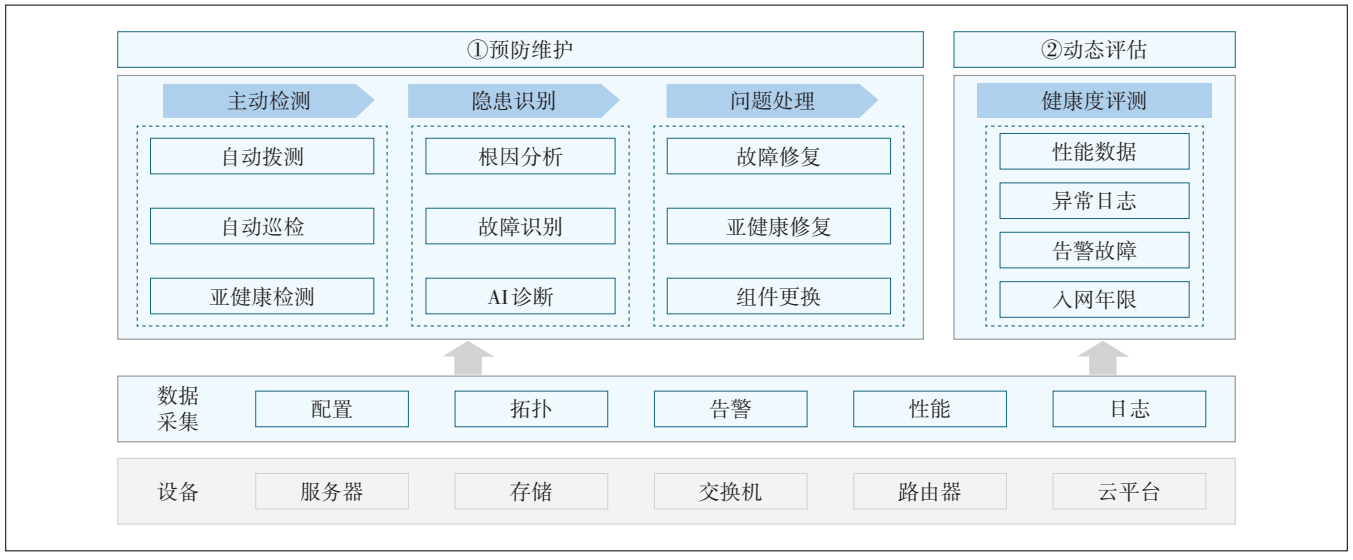

图3 资源池设备生命周期管理策略示意

老旧设备的升级替换进行规划。

4 5GC云资源池升级演进方案

在典型的5GC云资源池中，从设备功能、设备数量、投资成本等角度分析，服务器都占据主导地位。因此在分析5GC云资源池演进方案时[8-11]，主要以服务器设备的升级替换为牵引，带动整个资源池的升级演进[12]。

4.1 升级替换原则

由于5GC云资源池是每年逐步扩容建设的，服务器设备入网时间、设备型号存在差异，设备运行状况不同，要结合设备服役年限、故障率、承载业务、机房情况等因素，综合考虑资源池升级替换方案。

a）优先替换承载重要业务、超期服役、故障率高的服务器。

b）同一主机集群HA内服务器型号应尽量统一。

c）对于替换下来的未过期服务器，要充分考虑利旧使用。

d）要考虑替换新旧服务器规格、功耗、网卡端口等方面差异。

e）存储、网络设备要结合服务器替换情况同步考虑替换或利旧。

f）要充分结合机房空间情况，考虑是本机房替换还是异局址替换。

g）要考虑云平台版本的兼容性，升级云平台版本不应对现网业务造成影响。

h）要考虑云平台的管理能力，替换过程中服务器规模不应超过云平台管理上限。

4.2 升级替换方案

在现有机柜里面替换服务器，要先将旧服务器上的虚机迁移至其他服务器、下电、拆除，然后进行新服务器安装、上电、布线。现有机柜替换服务器操作风险较高，拆线、布线可能误碰其他设备线缆、光模块，数据配置有误可能影响现网设备，同一机柜存在不同厂家不同型号的服务器，网卡配置的差异会导致无法利旧现有接入交换机等。鉴于现有机柜替换服务器的复杂性和操作风险，因此资源池设备的升级替换可主要考虑如下2种方案。

