



5G 核心网创新技术 研究及应用探索

Research and Application of 5G Core Network Innovation Technologies

陆光辉 /LU Guanghui, 毛磊 /MAO Lei, 冯建业 /FENG Jianye

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

摘要: 研究了5G核心网的创新技术,包括多维网络切片、用户面软硬件加速、移动边缘计算(MEC)与5G结合、运维自动化和行业多样化使能技术,并探讨其在行业领域的应用和带来的价值。通过这些创新技术的使用,提出敏捷、算力、智能三位一体的5G核心网概念,以适应万物互联市场拓展的需要。

关键词: 5G核心网; 分布式集中分离; 移动边缘计算; 切片; 时间敏感型网络; 5G LAN; 非公共网络

Abstract: The 5G core network innovation technologies, including multi-dimensional network slicing, user plane hardware and software acceleration, mobile edge computing (MEC) and 5G integration, operation and maintenance automation, and industry diversification enabling technologies are studied in this paper. The applications and value of these technologies in industry field are then discussed. By the use of these innovative technologies, a 5G core network integrating agility, computing power and intelligence is created to meet the needs of the Internet of Things (IoT) market expansion.

Keywords: 5G core network; distribution unit separation; MEC; network slicing; time sensitive network; 5G local area network; non-public network

DOI: 10.12142/ZTETJ.202003010
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20200623.1540.004.html>

网络出版日期: 2020-06-24
收稿日期: 2020-04-10

1 5G 核心网挑战分析

面对万物互联,5G网络需要更聪明、更灵活的大脑,来精准地感知网络数据流量上传下发的拥塞状态、业务动向、用户位置等信息。5G网络还需要具备用户和业务的接入控制、无线网络资源调度的能力。3GPP定义了全新服务化架构(SBA),采用HTTP/2互联网化的协议,借助IT云原生技术重构5G核心网。面对架构的全面革新,以及使能垂直行业的使命,如何协同标准、业界发展情况,稳、快、好、省地实现5G网络的商用落地,是

5G规模商用的挑战。目前的5G核心网存在以下的挑战:

1) 网络定制化能力低。过去通信网是面向确定性需求建设的,而随着通信网由消费互联网向产业互联网的发展,出现了越来越多的不确定性因素,传统的网络难以满足客户日益个性化的需求。此外,互联网应用创新要求网络更敏捷,行业需求的不确定性、差异化网络服务协议(SLA)、面向大众市场用户(ToC)/面向垂直行业(ToB)业务的显著差异,则要求5G核心网更加敏捷,能够做到快速定制网络。面对数字化的浪潮,传统预先设定好的网络

难以适应,同时网络能力优势也未能针对云进行有效、统一地开放,这都导致网络侧成为创新的瓶颈。

2) 虚拟化性能难以媲美专有硬件。网络功能虚拟化(NFV)软硬件解耦、通用硬件的采用,以及NFV在电信领域的逐步普及,虽然降低了硬件成本,提升了资源利用率,但因为引入中间的虚拟化一层导致网络转发性能有所下降。除了在虚拟化层面使用CPU绑定、单根输出输出虚拟化(SR-IOV)、多网卡绑定等技术手段来减少虚拟化和x86硬件引入带来的性能损耗,还需要在软件和硬件层面

做相应的增强,使得 5G 用户面能够兼顾强转发和强计算的能力。

3) 中心式网络难以应对流量指数级增长。随着移动互联网的发展,用户对流量的需求与日俱增。4G 不限流量套餐的推出,使得网络只能不断地升级扩容,这种以中心式建网弊端日益凸显。提速降费的大背景,对运营商的流量经营带来了压力。另外,随着 5G 大带宽、低时延业务的发展,云虚拟现实(VR)/增强现实(AR)、大视频等 5G 新业务将对中心网络造成进一步冲击,大量的业务要求能够在本地消化和终结,以降低网络时延以及骨干网络负荷。

4) 网络缺乏自动化开通和运维的能力。虚拟化后的软硬件解耦程度增大,使得组网更加复杂。网络结构正向多厂商、多平台、多组件、多接口演进,运营商在 5G 核心网建设时将面临多厂商、跨域集成等多项挑战,基于人工的方式难以迅速响应随需而动的网络维护。5G 网络比 2G/3G/4G 复杂得多,高度弹性,动态变化,急需引入人工智能(AI)、大数据等新技术,以推动网络运维的自动化、智能化发展。

2 5G 核心网创新技术

与 LTE 相比,5G 的主要目标不仅仅是为了带来更高速率的数据服务。为此,ITU-R 定义了增强移动宽带(eMBB)、超可靠低时延(URLLC)以及海量机器类通信(mMTC)3 大场景^[1],使能垂直行业。3GPP 定义了 SBA 和功能模块化,实现业务的按需部署,新业务上线时间的缩短;定义的控制面和用户面分离(CUPS)技术,实现了用户面可以基于业务需求灵活部署;定义的移动边缘计算(MEC)技术,使得用户可以就近访问业务;定义的网络切片技术,可以使一套物

