



5G 核心网商用 关键技术与挑战

Key Technologies and Challenges of Commercial 5G Core Network

王卫斌 /WANG Weibin, 陆光辉 /LU Guanghui, 陈新宇 /CHEN Xinyu

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518057)
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

摘要: 针对 5G 核心网的快速商用部署和自动化运维挑战, 探讨极简 5G 核心网、虚拟化解耦、网络切片、边缘计算技术和自动化运维等创新技术在 5G 核心网商用的方案; 针对演进阶段的差异化需求和安全可靠挑战, 探讨行业使能、控制面和用户面可靠性增强等创新技术的应用。通过这些关键技术研究和使用, 提出基于意图的精准核心网的理念来满足 5G 网络多波次的商用需求。

关键词: 独立组网; 非独立组网; 极简 5G 核心网; 虚拟化; 网络切片; 边缘计算; 人工智能; 时间敏感网络

Abstract: In response to the challenges of rapid commercial deployment and automated operation and maintenance of 5G core network, the solutions for commercial use of innovative technologies such as simplified 5G core network, virtualization decoupling, network slicing, edge computing and automated operation and maintenance are discussed. To meet differentiated requirements and security and reliability challenges in the evolution phase, the application of innovative technologies such as industry enabling and user plane reliability enhancement is analyzed. Based on the research and application of these key technologies, the intention-based precise core network concept is proposed to meet the commercial requirements of 5G networks.

Keywords: standalone; non-standalone; simplified 5G core network; virtualization; network slicing; edge computing; artificial intelligence; time sensitive network

DOI: 10.12142/ZTETJ.202003003

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20200622.1707.008.html>

网络出版日期: 2020-06-23

收稿日期: 2020-04-09

1 5G 核心网的现状和需求

1.1 标准现状

针对 5G 标准版本, 3GPP 定义的第 1 个版本是 R15, 该版本主要聚焦增强移动宽带 (eMBB) 场景, 其功能已于 2018 年 6 月冻结。目前 R15 架构稳定, 功能、流程以及业务能力完备, 已完全满足 eMBB 商用要求, 为业界主流运营商 5G 网络商用的首选版

本。第 2 个 5G 版本是 R16, 该版本是在 R15 的基础上进行了多方面的增强, 包括架构演进、多接入和智能化等, 同时聚焦超可靠低时延通信 (URLLC) 场景, 增加了对垂直行业功能需求的支持。该版本计划在 2020 第 2 季度冻结, 目前处于完善和改错阶段。第 3 个 5G 标准版本是 R17, 该版本聚焦海量机器类通信 (mMTC) 场景, 目前正在方案研究阶段, 计划于 2021 第 3 季

度冻结^[1]。

针对 5G 部署模式, 3GPP 在 R15 中定义了 5 种模式, 即 Option 2—5 和 Option 7^[2], 运营商可以综合自身发展需求以及产业链成熟度等条件选择其中一种模式。目前业界主流运营商选择 Option 2 或 Option 3。

1) Option 2 部署模式 (独立组网): 类似于 2G/3G/4G, 5G 与前代系统的架构相互独立, 采用全新核心

网。5G 基站直接与 5G 核心网相连，终端以单连接方式接入 5G 或 4G。

2) Option 3 部署模式(非独立组网): 5G 基站依附于 4G 基站的网络架构, 无法独立组网。利用旧的 4G 核心网, 5G 基站作为辅助基站接入到 4G 基站, 终端采用双连接方式同时接入到 5G 和 4G。

1.2 商用现状

5G 非独立组网(NSA)部署模式是基于传统 4G 核心网来构建 5G 网络, 只需要将 5G 基站作为辅助基站接入到 4G 基站, 即可实现 5G 部署。该模式商用成本低、建设速度快, 对现网的影响较小; 因此, 在 2020 年之前, 5G NSA 方案是所有追求 5G 商用时间领先的运营商的首选。目前, 全球已宣称商用的 5G 网络采用的均为该方案。全球移动通信系统协会(GSMA)研究报告^[1]指出: 截至 2019 第 4 季度, 全球已有 53 个运营商、28 个市场发布 5G NSA 商用网络, 用户连接数已达 1 000 万; 预计到 2020 第 4 季度, 全球将有 178 个运营商、61 个市场发布 5G 商用网络, 用户连接数将达到 3 900 万。

2019 年被称为 5G 元年或 5G NSA 元年, 在这个阶段, 5G 发展追求的是“快速”; 2020 年被称为 5G 独立组网(SA)元年, 在这个阶段, 5G 发展追求的是“质量”。2020 年是全球 5G 商用部署的关键一年, 5G SA 尤其是新核心网的创新技术、原生行业应用支撑能力将掀起一场颠覆式的产业变革, 会给 5G 生态的参与者乃至每一个行业, 带来一场全新的革命。

1.3 关键需求

5G 网络肩负应对 OTT(指互联网公司越过运营商)挑战、拓展垂直行业和增加业务收入的使命, 需要具备快速定制能力、基于切片的运营能力、

高度自动化的智能运维能力。基于传统 4G 核心网(EPC)组网架构建设的 5G NSA 网络, 无法满足上述使命。不同于 5G NSA, SA 是一个全新架构的 5G 网络, 采用全新的 5G 核心网和独立组网的 5G 基站, 可以平滑演进到 3GPP 最新版本。同时 SA 架构也是 5G 目标网络架构, 具备先进性。该架构不仅满足普通用户的需求, 也能满足万物互联的需求。先进的网络架构不仅可以避免重复投资和网络频繁改造, 也有助于运营商取得领先的市场地位, 并快速切入垂直行业的新蓝海市场。因此, 采用 5G 核心网的组网架构, 非常符合全球最先进运营商的战略创新目标和 5G 商用总体需求。

