



未来移动核心网 演进趋势白皮书

 中国电信
CHINA TELECOM

| ZTE中兴

目 录

目 录	2
前言	3
1 概述	4
2 八大演进趋势	5
2.1 云原生演进，提升网络柔性	5
2.2 空天地海，提供全域网络覆盖	7
2.3 分层分布，提升网络健壮性	9
2.4 场景定制，提升网络灵活性	12
2.5 网络智能，提升网络智能化	14
2.6 算网融合，提供连接计算融合服务	17
2.7 应用使能，提升网络服务能力	19
2.8 虚实多感，提供全新业务体验	21
3 总结与展望	23
参考文献	24
缩略语	25

前言

5G 网络商用已满三年，围绕 eMBB（增强移动宽带）、uRLLC（低时延高可靠）以及 mMTC（海量大连接）三大应用场景，极大地提升了用户的通信体验，推动了行业的数字化和智能化转型。5G 不仅增强了人与人通信，为用户提供超清视频、VR/XR 等身临其境的极致业务体验，更扩展到人与物、物与物通信，满足移动医疗、车联网、智能家居、工业控制、环境监测等物联网应用需求。

展望 2030 年后的未来，人类将进入一个“虚实通感，全域智联”的世界，数字世界与物理世界将相互交融，人类社会将进入泛在互联的智能化时代，下一代移动通信网络将搭建人类与数字世界的桥梁。而在网络演进过程中，核心网的演进有着举足轻重的作用。一方面，核心网上接各种业务和应用，是整个网络业务的汇聚点，也是未来业务发展的发动机；另一方面，核心网下连各种制式的终端及接入网，是整个网络拓扑的中心，牵一发而动全身。

本白皮书系统化分析 5G 核心网当前的现状和系统优化方向，畅想核心网演进目标，提出了未来核心网演进的八大趋势，希望能为业界在核心网架构设计和关键技术的研究提供参考，共同推进移动核心网的未来发展。

研究单位：

中国电信研究院、中兴通讯电信云及核心网

1 概述

从 1G 语音、2G 语音和文本，到 3G 多媒体、4G 移动互联网，再到 5G 的场景连接，移动通信的发展过程，不仅为人类社会发展提供各种便利，更是通过支持日新月异创新应用潜移默化的改变人类的生活方式、工作方式和社交方式，为人类的经济和社会进步做出了卓越的贡献。随着 5G 大规模商业部署，以超大带宽、超低时延和超大连接为特征的 5G 新基建，正成为数字经济发展的关键引擎，推动千行百业实现数字化高质量转型。

5G 与 IT 技术的结合，使得移动核心网获得革命性的成功。服务化架构 SBA 和 IT 的 HTTP/2 接口协议，结合云化技术，实现了网络的高度灵活性、定制化、开放性以及服务化；智能化网元 NWDAF 的引入，开启了移动核心网智能化、自动化的新征程。伴随着技术的发展以及软硬件能力的提升、既有应用的进一步发展，可以预见，后 5G 以及 6G 将涌现更多的新应用、新场景需求以及新的技术发展趋势。



图 1 移动核心网演进趋势关系示意图

为应对这些变化，业界对移动网络进一步融合人工智能、空天地一体化、分布式架构、云原生等方面已形成初步共识。本白皮书结合未来业务需求、技术发展趋势以及当前 5G 的增强需求，从移动核心网的三大维度（架构演进、网络能力、业务能力），甄选出云原生、

空天地海、分布式、场景定制、网络智能、算网融合、应用使能和多维感知等八大技术方向，如上图所示，初步给出了与核心网结合的演进趋势和技术发展思路。

2 八大演进趋势

2.1 云原生演进，提升网络柔性

5G 核心网架构借鉴了云原生软件架构的理念，采用了 SBA 服务化架构进行设计和开发，并支持云化部署，但随着 5G 核心网版本的迭代，新功能和新网元不断增多，当前仍然存在不少需要优化和提升的地方：一方面，网络功能的数量增加导致网络功能之间的服务交互多，服务交互的安全机制弱，服务的新旧版本切换对应的流量切换配置操作步骤复杂；另一方面，网络功能服务的可观测性差，拓扑逻辑可视化弱，服务的运行日志未标准化存储，性能指标不标准化，使得在网络功能的服务维护和定位排障方面的手段存在大量人工操作；最后，运营商在 NFV 阶段已有的虚拟化资源池的资产，大量以虚拟机的资源形态建设和发放，需要考虑如何复用迁移到云原生的电信基础设施，以容器资源形态运行 5G 网络，进一步提升网络的灵活性及资源利用率。

云原生架构是现代软件架构设计模式的演进趋势，CNCf 定义云原生的 5 个关键属性是容器、微服务、服务网格、不可变基础设施以及声明式设计，参考 CNCf 的云原生的技术属性同时结合电信网络功能的高性能、高可靠、持续演进等电信级特性^[1]，未来核心网架构需要在如下几个技术方向进行优化：

1) 分布式服务交互：建议采用服务网格作为潜在的技术，使得服务关注自身业务逻辑，服务之间交互的安全加密，流量管理（A/B 测试、canary 部署和基于百分比的流量分割的分阶段部署）采用服务网格统一架构，简化系统架构设计，简化运营商部署架构，易部署，易升级；

2) 可观测技术: 采用云原生的可观测技术把网络服务的运行日志, 性能指标输出标准化, 服务调用拓扑逻辑可视化, 为系统故障排查, 系统优化和维护等提供可观测的基础数据, 为运营商维护, 优化和排障提供系统观测手段;