理网络服务于多个不同的应用场景。5G 核心网正是基于以上多种创新技术进行设计,完全满足 5G 时代业务多样化的需求,为网络走向开放和构建生态提供动力源泉。

2.1 跨域多维切片技术

切片是 5G 独立组网(SA)较为关键的因素,通过动态切片的自动化创建,以实现全网资源的调度,快速定制、兑现差异化的 SLA,满足各种垂直行业差异化的网络需求。网络切片是一种按需组网的方式,可以让运营商在同一基础设施上分离出多个虚拟的端到端网络。一个网络切片实例提供一个或多个业务场景。一个切片由一个或多个子切片组成,子切片包含无线、核心网、承载。两个切片可以共享一个或多个子切片。

4G 可以通过专用核心网(DCN)技术^[2]实现类似切片的概念,但 4G DCN 技术仅是核心网单切片,不支持端到端,不具备管理灵活性,无法演进到 5G 切片。表 1 是 4G DCN 和 5G 切片技术比较。

▼表 1 4G DCN 和 5G 切片技术比较

关键技术点	4G DCN	5G 切片
切片范围	仅包括核心网	包括无线、传输、核心网
应用场景	<ul style="list-style-type: none"> 一个 UE 只能签约一个切片,如 NB-IoT 一个 UE 只能同时接入一个切片 	<ul style="list-style-type: none"> 一个 UE 基于 Subscribed NSSAI 可以签约多个切片类型,如 eMBB、mMTC、URLLC 一个 UE 可以同时接入多个切片(至多 8 个)
切片选择	<ul style="list-style-type: none"> 只能根据签约选择切片 UE 不能根据 APP 选择不同的切片 	<ul style="list-style-type: none"> 通过 NSSF,可以基于 NSSAI、位置、负荷灵活选择不同切片 支持 PCF 配置不同 APP,选择不同切片的策略,并下发给 UE
切片管理	通过 NFVO+VNFM 用网络服务方式进行部署	<ul style="list-style-type: none"> 引入 CSMF、NSMF 和 NSSMF,支持切片的订购、端到端编排 使用 NST 和子切片模板(NSST 描述切片和子切片的信息模型)

CSMF: 通信服务管理功能
DCN: 专有核心网
E2E: 端到端
eMBB: 增强移动宽带
mMTC: 海量机器类通信
NB-IoT: 窄带 - 物联网

NFVO: 网络功能虚拟化编排
NSMF: 切片管理功能
NSSAI: 网络切片选择辅助标识
NSSF: 网络切片选择功能
NSSMF: 子切片管理功能
NSST: 网络子切片模板

NST: 网络切片模板
PCF: 策略控制功能
UE: 用户设备
URLLC: 超可靠低时延通信
VNFM: 虚拟化网络功能管理

面对不同的行业网络质量要求,需要为特定的行业应用或企业定义特定的切片,部署不同的切片实例,实现专属的网络。网络切片由网络功能构建而成,涉及到端到端网络。如果所有网络切片都采用完全独立的网络功能,会造成网络资源开销大和性价比低;因此,面对垂直行业时,网络功能在切片间需要根据实际情况进行共享,以满足资源效率提升的需求。目前,业界针对网络切片部署模式主要有 3 种,具体如图 1 所示。