5G 核心网采用了全新技术, 商用成本高, 建设速度慢, 按照常规技术和方法无法满足运营商快速商用的迫切要求, 无法满足千行百业的大带宽、低时延、大连接、高可靠的迫切需求。因此, 5G 核心网的关键需求是必须具备快速商用部署能力, 提供众多创新技术以满足快速创新的需求。

此外, 5G 初期主要是 eMBB 应用场景, 典型的新业务如云增强现实(AR)/虚拟现实(VR)、云游戏、视频直播等沉浸式实时视频业务, 都只是 5G 的第 1 波应用。随着 URLLC、mMTC 等应用场景的引入, 5G 将迎来第 2 波、第 3 波的应用, 催生万物互联的产业变革。5G 核心网的另一个关键需求是具备持续平滑演进的能力, 以满足 5G 各阶段的万物互联的差异化需求。

2 5G 核心网商用关键技术

2.1 商用挑战

自从 2018 年 7 月开始, 基于 SA 的 5G 核心网就被提上了全球运营商商用部署议程。核心网作为网络的核心

和大脑, 其商用技术方案一方面需要遵循 3GPP 协议标准, 另一方面需要满足运营商 5G 快速商用的要求。根据网络商用涉及到的网络架构、产品功能、服务质量和运维运营等全方位的要求, 5G 核心网面临着 5 个方面的关键挑战。

1) 5G 核心网的网元和接口数量多, 同时又采用全新的用户数据和计费架构, 技术规范的制定、功能和接口的测试与验证等部署工作量巨大, 从而导致其无法快速部署商用; 因此, 急需减少 5G 核心网网元和接口数量, 减少部署工作量来实现 5G 快速部署需求。

2) 5G 核心网基于网络功能虚拟化(NFV)技术^[4], 可实现网元商用部署的资源统一、按需分配。按照组件间解耦与否来组合, NFV 技术有多种方案, 而运营商如何选择一个合适的方案来满足 5G 业务的快速部署要求, 并能实现资源的最大共享和网络的稳定商用, 是其需要面对的问题。

3) 网络切片技术可以在一张物理网络上按需生成多个逻辑网络, 来满足不同业务的差异化需求, 降低运营商的建网成本。5G 初期, 切片管理标准规范还不成熟, 跨域、跨厂家互联互通难度大; 因此, 如何快速商用部署端到端网络切片需要重点考虑。

4) 运营商可以通过边缘计算减轻网络传输负荷, 降低设备系统的响应延时, 满足行业业务差异化性能和成本需求。随着边缘节点数量的大量增加, 如何快速部署, 降低部署成本, 简化运维, 是运营商面临的一个挑战。

5) 5G 网络是一个切片网络, 在物理层、链路层、虚拟层、网络层和用户层将会产生多元化的海量数据。5G 核心网须具有自动化网络运维的能力, 以自动编排、生成、维护和终止网络业务, 提升运维效率, 降低运营

商的运维成本。

2.2 关键技术

我们可以采用一些关键技术来解决如上所述的挑战，进而满足运营商快速商用部署和创新的需求。

2.1.1 极简 5G 核心网技术

极简 5G 核心网主要使用网元融合、功能和接口简化等技术来减少部署工作量和测试验证时间。

1) 网元融合。5G 核心网的部署需要尽可能考虑网元融合方案。该方案一方面可以解决不同接入方式的互操作问题，另一方面可以减少部署工作量和测试验证时间。网元融合主要包括 3 种：

(1) 4G/5G 互操作的融合：支持统一用户数据、策略控制、会话锚点和数据转发锚点；

(2) 多接入类型的融合：支持 2G/3G/4G/5G 网元融合，实现全网业务统一；

(3) 多部署场景的融合：除了支持 Option 2 部署模式，还需要支持 Option 3—5 和 Option 7 的部署模式，实现全部署场景的支持。

2) 功能简化。5G 核心网的新建需要部署融合的统一数据管理平台 (UDM) + 归属签约用户服务器 (HSS)，提供统一的 2G/3G/4G/5G 用户签约数据

集中管理，实现用户不换卡不换号，提升用户体验；但需要将原有 2G/3G/4G 用户迁移至新建的融合 UDM+HSS 中，迁移工程工作量大、风险高。为了避免迁移，可以通过功能简化技术快速接入 5G，即新建独立的 UDM 并内置小功能，通过网络互通功能 (IWF) 和现网 HSS 交互获取签约数据来实现用户不换卡不换号。这样一来，就无须新建融合 UDM+HSS，也无须 2G/3G/4G 用户数据的迁移，便可实现 5G 快速的商用。

3) 接口简化。5G 网络中引入了基于服务化架构的在线 / 离线融合计费系统，与现网的在线 / 离线计费分离架构差别很大。在 5G 建设初期，5G 新计费架构的采用会导致现网计费系统、开通系统改造工程量巨大，改造时间长，无法快速商用 5G。为了避免该问题，可以利用融合的会话管理功能 (SMF) + 分组数据网网关控制面 (PGW-C) 天然支持 4G 计费接口。在 5G 网络中继续延用 4G 计费接口方式，只需要现网的接口增加可以支持 5G 接入类型和位置信息等即可，这样就可以避免现网计费以及开通系统的大规模改造。