3) 多形态资源管理: 采用虚机, 容器, 裸机多形态共存架构, 使得运营商在 NFV 初期的虚拟化资源池提供的虚拟机和裸机形态的网络功能继续运行, 同时也可以基于虚拟机构建容器集群运行容器形态的网络功能, 来保护运营商已有的资产投资, 最大化资源利用效率, 降低网络部署成本;

4) 可编程技术: 随着可编程交换芯片技术的发展以及用户面可编程方案的逐渐丰富, 可编程网元逐步迈入控制面、用户面等都可编程的全可编程网元趋势, 可编程网元为网元侧带来的灵活控制与智能分析能力, 使数据智能分析、资源监测、流量控制等功能在网元侧得以实现, 助力解决可观测和资源管理问题, 未来移动核心网将是具备弹性灵活、高性能、SLA 有保障的智能核心网。



图 2 未来核心网云原生演进关键方向

2.2 空天地海，提供全域网络覆盖

空天地海是未来 5G-A/6G 通信的重要方向，面向山区、沙漠、海洋、空中等提供宽带接入或广域物联，尤其是为航线上的飞机提供空中网络接入服务。其次，应对地震、海啸等自然灾害，提供应急通信，以及实现遥感、观测和地球保护等。空天地海一体化融合通信，通过分布式网络覆盖全域，实现用户随时随地的网络接入。

因此，空天地海通信对未来核心网具有较高的要求，从广域角度，未来核心网应该具备分布式互联互通形成一张广域大网，连接空天、海域和地面；从地面通信角度，未来核心网需支持固移融合以及基于 D2D 的多跳近域通信，进一步优化覆盖，提供更丰富的接入手段。空天地海一体化通信未来核心网面临的主要挑战如下：

- 全异构、多模态接入：空天地海通信未来核心网需要支持卫星、飞机、空中平台、无人机、地面基站、D2D、固定网络等多模接入，终端的异构性、传输环境的多样化等对核心网的融合调度提出了挑战；
- 空天网络空间有限、承重有限：卫星、飞机、空中平台等空间有限，承载的设备重量有限，对于需要实现未来核心网星上、空中部署的特定场景，对未来核心网的轻量化、低能耗提出了进一步的要求；
- 组网复杂，动态化：中低轨卫星、空中飞机是高速运动的、网络拓扑是动态变化的，对核心网支持终端移动性管理和连接管理提出了更高要求；
- 空天网络部署开通困难，运维难度高：相比地面网络，星上、机载系统的部署、开通以及运维难度极大，板件可靠性要求高，且扩容难，需要考虑对于星上和空中核心网设备的自动化运维能力及远程运维能力。

针对上述挑战，空天地海的未来核心网需要向极简、轻量、可裁剪方向演进，同时需要

支持免运维、网络自治以解决空天网络运维难、开通难的问题。

- 极简化：以用户数据为中心，核心网网络功能可划分成控制、用户、数据及智能等四个平面，简化架构，统一接口。前端可考虑以数字孪生 UE 适配各种接入模式、多形态终端，后端统一认证，统一信令，一网多态。
- 轻量化：针对小空间、小载量卫星、飞机、空中平台等，提供超轻量化、超薄、极低功耗的核心网；
- 可裁剪：支持多子网、多形态网络，可定制、可裁剪。根据星上、飞机、空中平台等复杂部署环境，未来核心网需提供量体裁衣、按需 DIY 的能力；
- 免运维：支持即插即用，上星即可用，免运维、高度自治，未来核心网具有自我修复和远程监控的能力；
- 多接入：未来核心网需支持蜂窝、固定、D2D 近域多跳、ATG、卫星等多种接入方式协同，实现空天地海全面覆盖。尤其是飞机空中互联网，除卫星接入外，还可在航线上线性部署基站和集中部署核心网，通过 ATG 接入技术完成对所有航线的覆盖，在航班密集地区增加基站部署密度，从而提升网络容量。沿海地区通过增强 ATG 基站的覆盖半径实现近海航线的覆盖。

