

# 5G 核心网技术演进及挑战

## Technologies Evolution and Challenges of 5G Core Network



赫罡 /HE Gang, 苗杰 /MIAO Jie, 童俊杰 /TONG Junjie

(中国联通网络通信有限公司, 北京 100032)  
(China United Network Communications Limited, Beijing 100032, China)

**摘要:** 对移动核心网的技术演进进行了回顾, 并详细分析了 5G 架构和关键技术演进。认为 5G 核心网在功能增强、云原生及软件技术、网络自动化、智能化等方面得到提升, 但在应用和服务创新、网络成本以及自主可控等方面, 仍然面临各种挑战。

**关键词:** 5G; 核心网; 演进; 挑战

**Abstract:** The technology evolution of the mobile core network is reviewed, and 5G architecture and key technologies are analyzed. 5G core network has been improved in the function enhancement, cloud native and software technology, network automation and intelligence and other aspects, while it still faces various challenges in application and service innovation, network cost and self-control.

**Keywords:** 5G; core network; evolution; challenges

DOI: 10.12142/ZTETJ.202003005

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20200624.1730.008.html>

网络出版日期: 2020-06-28

收稿日期: 2020-04-08

## 1 核心网技术演进回顾

移动通信大约每 10 年就出现新一代的技术, 通过引入关键技术实现网络容量数倍的增长, 并推动新业务类型不断涌现。自 20 世纪 80 年代以来, 移动通信技术经历了 4 个发展阶段, 均对经济社会的数字化发展产生了广泛而深远的影响。从 2G 到 4G, 移动核心网网元之间基于固定链路完成信令交换, 网络的控制面和用户面不断分离以至解耦。与 4G 相比, 5G 使用全新的网络架构, 能够提供至少 10 倍于 4G 的峰值速率, 以及毫秒级的传输时延和千亿级的连接能力。5G 核心网使能网络全连接、全业务,

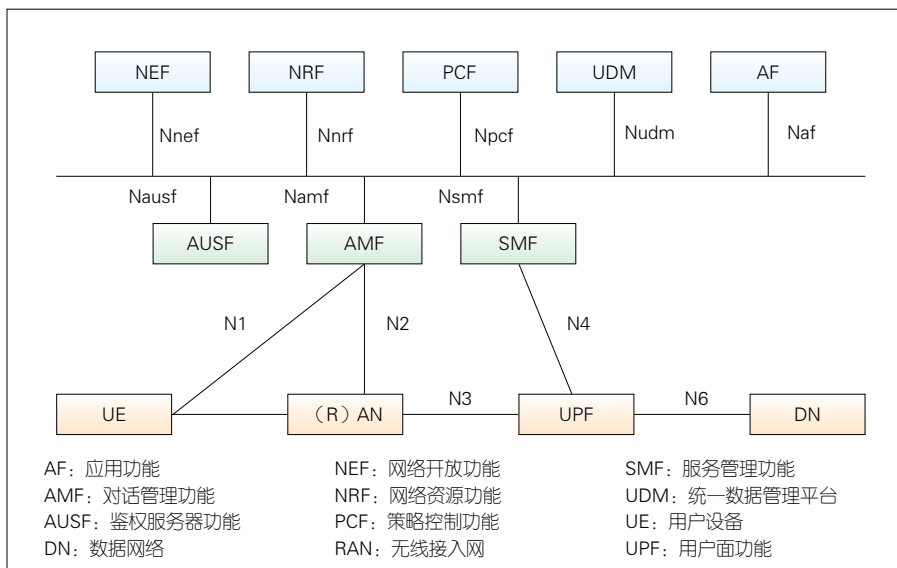
提供“网络即服务”的能力, 将以“网络为中心”的服务模式转为“客户+云双中心”新型服务模式, 同时基于云化、虚拟化等关键技术按需提供差异化的能力和服务<sup>[1-2]</sup>。

5G 核心网对传统架构进行了重构, 以网络功能(NF)的方式重新定义了网络实体, 同时还引入软件定义网络(SDN)/网络功能虚拟化(NFV)技术实现网络云化。各 NF 对外按独立的功能(服务)提供功能实现并可互相调用, 即将一个 NF 进一步拆分成若干个自包含、自管理、可重用的 NF 服务。NF 相互之间解耦, 具备独立升级、独立弹性的能力, 具备标准接口与其他 NF 服务互通的能力, 并且可通过编