1) 模式 1: 该模式的安全隔离要求高,成本敏感度低,如远程医疗、工业自动化等,不同切片采用完全独立的网络功能(NF),控制面和用户 NF 都不共享。

2) 模式 2: 该模式的安全隔离要求相对低,终端要求同时接入多个切片,如辅助驾驶、车载娱乐等,不同切片的部分控制面 NF 共享,用户面 NF 不共享。

3) 模式 3: 该模式的安全隔离要求低,成本敏感,如视频监控、手机视频、环境监测等,不同切片的所有

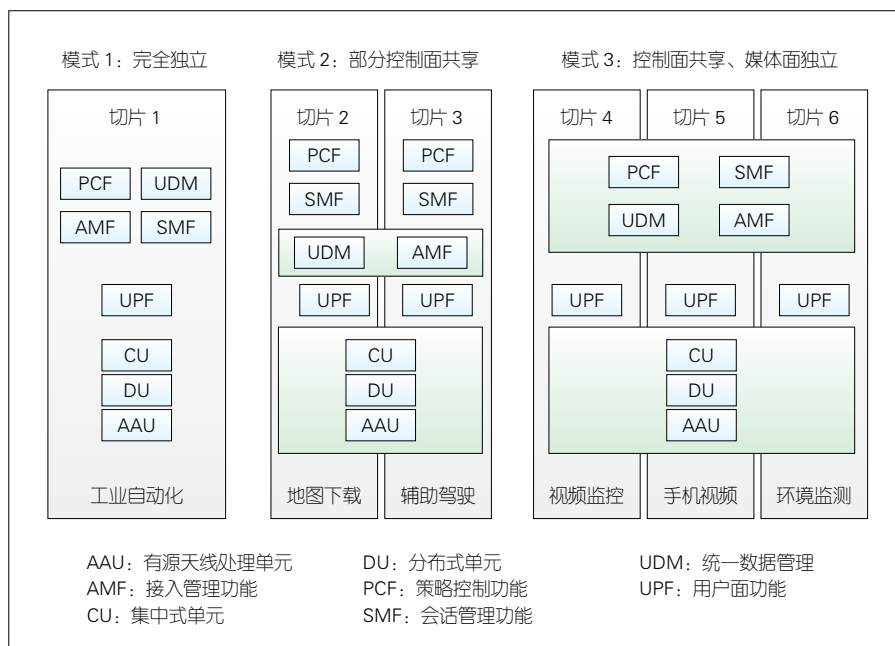
控制面 NF 共享，用户面 NF 不共享。

2.2 软硬件加速技术

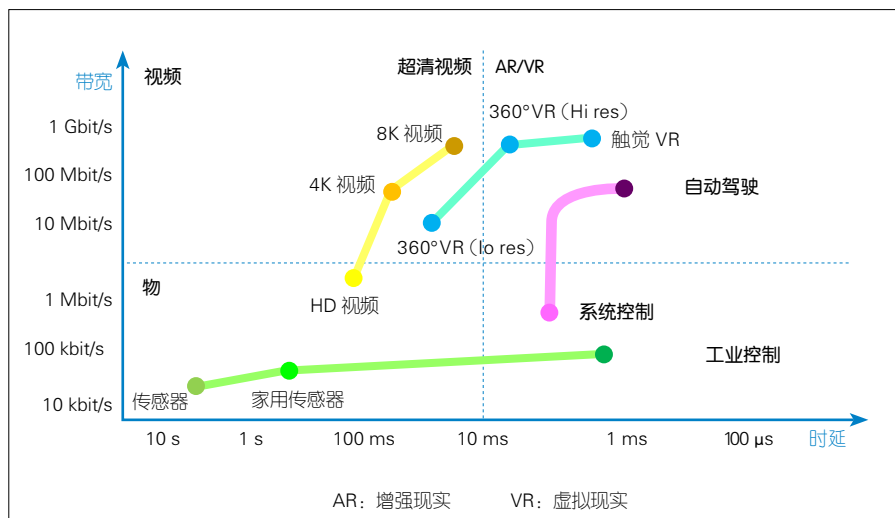
VR/AR、自动驾驶、云游戏等新兴业务对网络提出超低时延、超大带宽的要求，具体见图 2。这些性能需求与网络用户面紧密相关，需要用户面提供高效、快速的数据处理和转发。

在 eMBB 的场景下，可以通过纯软件加速的方案，并基于矢量包处理 (VPP)^[3] 的思想，在数据报文卸载功能中采用矢量转发技术，提高转发处理性能，实现热点报文的批量处理和转发，有效地降低业务逻辑对 CPU 的消耗，并解决传统来包逐个处理、不加分类而产生的缓存抖动和缓存未命中的缺陷。采用数据平面开发套件 (DPDK)^[4] 无锁化并行计算架构 (具体如图 3 所示)，能够将相同用户 IP 的报文放到同一个线程中，避免了多个线程同时读写同一个内存数据区的情况，实现了无锁化，并消除锁等待时间，从而达到高并发的效果。合理规划 DPDK 内存与缓存，需要将频繁执行的代码常驻指令 Cache，限制访存范围降低切页带来的消耗，大幅提升报文的处理速度。

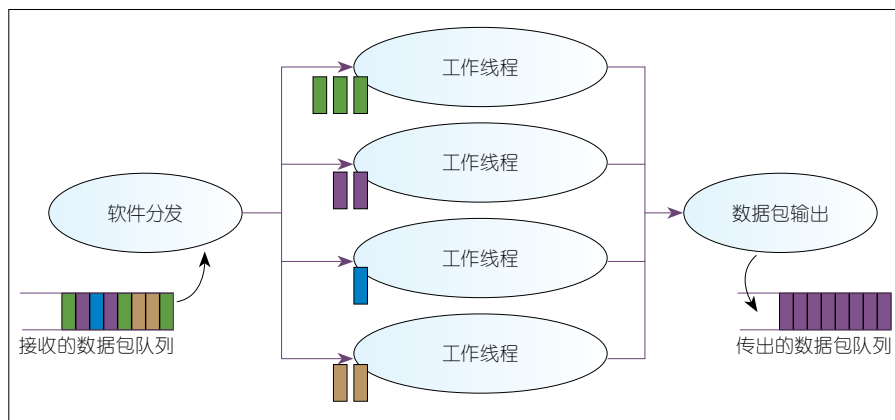
在 IMT-2020 的关键特性中，URLLC 要求端到端的时延为 1 ms，并尽可能减少非空口的传输时延，核心网侧用户面转发时延从 100 ~ 200 μs 降低至 10 μs。虽然在架构层面上，控制面和用户面分离技术 (CUPS) 实现了用户面下沉，但是基于纯软件加速已无法满足低时延的要求，需要借助硬件加速技术。目前，主流的加速卡硬件主要有现场可编程门阵列 (FPGA)、网络处理器 (NP) 和专用集成电路 (ASIC)。FPGA 因其更优的通用性和灵活性，又便于引入新特性，更加适合作为面向 5G 的虚拟化通用硬件加速平台。基于 x86 服务器的