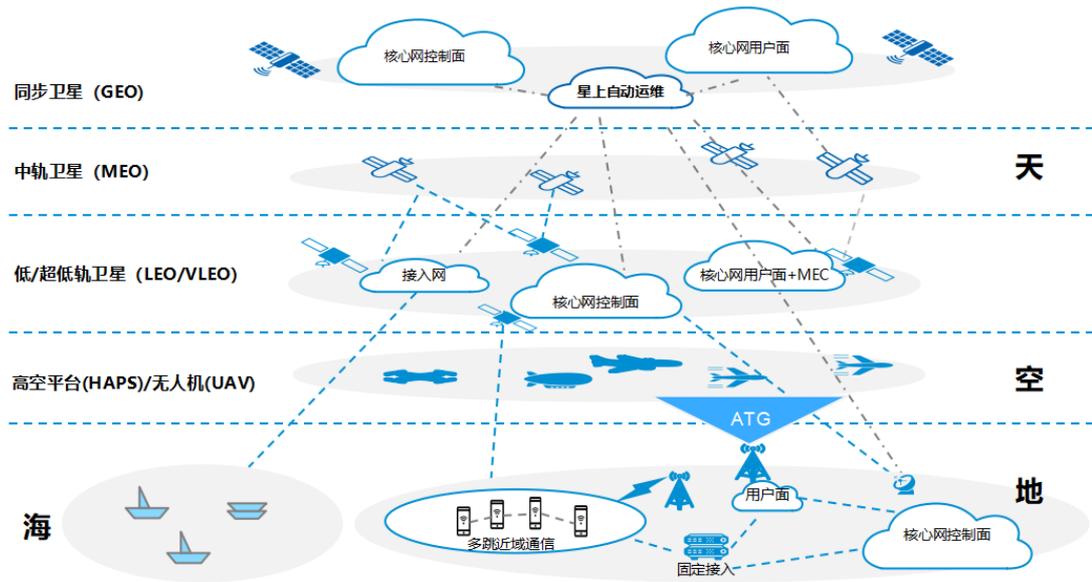


图 3 空天地海一体化融合网络

2.3 分层分布，提升网络健壮性

展望未来，越来越多多样化的应用/业务将不断涌现，它们都将对网络提出连接之外的更多样化的功能要求、以及更极致时延和可靠性等性能要求，例如：车联网需要提供就近接入服务和算力能力，超低时延高可靠工业控制业务要求时延小于 1ms 以及可靠性高于 99.99999%等^[2]，网络及相关的服务和资源趋于分层分布式协同部署、网络及应用更进一步靠近用户是满足上述需求的关键手段。当前，5G 核心网采用了相对集中的部署模式，网络整体的健壮性依赖于各单个网元的性能，后续演进需要从整体上进一步考虑系统的健壮性。此外，在移动通信网络应用于工业互联网等垂直行业之后，网络自身的时延及可靠性等性能指标的重要性进一步凸显。最后，5G 核心网控制面引入了 SBA 服务化架构，通过 NRF 服务注册、发现机制可以更加灵活的在网络中新增服务和功能，但同时也引入了集中控制点，容易形成性能瓶颈。

为增强网络可靠性和提升网络性能，当前核心网可考虑进一步向分布式架构演进。分布式网络，是由分布于不同位置和组织的节点或者网络组成，面向用户、客户和应用提供多元

化网络能力的，协同自治的端到端网络系统。在架构中引入分层分布式，提升网络可靠性和降低时延，减少因为单点故障导致全网故障的风险，同时降低组网复杂度，优化 NF 路径选择机制，实现健壮的分层分布式边缘网络体系。

基于上述设想，未来网络将呈现集中+分布式趋势，由中心网络、分布式边缘网络、企业专网等多种网络混合分布的多样化多网互通协作的网络架构。各个边缘网络具备完整的网络功能，可在特定场景下实现独立运行，从而为不同的业务场景、用户群体或接入方式提供服务，同时具备自治能力，实现网络的自主管理和优化。此外，在特定场景下，各分布式边缘网络可采用融合架构简化网元间的信令流程，将原本大量的 NF 间的标准化的复杂通信简化为为分布式边缘网络的内部交互。

对于未来网络，除了用户面，控制面、新增功能面逐渐实现按需分布式部署，接入、连接、计算、数据、信任等要素走向分布式，通过将网络功能靠近用户源部署，分布式边缘网络支持完成快速的连接控制、区域智能和流量疏导，与集中网络功能构成协同控制体系，共同完成鉴权认证、移动性管理以及智能任务的协同等。在分布式边缘网络之间，通过对等协作或者集中控制的方式，协同保障服务的连续性和高质量。未来网络可通过分布式账本、服务网格等分布式、云原生技术，实现中心网络与各分布式边缘网络的服务协同。如引入服务网格理念，将网络功能的业务逻辑和非业务逻辑分开，由服务访问代理完成非业务逻辑功能，NF 可以通过服务访问代理机制实现分布式服务的注册、发现和调用，降低 NF 的信令组网能力要求，隐藏内部网络拓扑结构，聚焦业务功能，在保障隐私、满足溯源需求情况下提供服务。另外，通过分布式技术和信任框架（如分布式账本），每个网络部署一个分布式节点，可以在一点数据更新后实现多个网络快速统一更新，避免单点故障，并且可以保障协同过程的公开透明和真实可信，实现网络间的可信认证、信息共享，提高跨域场景下的服务注册和发现的可靠性、可用性与灵活性，在未来特定场景下具备很好的应用价值。