排工具根据不同的需求进行编排和实例化部署。3GPP 定义的服务化网络架构如图 1 所示, 每个 5G NF 定义了一组具备对外互通标准接口的 NF 服务, 从而实现了从传统的刚性网络向基于服务的柔性网络的转变、从固态网络到动态网络的转变, 实现网络资源虚拟化、网络功能的解耦和服务化<sup>[3]</sup>。其次, 控制功能的集中化、数据转发的分布化处理, 使得 NF 可以进一步下沉并靠近用户和应用, 大幅度提高网络数据吞吐量, 降低业务时延<sup>[4]</sup>。

## 2 5G 核心网技术演进

5G 核心网技术演进主要体现在以下几个方面: 随着技术标准演进, 新



▲图1 5G网络服务化架构

功能的引入、原有架构的完善；微服务、容器等云计算技术的广泛采用，使得5G核心网从虚拟化向云化发展；基于人工智能（AI）技术、数据分析技术的网络自动化和智能化。

## 2.1 5G 核心网功能增强与演进

3GPP作为5G标准化工作的引领者，在R15中就对5G核心网技术进行了规范，并完成了5G核心网整体架构及基本功能的定义。R15主要支持增强移动宽带（eMBB）业务场景的基础特性。

R16重点对5G核心网特性进行了增强，具体包括4方面的内容：

1) 服务化架构增强：增强服务化架构（eSBA）对5G核心网服务化架构的代理服务发现及间接通信进行了增强，通过引入新的功能实体——服务通信代理（SCP）实现服务化消息的非直接通信；提出基于NF集群和服务集群的可靠性增强，使得同样类型的NFV实体或NFV服务实体组成一个集群，且服务发现以集群为粒度，提升服务交互可靠性。

2) 超可靠低时延通信（URLLC）特性增强：提出5G-URLLC支持基于

冗余传输方案的高可靠性通信方案和基于冗余用户面路径机制的移动性过程中会话连续性的方案。

3) 网络数据分析功能（NWDAF）功能增强：5G网络自动化关键技术（eNA）项目围绕NWDAF的5G核心网自动化管理架构，完善了数据收集、反馈的网络架构。

4) 会话管理功能（SMF）/用户面功能（UPF）拓扑增强：5G网络中SMF和UPF拓扑增强研究（ETSUN）项目重点面向用户的移动性管理场景，通过由目标对话管理功能（AMF）控制插入一个中间SMF（I-SMF）解决跨SMF管理区域的移动性流程。

R17重点关注场景支撑和能力增强，先后立项5G多播组播架构增强（5MBS）、边缘计算特性增强（enh-EC）、无人机增强（ID\_UAS）、近场通信（5G\_ProSe），并针对用户标识使用增强、UPF服务化和用户设备（UE）Policy增强开展进一步研究。

1) 增强的无人机系统项目EAV：主要完善3GPP网络在应对各种无人机应用场景所要满足的关键性能指标（KPI）。

2) 非公共网络（NPN）服务：重

点针对NPN网络与公众网络的互通、业务连续性及运维问题。

3) 边缘计算增强：主要实现支持增强移动边缘计算（MEC）功能，为典型的MEC应用场景提供部署指南。

4) 5G局域网（LAN）功能增强：5G LAN支持在一组接入终端间构建二层转发网络，并通过5G SMF与UPF的交互实现终端组内数据交换和用户面路径选择。5G LAN组管理的能力可以通过网络开放功能（NEF）供业务平台使用。

## 2.2 云原生及软件技术

3GPP在R15中引入基于服务的体系架构SBA，结合了IT中云原生的概念，通过对5G核心网的虚拟化、云化以及软件架构的微服务化，实现网元的持续交付和快速迭代，支撑业务的快速上线和敏捷部署。云原生技术在5G核心网中主要体现在无状态设计和服务化解耦两个方面。在无状态设计方面，实现了业务处理、数据、转发的完全解耦，保证了当单个业务处理节点发生故障时，业务消息被负载均衡分发到其他正常状态的业务处理节点，新的业务处理节点与后台数据库可及时同步用户状态并正常处理用户的业务消息。在服务化解耦方面，将单体式应用架构拆解为多个独立的服务模块，并基于开放应用程序编程接口（API）以服务化方式通信以及服务治理框架进行管理，实现灵活组合和独立升级，支持新业务快速上线。