2.1.2 虚拟化解耦技术

ETSI NFV 架构只定义了各组件间的通信接口或兼容性接口，具体部署方案依赖于运营商的选择。5G 核心网

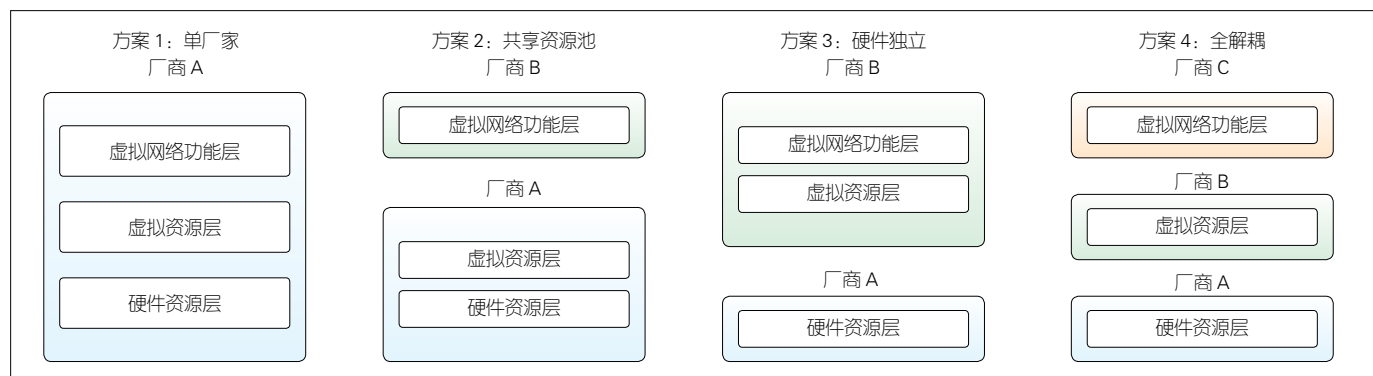
是基于 NFV 构建的，可以根据各组件解耦的开放性不同，将其部署方案分为单厂家、共享资源池、硬件独立、全解耦 4 种，如图 1 所示。这 4 种部署方案的对比分析如表 1 所示。

针对部署方案，目前运营商主要有两种倾向：一部分运营商对成本、成熟度和部署时间有要求，较为倾向于方案 1 和方案 3。另一部分运营商对目标网络、信息与通信技术 (ICT) 融合有要求，较为倾向于方案 4；但考虑到虚拟资源层的成熟度，有可能这部分运营商中还会有一部分先使用方案 3，再演进到方案 4。以上 4 种虚拟化部署方案均满足 5G 核心网商用技术要求，运营商可以综合商用时间要求、测试验证情况等选择其中最合适的一个。

2.1.3 网络切片技术

网络切片是 5G 核心网的核心特性，它与传统的服务质量 (QoS)、接入点名称 (APN) / 数据网络名称 (DNN) 的技术差异在于：QoS 只能提供单类用户的性能保障，APN/DNN 只能选择服务接入点，无法区分无线能力；网络切片可以提供端到端的专用网络来保障用户的服务等级协议 (SLA) 要求，满足行业用户差异化的网络需求，更好地适应垂直行业快速创新需求。