方案1：主机HA级替换，以HA为单位进行服务器批量替换，分批次多次替换（见图4）。

方案2：资源池级替换，新建资源池对老旧资源池进行整体替换（见图5）。

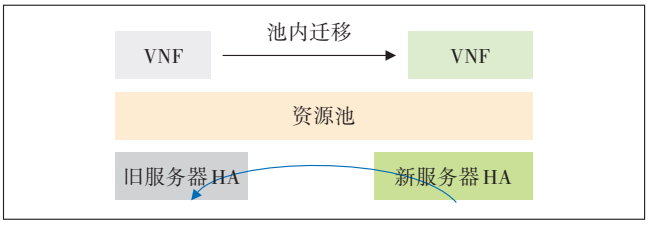

图4　主机HA级替换示意

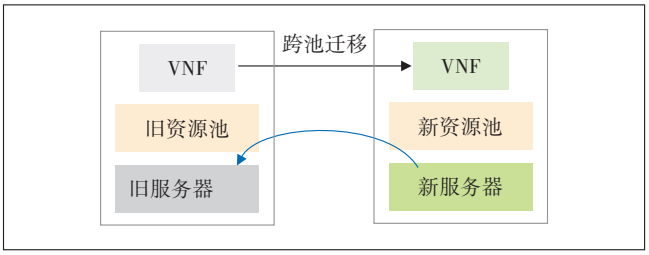

图5　资源池级替换示意

方案1和方案2对比分析如表1所示。

2种升级替换方案各有利弊。方案1约束条件较多，但是可以充分利用现网资源，投资成本较低，适用于资源池内设备服役时间差异较大，单批次替换设备数量较少的情况。方案2对机房要求较高，投资较大，

表1　替换方案对比分析

方案	方案1：主机HA级替换	方案2：资源池级替换
约束条件	要求现有DC机房具备一定的机柜空间及相应供电；要求云平台升级支持新旧服务器混合部署；先新增服务器再退网服务器，并存期间不超过云平台管理规模限制；核心交换机预留空余槽位满足新增接入交换机的接入需求	要求现有DC机房具备整池替换的机柜空间及相应供电，如果不具备，需要启用新机房替换
方案描述	升级云平台支持异构服务器部署，新建服务器HA及配套存储、接入交换机，分批次替换老旧服务器，业务逐步割接，具体包括升级云平台版本；资源池以HA为单位批量替换服务器；在新服务器新建网元并迁移业务；旧服务器及配套存储、接入交换机退网；根据设备服役周期，分批次循环操作，直至整个资源池替换完成	新建全新的资源池，业务从旧资源池整体迁移到新资源池，具体包括新建资源池（包括服务器、存储、网络等全部设备），并按目标版本部署云平台；在新资源池新建网元；旧网元向新网元割接业务；旧网元退网；旧资源池整体退网
方案优点	资源池内部调整，无需跟周边重新对接；单次投资成本较低；共享核心及出口网络设备	完全新建，资源池具备条件后再割接业务，仅割接期间涉及现网，安全性较高；替换割接实施方案相对成熟；资源池硬件类型统一，运维方便
方案缺点	循环多次替换，需要频繁对现网操作，对现网安全有一定的影响；要求机房预留一定的扩容空间以及网络设备预留一定的扩容端口；资源池同时维护2种及以上类型硬件，运维相对复杂	新建资源池和网元，需要重新联调网络，一次性割接工作量大；一次性投资成本较高；对机房要求高

但是对现网影响相对较小,适用于资源池内设备多数进入老化期,需要替换设备较多的情况。具体要结合实际情况选用合适的升级替换方案。

4.3 设备利旧建议

为保护资产,对替换设备要充分考虑再利用。对于已经超期服役、完成资产折旧的设备,建议直接退服,进行报废处理。对于未过服役期限仍能正常工作的设备,要充分利旧整合。经过分析,可考虑如下3种利旧方案。