在技术实现上，依靠虚拟化和微服务架构，使用Docker+Kubernetes的技术组合，实现对微服务的运行支撑、编排管理和有效治理<sup>[5]</sup>。微服务架构是一个天然分布式的服务框架，可以对服务进行更小粒度的划分，实现系统组件的高内聚和低耦合。每个子系统可以独立运行、升级和测试，具备

较高的可靠性，同时加快了软件的迭代开发和上线。但是微服务之间的数据一致性、安全访问，以及服务数量庞大带来的实施和管理复杂度等问题需要重点关注。5G 核心网网元功能和接口虽然在 3GPP 标准协议中有明确的定义，但是网元功能如何拆分成微服务以及拆分后如何进行高效的迭代管理，则由各个厂商实现；而实现的结果关系到 5G 核心网网元是否可以满足未来 5G 业务快速上线、部署和迭代的需求。

### 2.3 网络自动化、智能化

5G 核心网正在经历向云原生的转变，更多的 5G 核心网 NF 将越来越多地根据云原生原则进行设计。这种深刻的变化对 NFV 管理和编制提出了更高的自动化要求，以满足前所未有的操作灵活性和效率。

针对 5G 网络面临的规建维的挑战和问题，众多标准和开源组织都开展了自动化、智能化的相关研究和应用。TMF 在 2019 年发布的白皮书中

提出了对自治网络进行 L0—L5 的分级，并基于增强业务流程框架 (eTOM) 模型给出了其具体在运维效率、能源效率、资源效率、用户体验提升等方面的分级自治框架和具体目标场景映射<sup>[6]</sup>。此外，3GPP、ITU-T、ETSI、CCSA 等标准组织，在应用场景和架构上开展了相关标准化工作，开源组织和运营商纷纷牵头成立了 Acumos、CubeAI 等开源项目<sup>[7]</sup>，旨在探索人工智能技术在网络领域的应用，带来网络能力和业务感知的全面提升。

当前，自动化和智能化的实际应用探索主要集中在无线领域和网络传输领域<sup>[8-9]</sup>，在 5G 核心网方面尚未形成较为完善的场景和架构体系。针对网络设计和运行维护的一个典型全生命周期流程如图 2 所示。在该流程中，可以利用自动化和智能化技术提升流程效率和效果，降低人力成本支出。例如，在网络规划方面，可以通过对用户行为、终端能力、业务情况等综合分析，通过业务预测来提升网络规