目前网络切片标准涉及 6 大行业



▲图 1 5G 核心网的 4 种部署方案

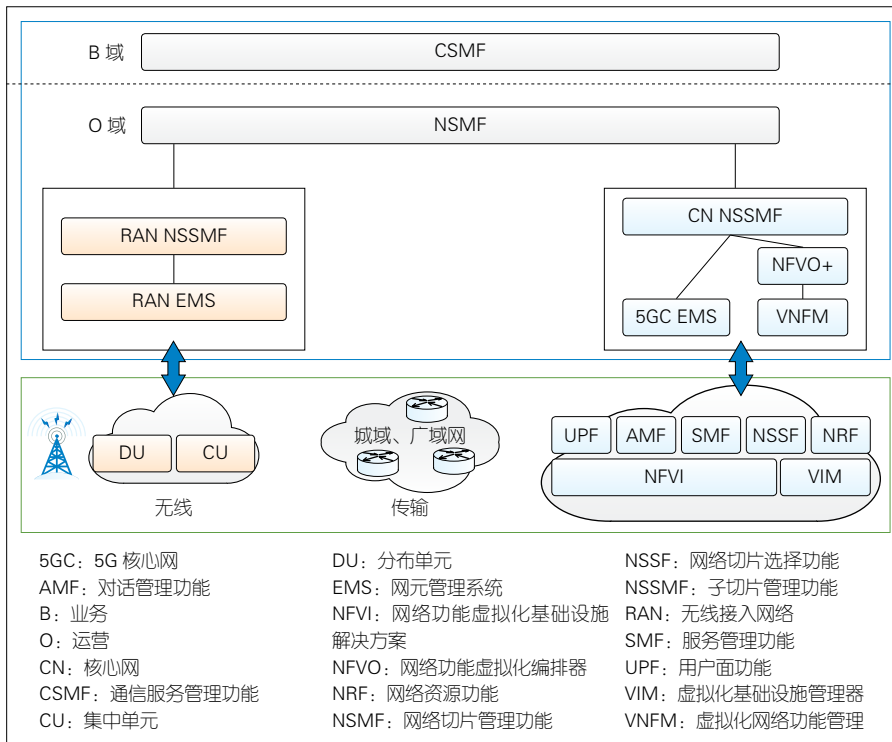
▼表 1 5G 核心网的 4 种部署方案对比

类别	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
耦合程度	有耦合	有少量耦合	有少量耦合	无耦合
接口标准成熟度	成熟	依赖测试验证	成熟	依赖测试验证
集成复杂度	低	高	一般	高
故障定位	容易	难（软 - 软间接口定位问题，难度较大）	容易（软硬件间接口成熟，容易判断是硬件还是软件问题）	难（软 - 软间接口定位问题，难度较大）
责任界面	清晰	相对清晰	相对清晰	不清晰，容易有分歧

组织，但各自分工，协同进展缓慢，存在较大不足，制约了切片端到端的商用。3GPP 只对核心网 + 无线的切片做了定义，在 R15 版本中已发布了满足核心网 + 无线构建 eMBB 切片能力的标准；但切片管理规范尚不完善，且传输网不在 3GPP 工作组范围内。ITU、IETF 定义了传输网的端到端切片标识 / 管理接口等，但与核心网 + 无线的联动机制等规范都未定义；ETSI ZSM 制订了端到端切片管理实现框架和解决方案，目前仅发布了初稿，处于草案状态；TMF 正在研究 3GPP 切片管理架构与 TMF 现有架构的融合，目前也仅发布了初稿，处于架构阶段；GSMA 定义了切片应用场景和通用的切片模板，已发布 8 大场景切片参数和技术要求。

为了尽快部署切片，考虑到 5G 初期行业应用有限，可优先在核心网 + 无线实现端到端切片，如图 2 所示。运营商需要逐步开展基于 5G 核心网 + 无线的网络切片试点部署及验证。初期运营商重点聚焦于典型的 eMBB 切片，例如高清视频、AR/VR、高清游戏等业务，并适当地配合核心网用户面下沉部署，实现部分超低时延业务需求。在该阶段可以将切片与行业应用示范相结合，充分验证 5G 切片对不同场景差异化 SLA 的支撑能力。

随着 5G 切片标准的成熟，端到端网络切片逐步引入传输 / 无线子切片，并在前期构建的编排管理系统基础上，增加切片设计、保障分析、策



▲图 2 端到端网络切片架构

略等功能，具备对端到端切片的全生命周期管理能力。在切片业务实现的同时，需要同步考虑切片的运营模式，包括切片的交付、定价、计费、能力开放等，为网络切片商业化运作积累经验及技术积累。

2.1.4 边缘计算技术

传统电信网络采用集中建设的模式，随着业务规模的日益扩大，其网络日益变得臃肿，同时这种中心化网络难以适应新兴业务发展的需要。边缘计算作为 5G 网络的关键技术之一，可以在接入边缘就近部署计算、存储、

分流、大数据分析等功能，实现运营商业务本地化、分布式处理，提升网络数据处理效率，加速网络中各项内容、服务及应用的快速下载，满足终端用户的极致体验，满足垂直行业网络低时延、大流量、安全等诉求。

边缘计算可以按照不同业务场景以及时延的需求灵活部署，通常可部署在接入机房、汇聚机房、地市核心机房等位置。由于受限于边缘站点机房的环境（空间、散热、承重等）以及部署成本等因素，需要为边缘计算进行“瘦身”，减少平台和管理部分占用的资源，实现轻量化部署，提高

资源利用率。“瘦身”主要包括以下几个关键技术,如图3所示。

1) 集中管理。边缘计算的规模较小,数量较多且位置分散,这给其规划、部署、运维、运营带来了极大的复杂性;因此,需要在上级汇聚站点部署统一的边缘计算管理平台,对下级边缘站点进行统一管理。各边缘计算上只部署计算节点和存储节点,减少管理模块的资源占用。集中管理方案包括以下几种:

(1) 可用域(AZ)拉远模式,本地无虚拟基础设施管理(VIM):采用AZ拉远模式进行部署和管理,地市/区县级边缘数据中心(DC)部署完整的VIM,区县/接入级边缘DC不部署VIM,资源作为AZ接入远端VIM集中管理,本地无管理开销。这对网络要求高,AZ模式管理计算节点数量有限。

(2) Cell拉远模式,本地无VIM:采用Cell拉远模式进行部署和管理,地市/区县级边缘DC部署完整的VIM,区县/接入级边缘DC不部署VIM,本地只部署消息队列和数据库,资源作为Cell接入远端VIM集中管理。

这对网络要求高,Cell模式管理计算节点数量多。

(3) VIM本地轻量化,多VIM集中远程运维:采用本地轻量化VIM模式进行部署和管理,地市/区县级边缘DC部署完整的VIM和多VIM管理模块,区县/接入级边缘DC部署轻量化VIM,轻量化VIM接入远端多VIM管理模块集中管理,对网络要求低^[5-6]。

2) 融合部署。为实现轻量化部署,可以考虑3个层面的融合:

(1) 硬件层面的融合,即将分布式存储节点部署在计算节点上;