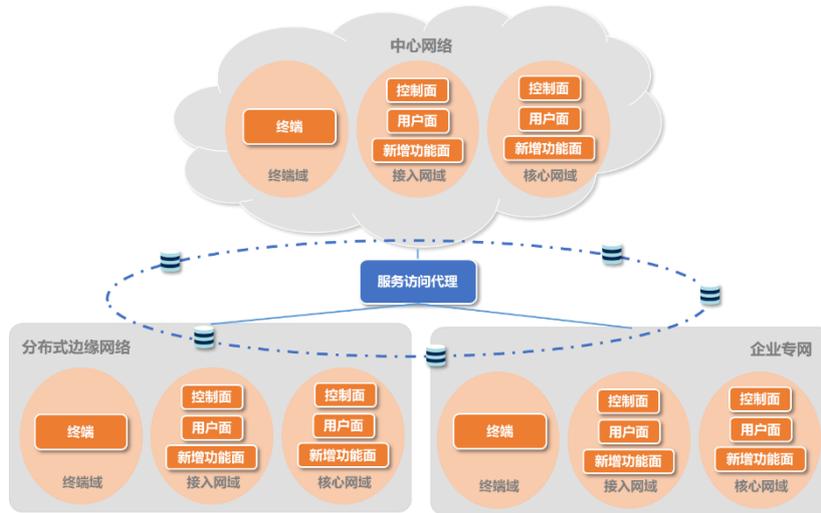


图 4 分层分布式网络示意图

2.4 场景定制，提升网络灵活性

未来,应用场景将越来越多样化,面向垂直行业场景,行业用户普遍需要定制化的产品,同一行业场景的需求存在相似之处,不同行业场景的需求差异较大^[3]。现有 ToB 网络仍然沿用 ToC 集中规模部署的设计方式,通过将多个行业 NF 融合打包预部署,面向企业用户数从数十到数万不等场景,网元仍然比较厚重,且无法满足行业快速的功能迭代需要。同时,面向特定行业场景,不能通过定制化的产品来满足需求,无法对网络功能进行灵活按需裁剪。当前,5G 核心网通过支持云化部署、引入 SBA 服务化架构,从而具备了一定的 IT 敏捷特性,加速了新业务上线速度。通过 RESTful 接口屏蔽复杂协议,方便第三方应用快速集成电信服务能力实现应用创新,助力运营商打造创新生态系统。服务化设计带来了一定的灵活性,同时也存在新增 NF 数量过多、NF 之间关系紧耦合等问题,此外,这种 NF 增量式设计,间接带来网络组网复杂度的问题,以及异厂家接口之间互操作工作,导致 5G 网络上线部署慢,并且每新增一个服务(例如 5G LAN)/NF(例如 NWDAF)都会涉及现有多个 NF 功能扩展和接口交互,因此对未来网络高效、灵活适配场景需求带来了一定的难度。

面向灵活适配场景的需求,未来网络将构建支持场景定制的分布式核心网,实现个性化极简网络,打破现有的网络功能边界,改变以 NF 为服务集合的设计模式,围绕具体的业务场景需求定制不同特性和规模的核心网,以匹配未来企业柔性生产的需要。未来场景定制化网络可能有两种模式:一种是通过通用定制化的网络模板来适配差异化场景需求,网络模板标准化且可复用,适合需求较为固定的大规模行业和场景需求;另一种是通过灵活按需裁剪网络功能来适配特定场景需求,这需要对现有网络功能进行重构,对非必要的网络功能进行裁剪,适合较为个性化的场景需求。

对于场景定制化的分布式网络,本白皮书认为需要从场景需求的精准感知、网络的全面服务化及功能重构、高效的编排调度等三个方面进行实现。网络进一步服务化、模块化和智

能化，对业务需求进行精准分析、建模和快速响应，建立业务需求的正反馈机制；网络服务化的范围做进一步扩展，从终端、无线接入网、边缘计算甚至业务网络，都可以按需向服务化方式演进，此外，现有网络功能有必要进行重构，同时支持在特定需求场景对非必要的网络功能进行裁剪，提升网络的灵活性与柔性；在编排方面，对分布式算力、分布式网络和分布式应用进行端到端、统一高效的一体化编排管理和动态调度，满足特定场景定制化分布式边缘网络的需求。此外，场景定制化的网络和公共网络相互之间可以进行互通，网络根据不同的业务需求，将用户迁移到不同网络，或者将用户请求路由到不同网络来获取相应的服务。

场景定制化的一种实现方式是围绕用户数据为中心设计，从 NF 互联提供新功能的架构向以用户数据为中心，开放新功能接口，对于新增功能标准定义接口数据格式，不需要新增 NF，可以大幅降低传统不同 NF 间的信令交互量，即兼顾了服务化的灵活性，同时规避 NF 增量式不可持续的缺陷。通过构建核心网 on-line DIY 的能力，实现企业自助和按需编排部署，满足根据特定行业需求构建极致轻量化的核心网。一方面通过产业界共同努力推动实现 ToB 原子服务的标准化，另一方面提升核心网在线可编程的能力，并对第三方企业开放，提升版本快速迭代的能力。

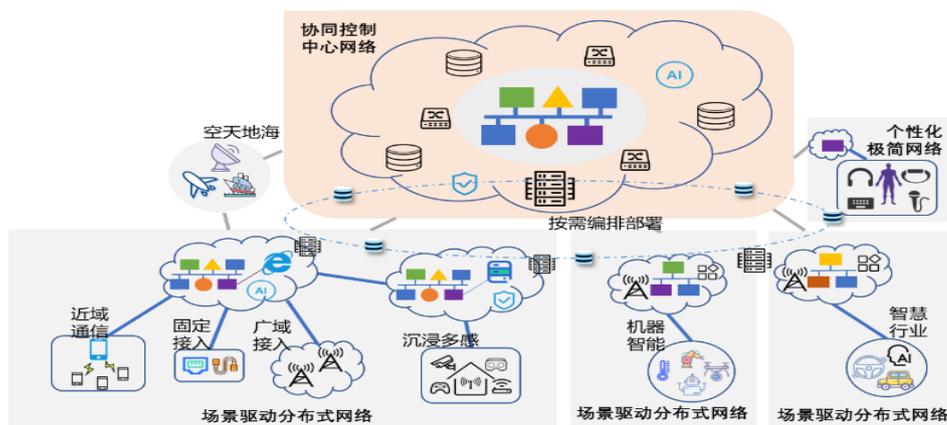


图 5 场景定制的分布式网络示意图

2.5 网络智能，提升网络智能化

目前网络中的 AI 大部分是采用外挂叠加式 AI 工具解决，针对具体的问题引入具体的 AI 模型，一般采用线下做模型训练，线上推理，网元直接采用推理的结果辅助决策，网络不感知 AI 业务，不为 AI 业务分配连接、计算、数据和模型等资源，其旨在通过 AI 提升网络自身的性能、效率和用户体验。在 5G 时代，3GPP 初次引入 NWDAF 等智能化网元，在核心网为 AI 提供多种支撑能力，使得 AI 数据收集、模型训练/推理等过程效率更高、更实时；同时，3GPP 还开展了 AI 服务的感知及保障研究，初步具备了网络 AI 的支撑能力，但仍然存在众多局限性。例如对实现 AI 能力涉及的要素资源（算力、连接、算法、数据等）如何进行编排、管理和控制，尚无统一框架，无法满足未来网络中 AI 智能无处不在的愿景；另外，目前网络中引入的 AI 主要用于网络自身的优化，无法对外提供 AIaaS 服务。因此，未来网络要进一步摆脱管道化，可考虑利用无处不在的移动连接对外提供触手可及的 AI 服务。