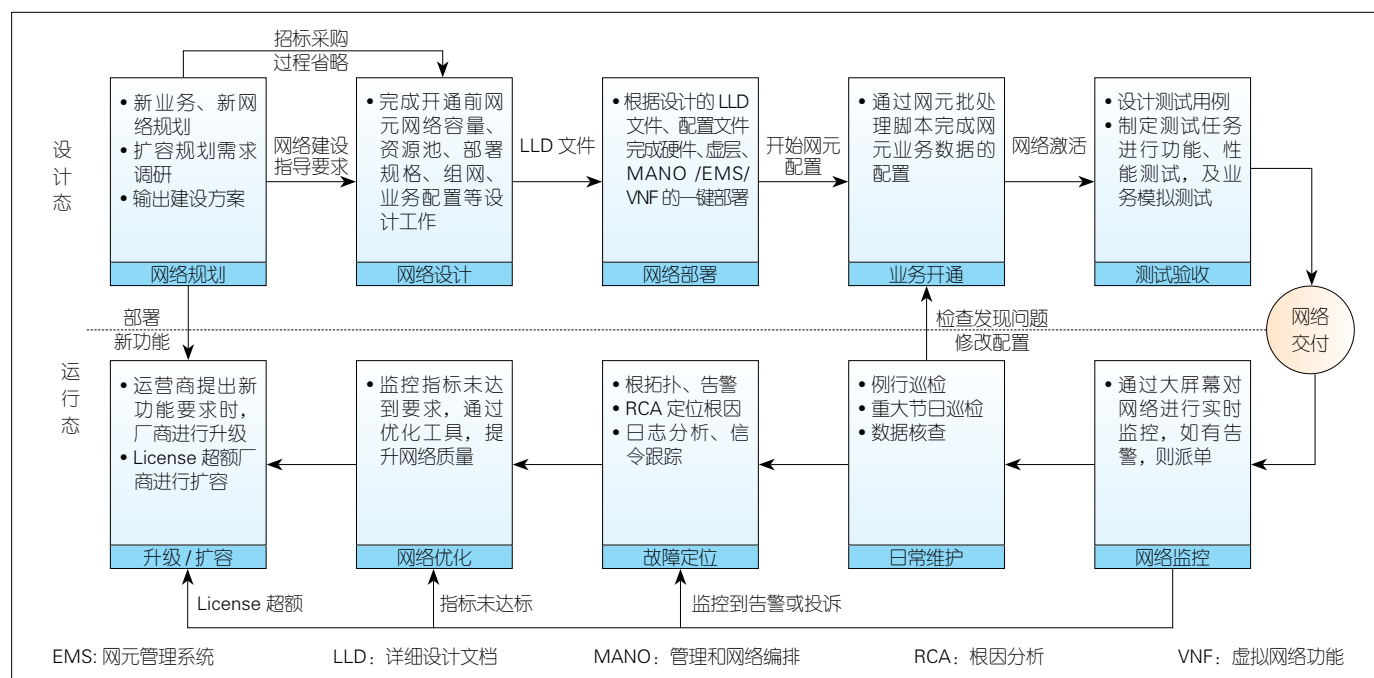
则的准确度，提升规划效率，有效缩短网络建设周期，并使得建设容量也更为精准。在维护方面，针对日常重复性工作，可以通过引入自动化工具，来实现基础数据和指标的自动收集和预警；针对复杂场景故障定位，可以引入 AI 技术，通过对历史问题的挖掘和根因规则的建立，实现故障的快速定位和预防预测。

## 3 5G 核心网面临的挑战

5G 核心网的演进采用了多种新技术，提升了网络能力；但是对于运营商来说，在创新应用与服务能力、网络成本和本地自主性把控等方面存在诸多挑战。

### 3.1 创新应用与服务能力不足

5G 引入服务化架构是一种全新的技术创新，其在网络业务层面进行了开放，有利于运营商通过细粒度的服务实现按需编排和升级，满足网络长期演进的需求。在 3GPP R15 规范中，给出了 NEF 的相关规范定义：作为 5G 网路能力开放功能，面向应用功能



▲图 2 5G 网络自动化、智能化流程示意

(AF) 提供了标准能力开放服务, 通过这些服务可提供服务质量 (QoS) 能力、事件监控、参数配置、设备触发、数据包流描述 (PFD) 管理、流量引导、背景流量以及策略计费等服务能力。然而, 当前产业进展仍然相对滞后, 5G 核心网服务化能力提供对内调用网络的能力, 无法满足业务对网络层能力、B 域侧能力、O 域侧能力等的服务化调用, 面对客户的行业类定制能力及场景化能力需求需要定制开发。

### 3.2 网络高成本

5G 核心网采用了云化部署方式, 但是并没有让运营商远离专用设备的复杂性和高成本, 而是将这些复杂性和高成本从硬件转移到软件上<sup>[10]</sup>。对于运营商来说, 网络云化是技术驱动的, 云计算技术的复杂性、IT 技术迭代升级的短周期, 以及网络 IT 人才的匮乏, 都使运营商面临更为复杂的技术问题, 而这些都只能依靠设备商来解决。这将给存量网络迁移和新网络的引入带来大量的成本压力。

设备商对于云操作系统 (CloudOS)、SDN 等技术的锁定, 存在系统的封闭性, 难以实现灵活的架构部署, 不利于实现共享, 会再次形成烟囱式部署; 建设和维护以及引入新功能成本较高, 也不利于自主创新以及灵活的迭代式部署升级。目前主流的 NFV 方案基本由设备厂商把持, 传统的 IT 方案厂商被边缘化, 根本的原因是 VNF 仍然由设备商来主导, 设备商需锁定自家的虚拟化软件才能保证性能和可靠性。