(2) 运维的融合,即分布式存储运维节点部署于控制节点计算;

(3) 虚层的融合,即云平台同时支持虚机和容器双核技术,实现上层应用的按需部署,便于快速部署和升级。

2.1.5 自动化运维

面对5G基站数量大量增加、控制面云化部署、用户面下沉到边缘实现分布式部署等因素的影响,运营商网络变得越来越复杂,用户网络行为和性能也变得比以往更加动态化

并难以预测;因此,5G核心网需要充分利用人工智能(AI)、大数据等新技术,实现网络自动化,以降低网络运维复杂度和提升效率。

1) 自动化设计。通过设计工具自动生成开局脚本,包括DC资源、网络、虚拟网络功能(VNF)、切片的高级设计文档(HLD)和低级设计文档(LLD)的生成;提供硬件、云平台、MANO、VNF、切片的端到端自动化部署;自动化完成业务配置和测试,加速业务上线时间。

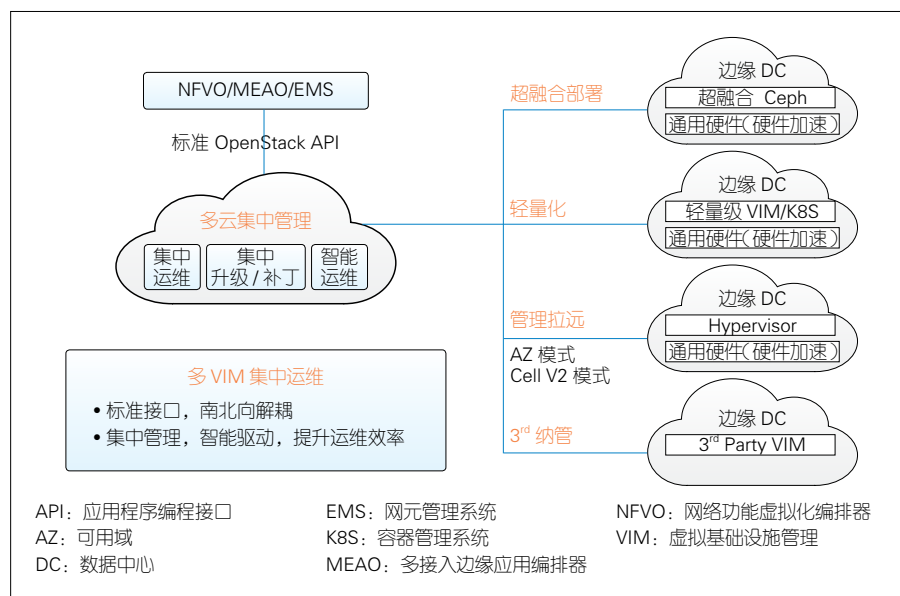
2) 自动化排障。面对5G网络每时每刻产生的大量告警,需要充分利用机器学习实现告警关联、根因定位,并结合故障自动诊断和恢复程序,将潜在的故障形成自动闭环,减少派往一线的工单数量,提升运维效率。基于AI和专家经验铸就的智能根因分析(RCA)系统,内置人工智能引擎,同时支持模糊匹配和精确匹配,将资源层告警进行模型抽象。VNF只需关心引发告警的资源属性原因,如网络、内存、CPU、主机、云盘等;VNF与资源层的关联规则通过抽象的资源属性打通,方便VNF与网络功能虚拟化基础设施解决方案(NFVI)解耦。

3) 灰度升级。为了实现产品快速迭代,满足行业的差异化需求,可以通过灰度升级实现新老版本快速平滑升级和回退,保证业务的连续性。灰度升级可以通过灵活的灰度策略,按用户群、APN、链路等逐步割接用户和业务;通过A/B测试提前发现或降低故障对商用环境的影响,从而最大程度减少升级后程序bug引起的灾难性后果。

3 5G 核心网长期演进技术研究

3.1 演进挑战

5G定义万物互联时代,赋能于各



▲图3 端到端网络切片架构

行各业，推动全社会数字化转型，并向海量连接、大带宽、低时延的大连接时代迈进。全球各大运营商及组织积极探索 5G 与行业结合的应用，研究 5G 与垂直行业融合的需求和解决方案，开展试验与应用示范，进行产业应用与推广。面对全行业数字化转型对网络架构、产品功能、服务质量和运维运营不断提出的更高要求，5G 核心网将面临着如下的长期演进挑战：

1) 差异化需求的挑战。5G 网络不仅满足个人需求，更是满足各个行业的产业需求。与个人需求不同的是，行业需求差异性非常大，即使是同一行业，其应用场景的不同需求差异性也比较大。例如，在电力行业中，差动保护对时延和可靠性要求非常高，时延要在 10 ms 以内，而可靠性则要达到“6 个 9”，但对带宽要求并不高；电力抄表则是需要更多的网络连接数量，但对时延和带宽不敏感。5G 核心网需要继续按需提供差异化、可保障的网络能力。

2) 安全可靠性的挑战。5G 网络将连接 70 亿人、万亿级设备，服务各行各业，直接关系工业生产。这也同时意味着任何故障可能造成严重的破坏性事件，安全服务必须放在首位。近年来，电信网络“黑天鹅”事件频发，安全可靠网络对 5G 网络商用非常重要，5G 核心网安全可靠持续增强不可或缺。