为实现智能内生目标，未来移动网络需进一步支持感知 AI 业务，提供分布式 AI 智能能力，支持 AI 任务的连接建立、数据收集、数据处理、模型训练，模型推理、模型评估等完整运行流程；同时构建 AIaaS 服务，为 AI 服务需求者提供数据、算法、模型或完整的 AI 服务。



图 6 分布式智能协同体系框架

一种云网边端跨域跨层协同的分布式智能协同体系框架如上图所示，网络中各域、各层的网络功能都具备智能感知能力和简单的智能分析能力，智能控制层实现各域内、各层内的智能协同的同时，也实现跨域、跨层的智能协同，并通过智能服务层向网络内部或外部提供各类 AI 能力。

智能控制层是分布式智能协同体系框架中的核心层，而跨层跨域协同则是实现网络 AI 服务的重要条件。完整的网络智能服务涉及数据感知和处理、模型训练、模型评估、推理及决策等多个环节，未来网络的不同层、不同域、不同节点的节点在数据、资源、功能等方面均存在差异，因此，各节点之间的跨层跨域协同需从以下方面实现：

- **数据/知识协同**：为了提供端到端的 AI 服务分析，往往需要跨域、跨节点的数据或知识，例如从其他 AI 节点获取数据用于本 AI 节点的模型训练或推理，对于相似 AI 服务需求，直接利用其他 AI 节点储备的知识等；数据/知识协同应根据场景需求考虑数据异构、数据/知识传递产生的通信开销等问题。
- **模型训练协同**：主要包括模型共享和协同学习，在模型共享方面，各层各域的 AI

节点之间可进行模型共享,可根据场景或数据等方面的差异针对性进行模型的再训练,从而提升模型训练的效率;在协同学习方面,可利用联邦学习、迁移学习、多智能体强化学习等分布式学习方法;模型训练协同需要考虑模型的准确性、训练的时效性等。

- 推理和决策协同: 跨域 AI 节点之间主要考虑推理和决策的建议,例如核心网域 AI 向应用域提供用于 AI 训练的训练成员、相关的 QoS 策略等建议; 域内各层 AI 节点之间则可支持更深入的协作,例如直接给出决策等; 推理和决策协同需要考虑推理和决策相关知识的储备及运用,通过反馈和闭环机制提升决策的准确性等。
- 算力协同: 各域在算力资源方面存在差异,一般情况下,终端和无线域算力可能相对较弱,核心网域、管理域、应用域算力较强; 同样,域内各 AI 节点因能力需求和所处位置等不同,算力资源也会有所不同。在模型训练和推理时,算力丰富的域或节点可将资源调配给算力较弱的域或节点; 算力协同需要考虑监控资源使用的动态变化、不同需求的算力预测和评估等问题。

另外,实现网络智能内生,还需要进一步增强端到端 AI 任务的编排管理能力,支持网络 AI 完整生命周期管理,实现 AI 任务和资源(计算、连接、数据和算法)的编排、管理和调度等能力。同时为更好地保障网络 AI QoS,需要从连接、算力、算法、数据等多个维度综合评估网络 AI 的服务质量。建立网络 AI 的安全信任机制,除了典型的运营商信任模式之外,还需要提供去中心化的多方信任机制,保障分布式网络 AI 涉及的用户、AN、CN、应用等多方安全信任。最终实现对外提供 AIaaS 服务的目标,其中网络的数据、算力、算法模型或完整的 AI 服务都支持对外开放,提供统一接口供各方 AI 服务需求者调用。

2.6 算网融合，提供连接计算融合服务

为了实现移动网络向垂直行业的渗透，5G 一方面持续地对连接进行增强，通过引入网络切片、CUPS、TSN、URLLC 等垂直行业使能技术，以达到高品质的网络连接；另一方面首次将对边缘计算的支持能力视为移动网络系统的重要能力要求，通过 5G 和边缘计算集成以满足更多的行业应用需求。

5G 从以人为主的通信走向人机交互，进一步朝向机机交互演进，未来要达到人、机、物、虚四元融合，除了在连接和算力侧持续增强，还需进一步加强两者之间的融合，以达到网融万业的愿景，实现云网融合^[4]目标。以智慧车联网、无人机编队、协作机器人、元宇宙等为代表的新兴场景，不再局限于连接或算力单方面的增强，需要同时实现确定性连接+分布式算力的一体化泛在调度，以更好的使能未来新型算网敏感业务，从而进一步增强网络的粘性。

因此移动网络领域有必要实现算网深度融合，核心网作为移动网络的神经中枢，在一定的区域范围内，针对实时类的业务，同时要求高性能的算力，需要进行增强以实现算网一体化的编排管理，并对外提供灵活的算力服务感知与路由能力，打破传统方案的层间、域间壁垒，提升网络与边缘计算平台、边缘业务间的感知协同和互操作能力。在动态按需的创建确定性连接的基础上，将应用算法实时卸载到就近的符合要求的边缘算力节点，达到数据的高效、实时处理。将分散的算力联成网可做活边缘算力的微循环，发挥边缘算力规模效应，推动算力服务全面升级和产业数字化转型。^[5]