▲图 1 网络切片部署模式



▲图 2 各种业务对网络的要求



▲图 3 数据平面开发套件无锁化并行计算

FPGA 智能网卡加速虚拟化用户面，性能媲美专用硬件。通过在软件 VNF 层面进行业务首包学习，生成转发流表，并将流表下发到智能网卡中，同一条流的后续数据报文将由智能网卡接收、解包、处理后直接转发，降低了节点内转发处理层次，大幅减少 CPU 计算、内存读取、外设部件互联标准 (PCIe) 总线的瓶颈，提升单服务器性能密度。

相对纯软件加速的用户面而言，智能网卡加速的用户面可以突破当前虚拟化转发的性能和时延瓶颈，实现虚拟化超高性能超低时延，显著降低转发时延达到微秒级别，满足 5G 工业控制、自动驾驶等超低时延应用。

2.3 行业使能技术

5G 在赋能垂直行业方面，除了提供基础的 5G 网络功能和业务支持外，为满足行业多样化的特性需求，3GPP R16 引入 5G 行业使能技术，包括时间敏感网络 (TSN)、5G 局域网 (5G LAN) 和 5G 专网 (5G NPN)^[5] 等内容。通过这些行业增值产品包来满足场景化部署，从而推动智能制造与工业互联网 (IIoT)，引领工业 4.0。

TSN 引入 IEEE 的 TSN 特性，在以太网上提供确定性时间传输，实现了数据包在确定的时间内到达并转发。TSN 源于音视频领域的应用需求，最初称之为以太网音视频桥接技术 (AVB)^[6]，用于传输高质量音视频；2012 年 IEEE 决定扩展工业控制领域，将其更名为 TSN。5G 系统作为 TSN 网桥与外部 TSN 网络集成，并通过设备侧 TSN 转换器 (DS-TT) 和网络侧 TSN 转换器 (NW-TT) 提供 TSN 入口和出口，实现 TSN 和 5G 网络的通信，使能实时物联网业务。5G+TSN 构建确定性网络 (如图 4 所示)，使得设备时间精准同步，并使能多节点高精度协作控制，支持低时延、低抖动、高可靠确定性

组网。将工业设备通过无线的方式接入到 TSN 网络，代替传统有线的方式，能够摆脱线缆束缚。典型的应用场景包括机器人协同、车辆精准调度、配电网差动保护等。

5G 专网 (NPN) 重点面向行业专有业务的接入，禁止非 NPN 用户接入 NPN 小区或跟踪区，打造安全、可靠、定制化 5G 专网。非公共网络架构如图 5 所示。5G 核心网部署到专有网络中，终端可以通过如下方式实现专网和公网的互访：

1) 用户通过专网接入时，专网同时作为信任或非信任 3GPP 接入，接入到公网，实现用户通过专网接入公网的互访需求；

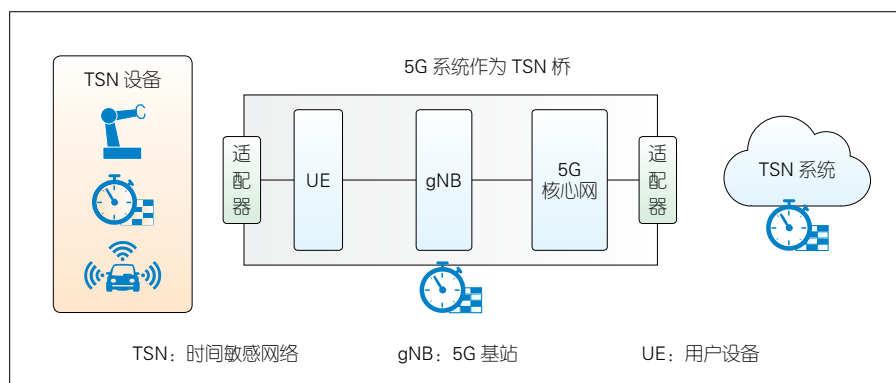
2) 用户通过公网接入时，公网同时作为信任或非信任 3GPP 接入，接入到专网中，实现用户通过公网接入专网的互访需求。