3) 网络分建的挑战。在 5G 初期，个人需求和行业需求差异性比较大，为了保障个人网络稳定可靠，可以将个人网络和行业网络分开建设。随着行业不确定需求的逐步确定、个人用户和行业用户的深度融合以及新兴技术的日益成熟，个人网络、行业网络分开建设将带来网络运维成本的增加、深度融合的个人和行业用户体验下降等方面的问题。

3.2 关键技术

3.2.1 行业专网使能技术

垂直行业对网络的要求差异化比较大，有些行业对时延比较敏感，希望构造时间敏感网络；有些行业对接入要求随时随地，希望定制化专属广域“局域网”；有些行业对安全可靠要求比较高，希望拥有一张 5G 专网。根据行业的需求，目前如下几个关键技术可供灵活选择或组合，从而提高 5G 网络的敏捷性，满足万物互联的差异化需求。

1) 5G 时间敏感型网络 (TSN) 技术^[7]是新一代以太网技术，具备精准的流量调度能力，可以保障多种业务高质量的共网传输，并将 TSN 网络无线化，可以更好地支持工业控制领域应用。5G TSN 将 5G 网络充当 TSN 桥，确保用户面功能 (UPF) 和用户设备 (UE) 之间的确定性时延，主要技术包括：与 TSN 系统互通架构、5G 高精度时钟同步技术、Bridge 端口和协议数据单元 (PDU) 会话的映射、QoS 映射、针对确定周期性传输的 QoS 控制、针对 TSN 数据流的缓存技术、同一 UPF 下的 UE-UE 直接通信以及确定性通信的能力开放等。

2) 5G 局域网 (LAN) 技术是为垂直行业客户提供定制化的广域网——“局域网”，使得企业终端与企业云随时随地处于一个虚拟化局域网 (或虚拟组) 中，无缝接入企业专网和企业私有云。5G LAN 主要技术包括：5G 用户虚拟组管理技术，以支持对虚拟组成员的动态加入、删除和修改，实现对虚拟组内终端通信的会话控制；增强策略控制技术，以控制 UPF 内和 UPF 间直接包交换，实现虚拟组内终点对点、点对多点的直接通信；虚拟组内路由快速收敛和隧道调度控制优化技术，自适应感知网络

拓扑结构变化，实现路由快速收敛，避免路由震荡，提升传输效率。

3) 5G 专网 (NPN) 技术是基于闭合接入组 (CAG) 和网络切片的结合，实现端到端资源隔离，限制非垂直行业终端接入专属基站和频段，保障行业客户网络安全和资源独享，提供为工业领域特定用户组服务的专有网络，例如在工厂内专门为机器人控制服务的网络。为了和公网进行区分，NPN 网络具有独立的网络标识 (NID)，可以实现终端接入公网或私网的网络选择，以及公有网络和专属网络的互访控制。

4) 增强型车用无线通信 (eV2X) 是一种全新 V2X 技术，通过 Uu 接口或直连接口 (PC5) 实现。PC5 接口支持单播、广播和组播 3 种方式，PC5 QoS 支持基于 QoS 流的 QoS 控制；而在 Uu 接口方式下，可以通过 QoS Profile 机制进行 QoS 控制，即网络下发多个 QoS profile 给基站，基站再根据实际情况选择合适的 QoS profile 实行 QoS 控制。

3.2.2 安全可靠技术

3.2.2.1 端到端控制面可靠性增强

控制面池化技术是多个核心网节点组成一个资源池，无线接入网络 (RAN) 节点连接到这个资源池中的所有核心网节点，并根据核心网节点工作状态选择某个核心网节点来为用户提供移动服务。该技术存在的问题是在资源池内如果任何一个核心网节点发生故障，RAN 节点都可以选择另外一个可用核心网节点来提供服务。此时，用户业务可以继续使用，但不能提供业务无缝连续性，无法满足高可靠的行业业务要求如远程医疗、自动驾驶等。因此，需要针对现有资源池机制进行增强，网络功能 (NF) / 网

络功能服务 (NFS) 集群概念就被提出来了, 如图 4 所示。

网络功能集群在资源池技术上做了如下几点增强, 从而保障任何一个网元故障时用户业务仍能实现无缝连续, 满足了垂直行业的高可靠要求。

1) 数据存储的高可靠增强: 采用统一存储和管理, 实现在线数据共享; 灵活的同步机制保证数据一致性 (网络 QoS 良好时, 采用同步复制; 网络 QoS 差时, 采用异步复制); 四级备份和恢复保障数据安全可靠, 内存 / 磁阵 / 本地硬盘 / 外部存储设备组成四保险; 用户的动态数据和静态数据实时保存。

2) 业务处理的高可靠增强: 无状态云化架构采用统一数据存储, 实现业务处理与数据分离; 业务处理由 N+M 负荷分担替代原 1+1 主备, 降低成本提升资源利用率; 实现秒级弹缩, 提升用户业务体验及网络运维可靠性。

3) 丰富容灾组网的高可靠增强: 数据存储支持 N+K 地理容灾, 满足不同应用场景; 接入网元根据权重, 在集群内灵活接管业务; 多用户面和多控制面混合组网, 可保障任何一个网元故障, 用户仍能正常无缝连续接入。