通过移动网络能力升级，构建算网一体化编排管理域，以实现对移动网络范围内的泛在算力资源的感知，包括第三方算力资源，以丰富运营商移动网络领域的算力资源节点，避免边缘算力的重复建设，利用网络/边缘计算/应用端到端的一体化协同编排管理技术，实现算

网业务的一体化快速开通。算网一体化编排管理基于端到端服务化架构体系设计和功能重构，实现边缘网络的端到端按需定制。当需求输入后，编排管理域需求分解模块对需求进行分解，形成接入网需求，核心网需求，以及边缘平台需求。按需编排模块按照上述需求进行架构设计，完成应用、业务平台、核心网、接入网的实例化。通过一体化的编排，结合上述功能重构，弱化了网络功能的既有划分，以及应用与网络的界限。

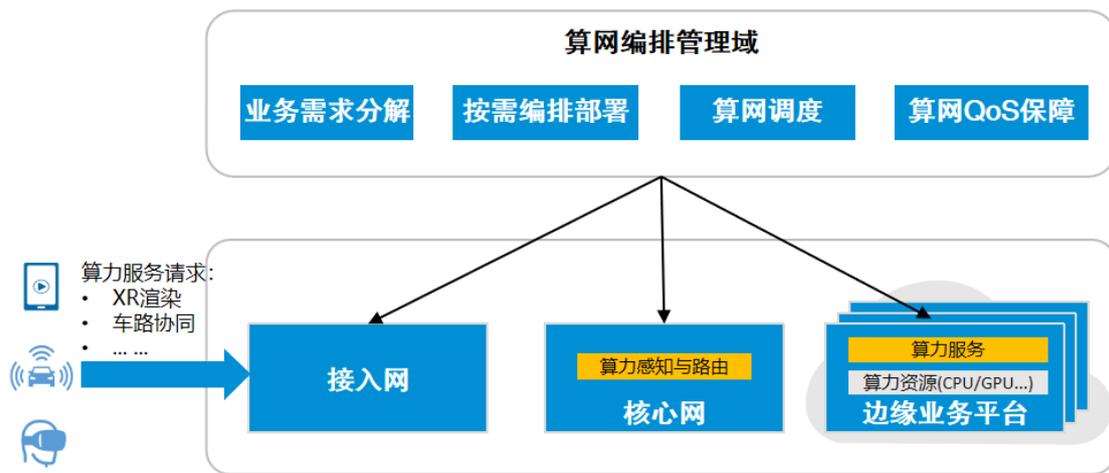


图 7 算网一体化编排管理图

进一步的，为达到泛在智能计算，核心网需要加强对算力服务感知，在一段时间内，两种方式可能并存，一种方式是基于现有的控制面协商机制之上，进一步加强网络侧和应用侧协同；另一种方式是构建新一代核心网感知型用户面，引入算力服务路由的能力。针对后者，变革现有用户面基于 IP 数据包转发的工作方式。通过核心网感知型用户面能够对 UE 请求的算力服务进行精准的感知，在识别到具体的算网 QoS 指标之后，结合移动网络域内的算力资源负载、网络状况、算力使用成本、碳足迹等多维因素，进行计算任务的灵活调度，将用户服务请求统一分发到临近用户的不同规模的分布式算力节点，如边缘、超边缘等，实现面向未来元宇宙、智慧车联网等场景下的新型分布式边缘网络。

2.7 应用使能，提升网络服务能力

展望未来业务体系对移动网络的要求，有量和质两方面的变化，量体现在移动网络承载的业务越来越丰富，类型也越来越多，从语音、文本到丰富多彩的多媒体音视频，从人联网、物联网到触觉互联网、工业互联网，无所不及；这体现在业务需求差异及范围越来越大，指标要求越来越严苛，如：优质体验的 XR 业务需要 G 级的带宽，超低时延高可靠工业控制业务要求时延小于 1ms、可靠性达 99.9999%；有些业务甚至要求多个指标均达到极致，如感知协作机器人医疗类业务要求时延小于 1ms、可靠性达 99.999999%。

未来移动网络要支持泛在的应用，特别是极致的应用，要求网络与业务融会贯通，网络需要更加敏捷、智能和开放，除了以开放的方式进一步提供 NaaS 服务，还需要提供更多的渠道和公共服务，实现网络和应用相互感知和协同，实现用户/应用的体验最优化和网络价值的最大化。这样一种协同的环境，需要在未来核心网架构演进设计中予以充分考虑。因此，在未来核心网架构中，应考虑引入应用使能层，通过网络与业务的边界重构，构建“端网业”协同联动的闭环保障系统，打造极致的业务体验。