NPN 可以低成本、快速地部署局

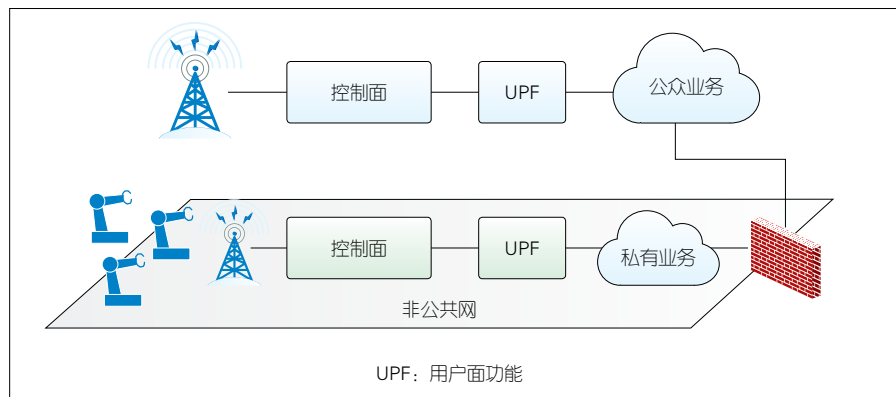
域工业互联网。NPN 易定制的特点满足了行业特定需求，提升用户体验。此外，NPN 有着保密性高、独立管控、小区级安全、敏感数据仅本地保存的特点。NPN 典型的应用场景包括工业园区、矿山、集装箱港口等。

5G LAN 支持局域网类型的网络覆盖，通过 UPF 完成 LAN 区域内的点对点通信，满足快速部署安全、可控的企业局域网的需求。通过会话管理功能 (SMF) 配置 UPF 来灵活处理单个 5G 虚拟网络组的协议数据单元 (PDU) 会话之间路由流量。例如，取决于目的地地址，一些分组流可以在本地转发，而其他分组流通过 N19 转发。5G 虚拟网络组通信有 3 种类型的流量转发方式：

1) 基于 N6 的转发，5G 虚拟网络组通信的上行 / 下行 (UL/DL) 流量被转发到数据网络 (DN)，或从 DN 转发；



▲图 4 5G+ 时间敏感网络



▲图 5 非公共网络架构

2) 基于 N19 的转发, 5G 虚拟网络组通信的 UL/DL 流量通过 N19 在不同 PDU 会话的锚点 UPF 之间转发;

3) 本地交换, 如果该 UPF 是同一 5G 虚拟网络组的不同 PDU 会话的通用 PSA UPF, 则流量由单个 UPF 在本地转发。

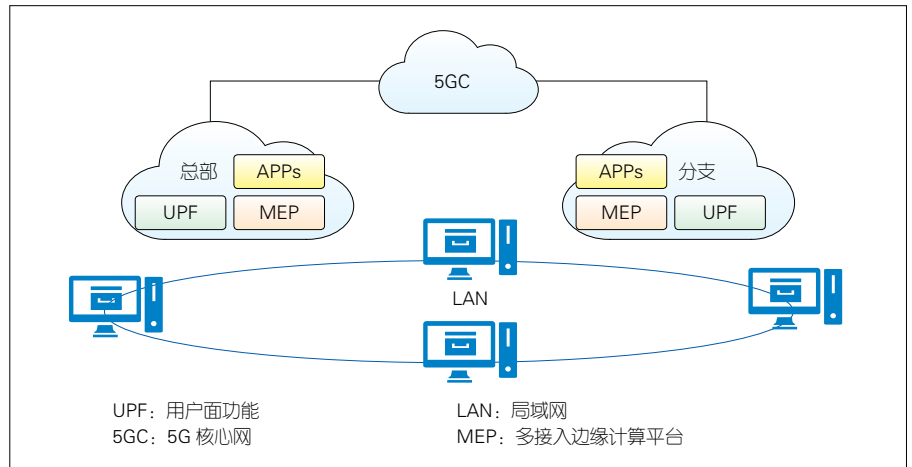
5G LAN 技术参见图 6, 其支持 UE 间的本地通信, 用户组灵活划分, 数据安全隔离, 并能优化数据路由与交换, 满足企业网快速部署, 自主实现群组管理和 IP 地址分配。典型的应用场景包括大型会议、赛事等。