3.2.2.2 端到端用户面可靠性增强

在 3GPP R15 及之前的电信网络中, 终端和网络、无线和核心网的用户面数据传输都是单连接的, 任何一个节点发生故障, 都会导致业务短时间中断。为了满足垂直行业可靠性要求, 需要对端到端用户面进行可靠性增强, 增强方案如图 5 所示。

其中, 主要的增强点为:

1) 终端通过双连接技术和核心网建立两个独立的 PDU 会话, 利用两个 PDU 会话传输数据;

2) 每个 PDU 会话分别承载在独立的无线 5G 基站 (gNB) 和核心网

UPF 上, 任何一个网元节点故障都不会影响其他 PDU 会话业务连续性;

3) 应用层进行包复制和重复包检测, 任何一个节点发生故障, 通过端到端双链路机制都能收到完整的业务报文, 确保业务连续性。

3.2.3 ToB/ToC 融合建网

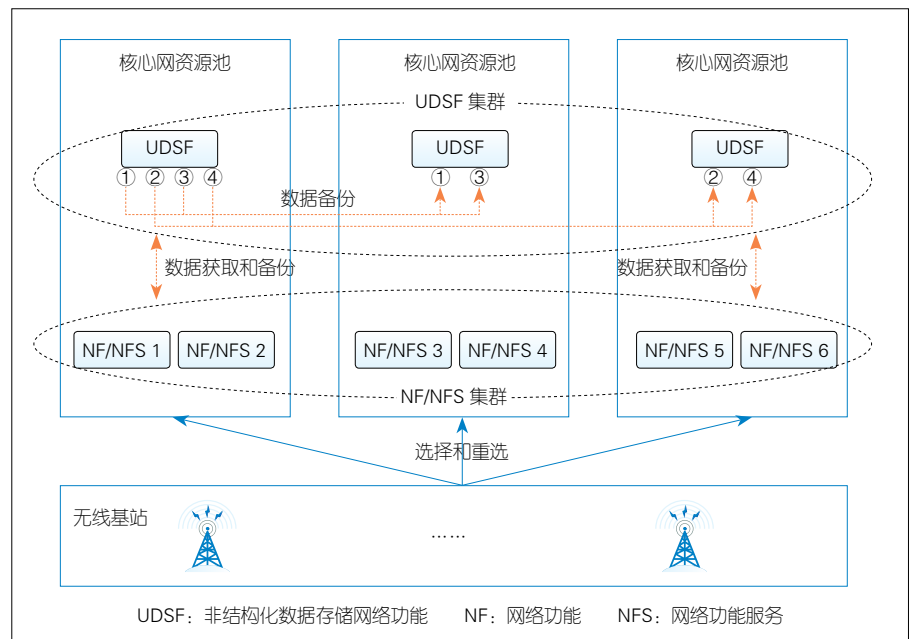
在 5G 建设初期, 有个人用户 (ToC) 和垂直行业用户 (ToB) 之分, 差异显著, 主要体现在: 个人用户业务类型单一, 主要以 eMBB 为主, 市场成熟, 需求稳定, 和现网联系紧密; 而行业用户业务类型多样, 包括 eMBB/URLLC/mMTC 等多种场景, 市场处于培育期, 需求多变, 可不依

赖现网单独发展。因此, 针对 ToC 和 ToB 的情况, 可采取分开建网的策略, 这有利于 5G 快速建网和创新、简化规划和运维。

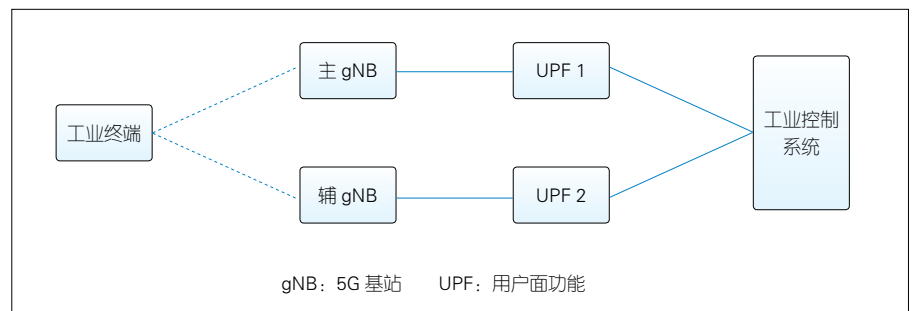
在 5G 建设中后期, 考虑到运营商 ToB/ToC 网络都已经成熟, 降低成本和持续演进则成为关键需求。这就急需一个 ToB/ToC 融合核心网, 面向 5G ToB/ToC 用户的融合, 并同时满足 2G /3G /4G /5G/Fixed 的全接入, 如图 6 所示。