方案1:原池利旧。替换下来的设备保留在原资源池中,重新归类整合主机集群HA,继续承载少量网元业务。

方案2:异池利旧。替换下来的设备退出原资源池,重新规划使用,加入到现网其他5GC云资源池中承载业务。

方案3:调拨利旧。替换下来的设备退出原资源池,在全省或全国范围内统筹利旧,根据其他业务场景的需求匹配情况,进行灵活调拨使用,可利旧整机或部分组件。

表2给出了3种利旧方案的对比。

表2 利旧方案对比分析

方案	方案1:原池利旧	方案2:异池利旧	方案3:调拨利旧
前提条件	采用主机HA级替换,原资源池仍在服	对替换方式无要求,和原资源池无关	对替换方式无要求,和原资源池无关
优点	保留在原资源池中,资产无需调整,继续承载少量网元业务	可以在区域内所有5GC云资源池内进行灵活利旧,资源可充分利用	可以在全国或全省范围内进行调拨使用,调拨粒度可以是整机或组件级,最大化发挥资产价值
缺点	后续还需再做一次设备替换、业务割接	后续仍然要替换、割接	跨域资产调拨管理难度大

从利旧实施的方便程度以及硬件设备适用性角度考虑,建议优先考虑方案1,但是方案1仅适用于同一资源池内主机HA级替换方式,不适用于整池替换方式;其次考虑选用方案2,尽量满足5GC大区本身的扩容需求,降低5GC云资源池的硬件投资;最后在利旧设备仍有余量的情况下,可考虑方案3,在全国或全省范围内进行调拨利旧使用。

5 结束语

5GC云资源池的设备生命周期升级演进是个极其复杂的系统性工程[13-15],涉及到周边配套、现有网络、上层业务等诸多方面,需要提前进行规划,细化实施方案,尽量降低对现网业务的影响。文中初步对5GC云资源池设备生命周期管理、升级演进方案进行了分析研究,提出了总体演进思路和原则,后续还需要进一步细化研究,结合现网资源池的具体情况,提出可落地、可操作、可实施的技术方案,支撑5GC云资源池平滑升级和业务平稳迁移。

参考文献:

[1] 吕振通,张奎,康凯,等. 电信运营商网络全面云化策略分析[J]. 邮电设计技术,2021(6):6.
[2] 张世华,胡祎,张奎,等. 面向5G的通信云部署方案[J]. 邮电设计技术,2020(9):70-74.
[3] 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.
[4] 杨顺娣. 5G核心网虚拟化云资源池的部署方案探究[J]. 通信电源技术,2023,40(23):186-188.
[5] 席晓乾,王斌,梁波,等. 浅析5G通信云资源池基于NFV需求的硬件选型及用量选择[J]. 通信与信息技术,2020(4):19-24.
[6] 张世华,胡祎,张奎,等. 面向5G通信云的网络自动化编排及解耦部署研究[J]. 邮电设计技术,2021(9):46-50.
[7] 杨旭,周维,于青,等. NFV网络云云原生演进思路探讨[J]. 电信工程技术与标准化,2024,37(7):1-7.
[8] 田宇,王烨,吕姗,等. 电信云演进路径选择[J]. 中国电信业,2024(1):38-41.
[9] 张世华,文湘江,张奎,等. 电信云安全方案研究[J]. 邮电设计技术,2023(4):24-28.
[10] 张琰,曹景镇,李顺. 新技术在运营商5GC大区集约化部署的应用[J]. 山东通信技术,2022,42(2):10-14.
[11] 范丽丽,阮前,苏超. 构建云资源全生命周期运营管理,助力企业级云精细化运营[J]. 中国新通信,2023,25(6):53-55.
[12] 崔智翔,国产化服务器替换技术路线研究[J]. 中国优秀数据中心,2023(1):28-30.
[13] 蒋明燕,王悦,蒲浩杰. 5GC云化方案研究[J]. 电信快报,2022(6):7.
[14] 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.
[15] 朱志弘. 面向CT业务的电信云建设方案探讨[J]. 通信与信息技术,2021 (2):66-69,65.

作者简介:
胡祎,高级工程师,硕士,主要从事CT云咨询、规划和设计工作;张奎,正高级工程师,硕士,主要从事云计算、智算咨询、规划和设计工作;张世华,工程师,硕士,主要从事云计算咨询、规划和设计工作;申佳,工程师,学士,主要从事智算咨询、规划和设计工作。