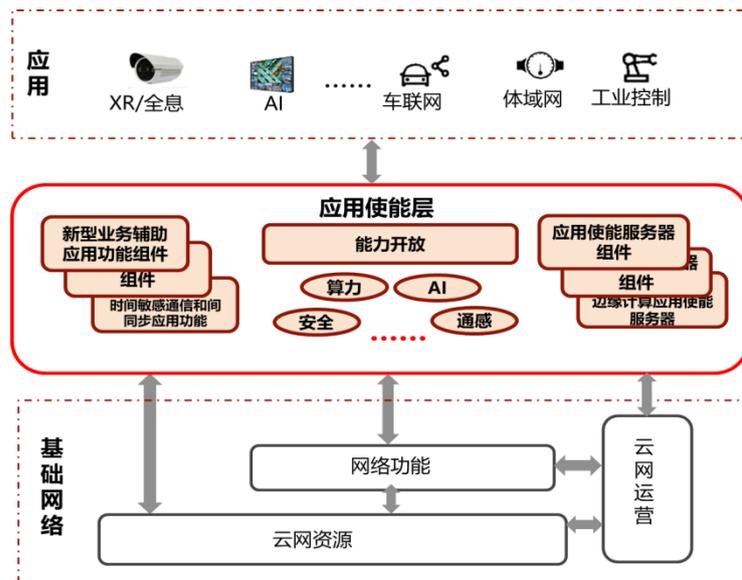


图 8 未来移动核心网应用使能框架

未来网络的应用使能层构建了基础网络与应用之间的桥梁（见上图），成为应用和网络协同的内生能力，从应用使能的视角描绘了网络架构。应用使能层与基础网络的任何服务化功能均可交互，从而收集和封装各个层级的可开放服务化能力。网络应用使能层包括网络能力开放、应用层使能服务器组件、新型业务辅助应用功能组件等。

- 网络能力开放提供传统网络开放和智能、算力、通感等新型能力的开放环境。未来移动网络将提供更加灵活的网络能力开放手段，如本地开放，用户面开放、组合式或嵌套式开放、多方协同开放等；能力开放将提供多方供给的共享环境，配套合适的激励机制，通过提供灵活动态的注册机制，实现能力的随愿发布和按需调用；能力开放将以友好的服务化接口提供服务，并得益于网络内生智能和内生安全的全程保障。
- 应用层使能服务器组件，将应用层的一些通用性的服务能力，包括应用注册和发现，应用层多路径支持、应用重定位触发、应用层的数据分析支持能力等，引入到网络中作为网络提供的公共服务；这类服务提供了除能力开放的 API 方式外的一种新型的流程组合式服务手段。所谓流程组合式服务，是指这些组件可以按照统一的应用使能框架和流程，在应用的具体实现过程中提供一些通用的应用层服务，以减少网络感知业务需求的代价并简化网络实现，如：应用使能层收纳边缘应用使能服务器，实现边缘服务器发现和应用上下文迁移；或者，使用确定性通信的应用使能服务器实现应用层的多连接冗余传输。
- 新型业务辅助应用功能是未来网络提供了新的业务能力后，为了兼容传统网络（固网、互联网、行业专网等）提供这些服务的方式，避免应用侧的调整，或者避免网络因这些个性化需求进行太多的改造，从而构建的某些适配能力，典型的类似 5G 中辅助 TSN AF 管理端侧和计算时间同步误差，保障 5G 网络提供时间敏感类通信

的时间敏感通信和时间同步应用功能；这些功能本质上是应用层的功能，但在核心网中引入，主要目标是将应用需求适配为网络语义，辅助网络控制实施调度，以更好满足业务需求。

由此，未来核心网的应用使能，将打造出一种赋予了丰富内涵和外延的网络服务和能力开放环境。网络通过统一的应用使能框架，将分散在网络内部或周边的功能引擎、网络能力进行汇聚，用规程化或友好调用的方式提供给应用方，重构网络与应用的边界，从统筹、协同的视角实现应用和网络更为深入的协同。

2.8 虚实多感，提供全新业务体验

未来网络将从音视频通信，逐步向 XR 通信、元宇宙演进。在未来的网络中，除基本的视觉和听觉外，触觉、嗅觉和味觉等其它感官的信息传递也将成为通信的关键要素，例如：体感游戏，全息沉浸式会议等。这不仅仅需要更大的传输带宽，还对通信网络提出了更高的要求。首先，触觉、听觉、视觉等不同感官信息的传输需要具有高度的一致性与协调性。如果视觉、听觉、触觉、嗅觉等数据各自独立传输，没有进行有效的协同传输，容易导致人体认知不协调、体验较差。其次，网络的 QoS 保障机制需要细分至帧级^[6]。当前保障以 QoS 流为粒度，没有识别媒体帧间的依赖关系，当网络拥塞时，分组丢弃是随机的，容易丢弃重要的数据帧，而且，相互依赖的分组可能一部分传递，一部分丢弃，不能保证所有相互依赖的分组作为一个整体进行传递，从而导致客户端无法正确的解码，浪费无线资源，而且更容易导致视频卡顿、不清晰等。

因此，6G 网络需要有效识别多维感知数据，能够感知帧级粒度的业务数据，为实现帧级 QoS 保障提供基础；同时，6G 网络还需要能够协同终端、网络、传输和业务，实现视、听、触等多维感知数据的端到端协同传输，保障多感通信的一致性体验。此外，还可以进行精准的 SLA/QoE 测量，在测量的基础上，对多维感知数据的上下行传输进行优化调度和

E2E 闭环保障，实现更优化的业务保障效果。

其中，对 XR、元宇宙等多维感知数据，例如渲染视频、动作指令等，可以结合 AI 技术实现对多维数据进行帧级别细粒度的识别和分析，分析帧的特征，识别帧间的依赖关系以及帧的重要程度。对于相互依赖的帧，可以作为一个整体进行传输，以便保障该整体数据的传输保障，避免个别数据的传输异常导致整个数据无效；对于重要的视频帧，如 I 帧进行高优先级调度，以保障视频的流畅性、清晰性。