未来的 5G 通信云资源池部署既要考虑网络层次化架构, 又要充分利用云资源池集约化部署优点, 构建多云生态, 同时还需要考虑进一步降低网络内部耦合 (如 N4 接口), 推动网络的全开放性。

### 3.3 运营商自主性

无论是基础设施硬件、CloudOS, 还是上层的 5G VNF 应用, 目前均严重依赖于商用系统。网络内部集成和创新仍不尽如人意, 如云自身的灵活性仍难以发挥, 运营商无法自己完成网络云化迁移。

从对网络的控制角度来看, 运营商更像一个云租户, 而不是运营者。在网络软件化的时代下, 5G 网络建设需要向前一步, 直接面向用户和市场需求, 提供产品化的迭代创新能力, 以更好地服务一线运营。在采购同质化设备厂商产品的情况下, 运营商如果要比竞争对手更快响应市场, 提供更多的差异化服务, 并降低网络建设的成本, 需要更多地依赖于自身的创新和自主研发水平, 通过相关工具能力的建设, 提升网络和业务之间的协同效率。

5G 核心网使能网络创新, 是实现 5G 网络差异化的主要手段。5G 核心网的建设, 需要基于自主研发推进产品原型走向市场, 在运营中迭代更新, 并且要加快 IT 人员转型和人才队伍建设, 加速培养自主研发支撑力量。

### 4 结束语

5G 核心网技术演进带动了电信网络的转型。在网络转型的探索期中, 技术创新、商业模式和自主研发均面临着重重挑战。运营商需要坚持以服务客户为中心, 不断提升网络云化、开放化、自动化和智能化能力, 并通过提升自主研发力量自主掌控网络, 才能最终实现 5G 的商业愿景。

#### 参考文献

- [1] 5G 核心网云化部署需求与关键技术白皮书 [EB/OL]. [2020-04-08]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201806/P020180621513752479196.pdf>

- [2] 王卫斌, 朱进国, 王全. 5G 核心网演进需求及关键技术 [J]. 中兴通讯技术, 2020, 26(1): 67-72. DOI: 10.12142/ZTETJ.202001015
- [3] 张亚飞, 阎东. 5G 核心网服务化架构研究 [J]. 信息通信, 2019(2): 226-227
- [4] MINOKUCHI A, ISOBE S. 5G core network standardization trends [J]. NTT DOCOMO technical journal. 2018, 19(3):
- [5] 李明轩, 董俊杰, 刘秋妍. 基于云原生的 5G 核心网演进解决方案研究 [J]. 信息通信技术, 2020(1): 63-69
- [6] Autonomous networks: empowering digital transformation for the telecoms industry [EB/OL]. [2020-04-08]. <https://www.tmforum.org/wp-content/uploads/2019/05/22553-Autonomous-Networks-whitepaper.pdf>
- [7] 张嗣宏, 左罗. 基于人工智能的网络智能化发展探讨 [J]. 中兴通讯技术, 2019(2): 57-62. DOI: 10.12142/ZTETJ.201902009
- [8] AI in network: use cases in China [EB/OL]. [2020-04-08]. <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2019/10/AI-in-Networks-Use-Case-V.03-231019-Document.pdf>
- [9] ENI-001 [EB/OL]. [2020-04-08]. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/ENI/001\\_099/001/02.01.01\\_60/gs\\_ENI001v020101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/ENI/001_099/001/02.01.01_60/gs_ENI001v020101p.pdf)
- [10] 纪光. 5G 核心网云化部署需求与关键技术 [EB/OL]. [2020-04-08]. <http://www.cww.net.cn/article?id=458654>

#### 作者简介



**赫罡**, 中国联合网络通信有限公司网络部副经理, 教授级高工; 主要研究领域为 5G 核心网及应用; 发表论文近 20 篇。



**苗杰**, 中国联合网络通信有限公司高级工程师; 主要研究领域为 5G 自动化、网络切片; 撰写专利近 10 项。



**董俊杰**, 中国联合网络通信有限公司高级工程师; 主要研究领域为 5G 自动化、智能化; 撰写专利近 10 项。