在 ToB/ToC 网络融合阶段, 需实现以下几个方面的融合。

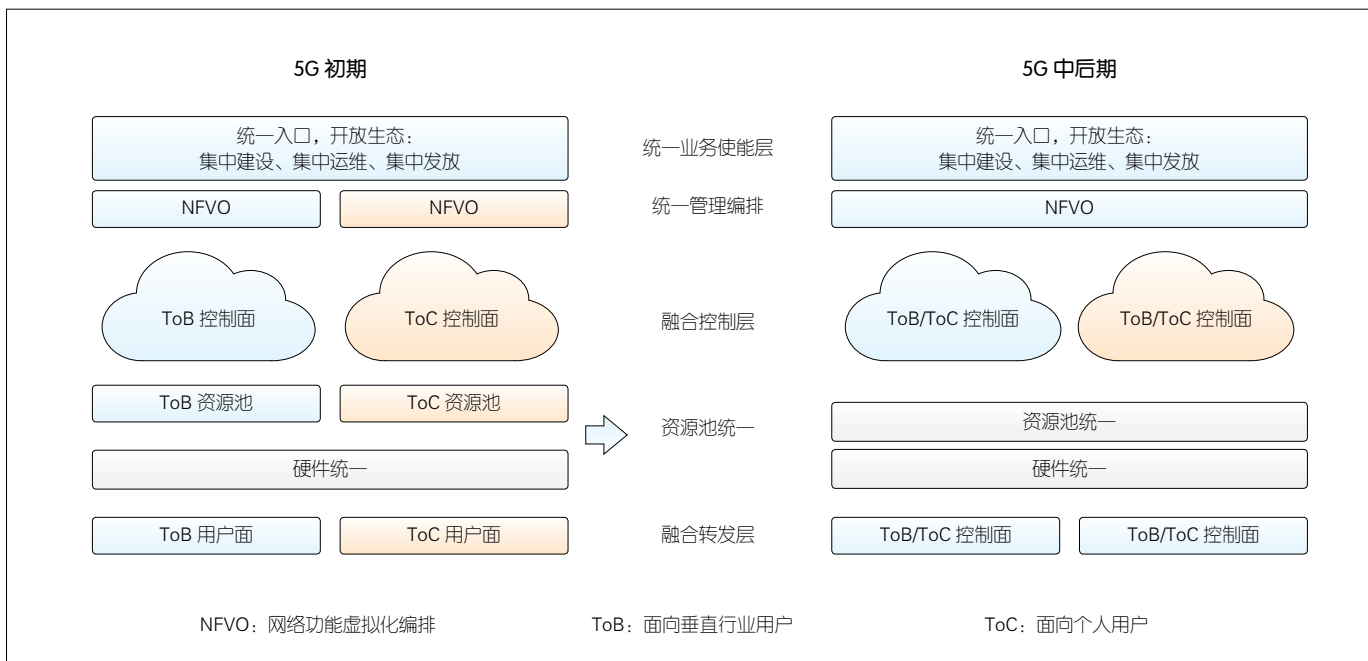
1) 统一业务使能层: 统一入口, 业务集中建设、集中运维、集中发放, 满足个人和行业用户深度融合需求,



▲ 图 4 网络功能集群架构图



▲ 图 5 用户面可靠性增强架构图



▲图 6 ToB/ToC 融合演进图

提升用户体验;

2) 统一管理编排: 采用统一的资源管理系统和切片编排系统, 实现 ToB 和 ToC 网络的资源统一调度, 统一编排, 按需分配, 提升资源利用率, 降低设备成本;

3) 统一资源池: 采用统一的虚拟层软件, 减少运维工作量, 降低管理成本;

4) 融合控制面和转发面: 个人和行业用户共享融合控制和用户面, 确保个人和行业用户深度融合用户能按需访问业务, 同时提升资源利用率, 降低网络整体成本。

4 结束语

5G 核心网在支撑 5G 网络建设和承载 5G 业务方面起到非常重要的作用。面对第 1 波 eMBB 快速商用需求, 第 2 波乃至更多波次的垂直行业应用差异化需求和演进挑战, 以及网络切片、人工智能、边缘计算、垂直行业使能技术等引入, 中兴通讯提出了基于意图的精准核心网产品, 围绕自

动化、智能化、全融合、全业务的理念实现核心网的能力构建和持续演进, 为运营商快速部署 5G, 为垂直行业的长期发展做好充分准备, 在 5G 万物互联时代助力运营商实现竞争超越。

参考文献

- [1] 3GPP. Adjustments to Rel-16 & Rel-17 time-lines. 2020[R/OL]. <https://www.3gpp.org/specifications/releases>
- [2] 3GPP. Study on architecture for next generation system: 3GPP TR 23.799[S]. 2016
- [3] GSMA Intelligence. Global 5G landscape Q4 [R]. 2019
- [4] 3GPP. System architecture for the 5G system: 3GPP TS 23.501[S]. 2019
- [5] 中兴通讯. 5G core network 技术白皮书 [R]. 2019
- [6] 中兴通讯. Common Edge 边缘计算白皮书 [EB/OL]. (2019-10-31) [2020-01-03]. <https://www.useit.com.cn/thread-25213-1-1.html>
- [7] 工业互联网产业联盟. 时间敏感网络 (TSN) 产业白皮书 (征求意见稿) [EB/OL]. (2019-10-31) [2020-01-03]. <http://www.aii-alliance.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=23&id=800>

作者简介



王卫斌, 中兴通讯股份有限公司网络首席科学家; 从事 SDN/NFV、电信云研究, 以及核心网产品规划; 相关产品解决方案荣获 5G 论坛、SDN/NFV 全球大会、世界边缘计算论坛、中国通信学会等多项大奖; 发表核心期刊论文 10 余篇, 获国家发明和实用新型专利 20 余项。



陆光辉, 中兴通讯股份有限公司网络首席架构师; 从事 5G、SDN/NFV、电信云研究, 以及核心网产品规划。



陈新宇, 中兴通讯股份有限公司电信云及核心网产品总经理; 负责核心网整体经营, 从事 5G 核心网、电信云等关键技术研究。