此外，多维感知的数据可能来自于多个不同传感终端，因此还可能涉及多个终端之间的相互认证和管理，可以采用分布式认证相关的技术（如区块链）实现，确保关联终端之间的相互可信。

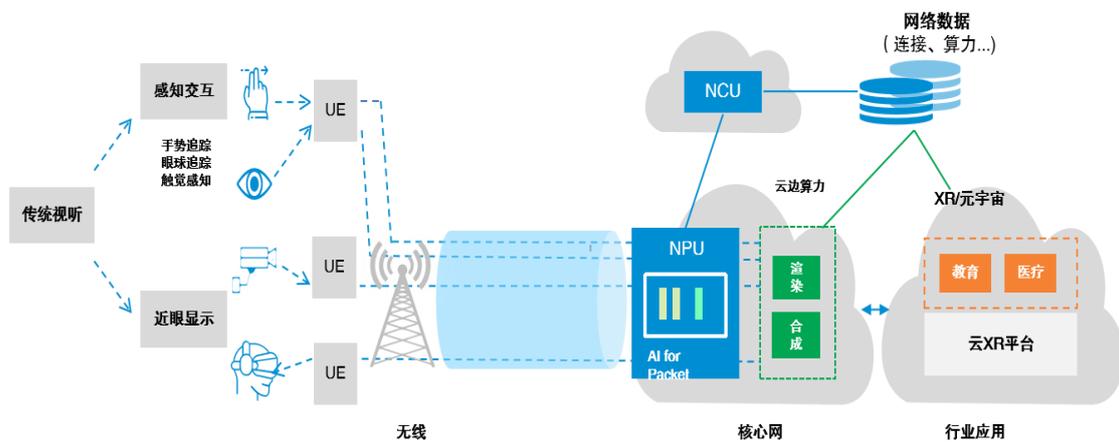


图 9 未来多维感知通信示意图

3 总结与展望

本白皮书系统化分析了 5G 核心网当前的现状及增强需求，对核心网演进的相关目标、方案和关键技术进行了有益的探索，提出了未来核心网演进的八大趋势，为核心网的下一阶段演进提供参考。

在架构方面，核心网将沿着分布式、云原生方向继续演进，增加全域网络覆盖，实现场景定制，满足网络可靠性和灵活性的诉求。在技术方面，核心网能力将在网络智能、算网融合、虚实多感三个方面持续增强，重构网络与业务边界。

未来网络架构和关键技术的研究还处于探索阶段，核心网是系统中的核心枢纽和中控大脑，随着未来网络架构和关键技术研究的深入，核心网架构在进一步详细设计和实现机制方面还有诸多尚待研究、尚未形成共识的方面。有待于进一步研究和讨论，并将作为下一阶段的研究重点。

参考文献

- [1] CNCF TUG. Telco challenges drivers. 2019.
- [2] 中国电信研究院. 6G 愿景与技术白皮书[R].2022.
- [3] IMT-2030(6G)推进组. 6G 分布式网络技术的应用场景及需求研究[R].2022.
- [4] 中国电信.云网融合 2030 技术白皮书[R]. 2020.
- [5] 王卫斌. 算力成网为数字经济注入新动能[J], 中兴通讯技术, 2022,9:4-7.
- [6] 3GPP TR 23.700-60. Study on XR (Extended Reality) and media services[R]. 3GPP, 2022

缩略语

英文缩写	英文全称	中文解释
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
5G	5th Generation Mobile Communication Technology	第五代移动通信技术
AF	Application Function	应用功能
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AIaaS	AI as a Service	智能即服务
AN	Access Network	接入网
API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
AR	Augmented Reality	增强现实
ATG	Air To Ground	空对地
CN	Core Network	核心网
CNCF	Cloud Native Computing Foundation	云原生计算基金会
CP	Control Plane	控制面
CUPS	Control and User Plane Separation	控制面和用户面分离
D2D	Device-to-Device	设备到设备
DLT	Distributed ledger Technology	分布式账本技术
eMBB	Enhanced Mobile Broadband	增强移动宽带
IT	Internet Technology	互联网技术
IP	Internet Protocol	网际互连协议
LAN	Local Area Network	局域网
MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
mMTC	Massive Machine Type Communication	海量大连接
NaaS	Network as a Service	网络即服务
NF	Network Function	网络功能
NCU	Network Control Unit	网络控制
NDU	Network Packet Unit	网络数据单元
NRF	Network Repository Function	网络存储功能
NWDAF	Network Data Analytics Function	网络数据分析功能
QoE	Quality of Experience	体验质量
QoS	Quality of Service	服务质量
RAN	Radio Access Network	无线接入网
SBA	Service-Based Architecture	服务化架构

SLA	Service Level Agreement	服务级别协议
ToB/2B	To Business	面向企业
ToC/2C	To Consumer	面向用户
TSN	Time-Sensitive Networking	时间敏感网络
UE	User Equipment	用户设备
UP	User Plane	用户面
URLLC	Ultra-Reliable Low-Latency Communications	低时延高可靠通信
VR	Virtual Reality	虚拟现实
XR	Extended Reality	扩展现实

中兴通讯版权所有

转载、编摘或利用其他方式使用本白皮书的全部或部分内容的，应注明来源
违反上述声明者，著作权方将追究其相关法律责任

ZTE中兴 中兴通讯股份有限公司
ZTE CORPORATION

地址：深圳市高新科技园科技南路中兴通讯大厦

邮政编码：518057

电话：+86-755-26770000 传真：+86-755-26771999 网址：www.zte.com.cn