2.4 边缘计算技术

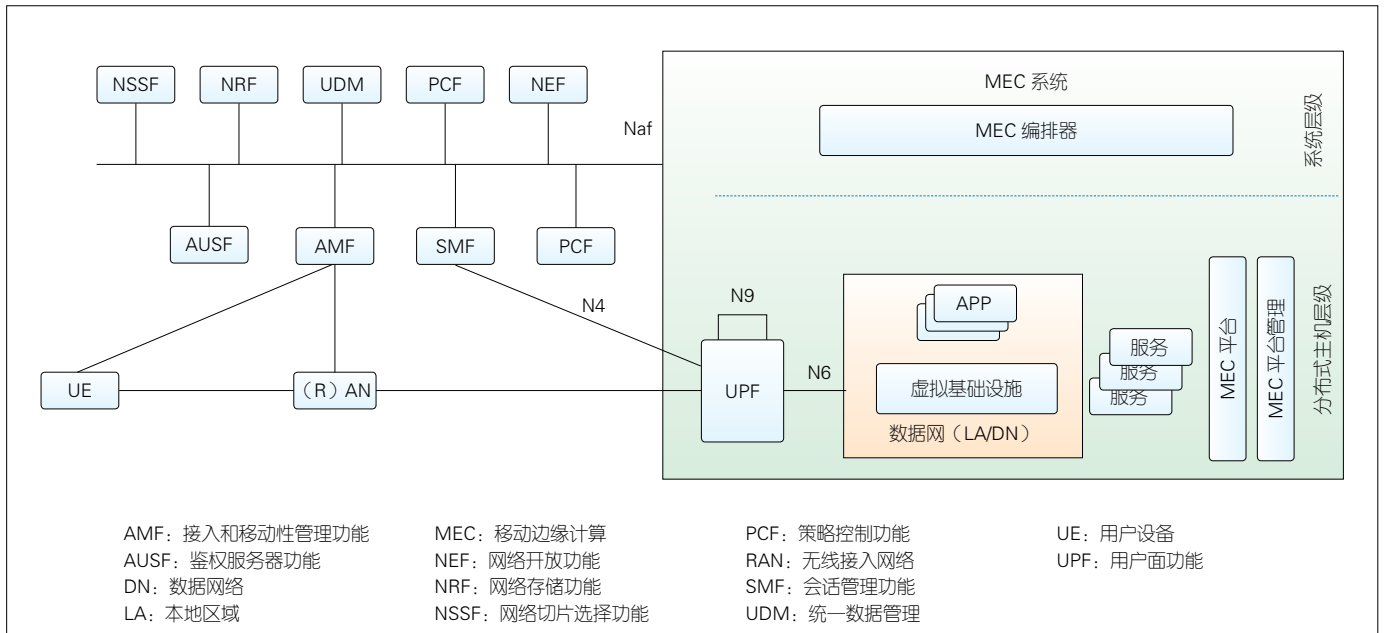
MEC 是 5G 的核心技术之一, 提供连接 + 计算的能力。MEC 将云计算从中心扩展到边缘, 实现算力延伸, 更加地贴近用户。5G 网络集成 MEC 部署 (具体见图 7), 主要体现在 UPF 下沉至 MEC 节点, 并将控制面网络开放功能 (NEF)、策略控制功能 (PCF)、SMF 等网元中心集中部署。MEC 应用编排 (MEAO) 对应于第三方应用功能 (AF), 可通过 NEF 或

PCF 进行交互, 完成分流规则的影响与配置。SMF 集中地对流量的调度, 通过数据网络名 (DNN)、上行分类器 (ULCL) 或者 IPv6 多归属等方案^[7]实现边缘 UPF 的选择及特定数据业务分流。会话管理、QoS 管理、连续性管理、计费、监听等遵循 5G 核心网流程。5G MEC 的部署编排系统应与 5G 网络管理和编排 (MANO) 统一考虑, 并与编排器进行融合。MEC 能力开放应与 NEF 能力开放采用统一接口, 支持边缘侧网络能力开放。

5G 网络将以核心 / 大区、本地、边缘三级 DC+ 基站机房为基础架构, 虚拟化网元功能可按照场景部署在网络相应的位置上, 满足各种低时延高带宽的业务, 如表 2 所示。通过在运营商站点机房、边缘 DC 包括接入机房和汇聚机房部署 MEC 平台和上层 APP 应用, 使 MEC 更加贴近用户侧, 实现更低的时延, 以及流量就近转发, 以满足车联网、AR/VR、高清视频、云办公、智能家居等各种各样的垂直行业应用, 实现多种制式、融合接入、



▲图 6 5G 局域网架构图



▲图 7 移动边缘计算与 5G 网络的集成

开放平台。

基于 5G 网络拓展边缘云，可以充分发挥连接和网络的优势，整合云、网、边、端能力为行业客户提供一体化服务，同时开拓更多的创新应用。5G 网络和边缘计算结合的优势体现在如下几点：

1) 连接优势，全覆盖、多样化的连接是运营商进入边缘计算领域的核心切入点；

2) 网络优势，高可靠、低时延、大带宽、多连接、确定性以及业务安全的 5G 网络用户面是边缘计算的核心锚点；

3) 边缘优势，基于网络云打造边缘 ICT 融合资源池，向平台和应用综合服务能力延伸，实现性能和成本最优。

2.5 自动化运维技术

5G 核心网全云化的部署是以云为核心对网络进行规划，并通过云 + 网

提供一体化的服务，为客户到云、云到云提供最短路径、最优体验和最高安全可靠的保障。引入自动化工具链来解决网络快速部署，如图 8 所示，可以使得网络部署速度跟上云业务“分钟级”开通的需要。

通过打通规划、建设、运维和优化整个流程，并集成整个工具链，实现 5G 核心网虚拟化建设的规划设计、网络部署和验收测试的自动化，大幅缩短网络建设时间。同时，通过友好的用户交互界面在网络集成的全生命周期中实现工具功能与客户需求之间的“零距离”，有效解决了运营商在虚拟化网络部署和运维中的痛点。

1) 设计工具：通过图形用户界面 (GUI) 界面汇总硬件、云平台、MANO 及 NF 部署所需配置参数和资源要求，自动生成集成场景组件实例化参数文件和设计文档；

2) 部署工具：接收设计工具生

成的实例化参数文件，完成硬件、云平台、MANO 及 NF 的部署，并完成 NF 局数据配置；

3) 运维工具：在云平台、MANO、NF 完成部署后，日常维护支持根原因分析 (RCA) 多层故障告警关联，自动巡检网络实时状态，故障自愈以及自动派单处理；

4) 网优工具：实时保障网络的质量，通过对网络关键性能指标 (KPI) 质量监控和对比，支持资源的重新分配，按需弹性扩容和优先级调度。

3 5G 应用探索

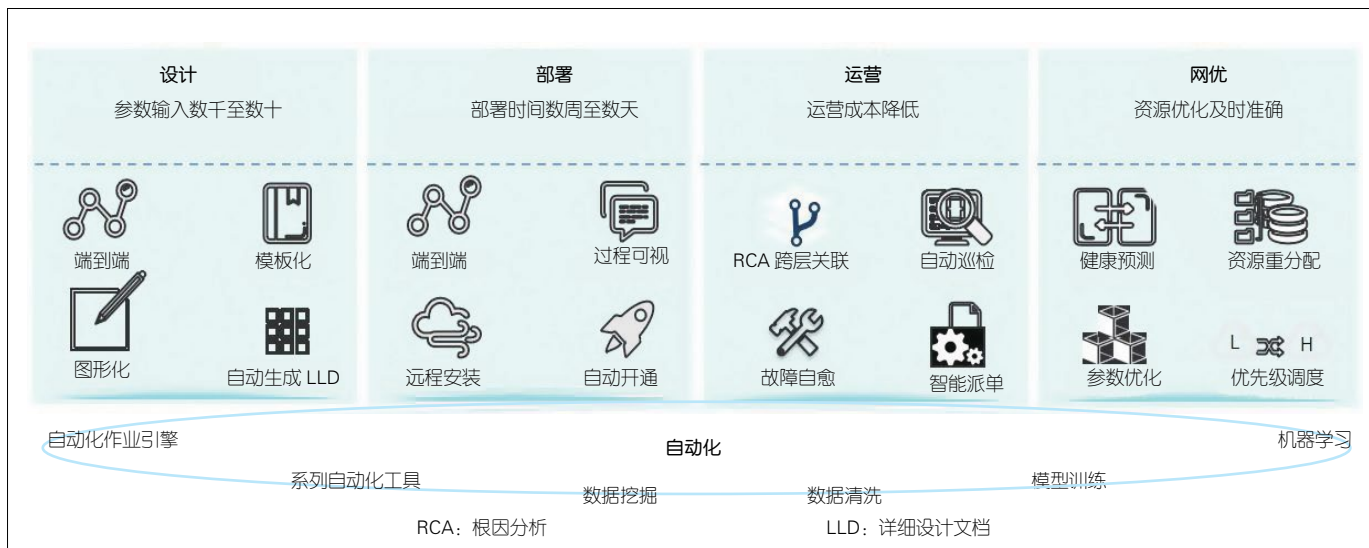
5G 应用并不能一蹴而就，还需一定时间。5G 建设初期，主要依赖大视频、云游戏等 eMBB 应用；近期，聚焦 MEC 园区网；远期，聚焦垂直行业使能技术，拓展 URLLC/mMTC 行业市场。2019—2020 年，5G 在全球各区域均开展了试点部署，尤其是在中国市场：通过头部行业试点探索，挖掘 5G 的典型应用，获得了显著的成果。下面，我们重点介绍 5G 在工业、教育、医疗、电力和车联网等方面的应用。

1) 5G+ 工业：基于端到端切片 +MEC 开展 5G+ 工业的建设，可为企

▼表 2 不同边缘场景下的业务分析

	场景 1	场景 3	场景 3
用户距离 (密集城区) /km	2~3	< 5	10~20
业务时延 /ms	5	5~10	<20
典型业务	车联网、工厂	视频直播、园区	vCDN、VR 云游戏等

vCDN: 虚拟内容分发网络 VR: 虚拟现实



▲图 8 端到端自动化流程

业快速构建起高安全隔离的行业虚拟专网。

(1) 园区数据访问安全: MEC 实现数据的本地存储, 关键数据内部传输不出园区, 并且与公网隔离以保证安全性。

(2) 生产采集数据快速分流: 用户面下沉到边缘, 提供稳定的高带宽、低时延的网络质量, 同时将采集数据快速分流到工业互联网分析平台, 为生产提供分析、告警、判决、调整等决策建议。

2) 5G+ 教育: 场景化应用的增多, 推动了教育的升级。

(1) 远程 VR/AR 教室利用 5G 的大带宽、低时延特性: 结合 5G 核心网转发面硬件的加速优化创新技术, 较好地满足了远程 VR/AR 教室的网络需求, 实现了远程教育“真人”化, 使得在家上课也能享受与现场一样的体验。

(2) 5G 智慧校园: 通过高清监控、人脸识别提供了业务层的解决方案, 但这些新技术需要更好的网络支撑才能发挥最大功效。通过部署增强的校园 MEC 平台, 利用 5G LAN 技术, 构建了一张大带宽、高可靠的强本地网, 为智慧业务落地提供了坚实的网络基础设施。

3) 5G+ 医疗: 网络切片和低时延保障技术的结合, 解决了远程医疗安全性和性能瓶颈。

(1) 借助于 5G 网络切片, 可以将医院办公等普通业务与远程会诊等高安全业务分别部署不同的专用网络, 彻底进行隔离, 确保了远程会诊网络的安全性。

(2) 借助本地化的医疗 MEC 平台 /TSN 等技术, 实现了远程医疗“最后一公里”的超低时延保障。

4) 5G+ 电力: 生产、园区管理、

办公等差异化较大的业务需求, 可以通过切片等技术满足电力生产管理的转型升级。

(1) 基于 5G 切片的隔离增强技术, 构建完全隔离的电力生产专网, 确保生产不受干扰。

(2) 引入本地化的电力 MEC 平台, 将园区管理应用全部本地化部署, 并利用 5G 无线大带宽接入、MEC ICT 资源共用、MEC 平台即服务 (PaaS) 能力开放、NPN 等创新技术手段, 实现了园区管理智能化高安全运转。

(3) 办公系统全部上云, 并利用边缘云资源部署办公本地化系统, 实现办公系统的云边协同, 上云的同时也确保了办公体验不下降。

5) 5G+ 车联网: 加速自动驾驶网联化, 提升交通安全和效率。5G 自动驾驶是基于摄像头、雷达、全球定位系统 (GPS) 定位、视觉计算等单车智能化技术, 结合 5G 网络切片、MEC 等新一代信息技术完成“车-路-人”网联协同, 实现智能化交通。

(1) 车路协同安全辅助: MEC 实时接收路侧摄像头、雷达、红绿灯等智能设备上传的信息, 并提供视频、信号等处理分析所需要的算力资源和云边交互的通信路径。

(2) 自动驾驶协同感知控制: 用户面采用硬件加速技术并下沉边缘, 将核心网侧的转发时延由 0.5 ms 降低至 0.2 ms, 同时 URLLC 双会话采用不同切片保障低时延高速移动场景下业务的连续性和高可靠性实现自动驾驶协同。

4 结束语

5G 核心网作为连接消费互联网和产业互联网的中央处理器, 提供全云化、用户面加速、一体化 MEC、行业

赋能技术包、多维切片、E2E 自动化等全系列特性, 统一调度全网连接资源, 赋能千行百业的创新, 助力各行业的数字化转型。

参考文献

- [1] ITU-R. IMT Vision-framework and overall objectives of the future: recommendation ITU-R M.2083-0(09/2015) [S]. 2015
- [2] 3GPP. Enhancements of dedicated core networks selection mechanism: TS 3GPP 23.711[S]. 2015
- [3] The vector packet processor (VPP) how VPP Works[EB/OL].[2020-03-07]. <https://fd.io/vppproject/vpptech/>
- [4] 朱河清, 梁存铭, 胡雪煜, 等. 深入浅出 DPD-KIM. 北京: 机械工业出版社
- [5] 3GPP. System architecture for the 5G system;stage 2: 3GPP TS23.501[S]. 2018
- [6] 工业互联网产业联盟 AII: 时间敏感网络 (TSN) 产业白皮书 (征求意见稿) [R]. 2019
- [7] ETSI. ETSI White Paper No.28: MEC in 5G networks[R].2018

作者简介



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



毛磊, 中兴通讯股份有限公司电信云及核心网产品规划经理; 从事 5G 核心网、虚拟化、网络切片、MEC 等方面的工作。



冯建业, 中兴通讯股份有限公司电信云及核心网产品规划总监; 负责电信云及核心网产品方案规划及市场研究工作。