



中国联通 CUBE-Net 3.0 : 5G 确定性服务质量保障体系白皮书

2021 年 9 月

目 录

1	引言.....	1
2	业务场景和需求	3
2.1	典型业务	3
2.2	服务需求	4
3	现状和目标	5
3.1	现状.....	5
3.2	目标.....	7
4	体系架构和关键能力.....	11
4.1	网络资源层	12
4.2	业务感知层	13
4.3	应用服务层	15
4.4	服务保障能力	17
5	总结展望.....	19

5G 确定性服务质量保障体系白皮书

1 引言

作为新一轮科技革命和产业变革的主导力量，信息通信产业正潜移默化地改变着经济社会的发展模式和人们的生产生活方式。4G 带动了移动互联网的爆发。5G 在大幅提升传统消费互联网业务体验的同时，其低时延、大带宽、广连接的优势将使能各行各业，催生大量新兴业务场景和应用。随着与以 MEC (Multi-access Edge Computing, 多接入边缘计算)、AI (Artificial Intelligence, 人工智能)、云原生、区块链等为代表的 ICT (Information and Communications Technology, 信息与通信技术) 技术持续融合创新和广泛应用，5G 将进一步加速全社会数字化转型。

工信部等十部门印发了《5G 应用“扬帆”行动计划(2021-2023 年)》，明确提出构建行业虚拟专网，加强确定性网络等面向行业需求的增强技术标准研究，加快创新技术和应用向标准化转化。面向垂直行业用户，网络除提供基本的连接能力外，服务和产品属性强化，网络定位转型，NaaS (Network as a Service, 网络即服务) 成为趋势。作为新基建龙头和行业数字化转型的重要基础设施，提供确定性的连接+计算+定制服务已成为 5G 促进安全高效生产、使能美好便捷生活以及打造智慧稳定社会的基础。

2021 年，中国联通发布 CUBE-Net 3.0 新型数字基础设施计划，提出了全面推动网络从提供“尽力而为”的连接向提供内生确定性服务转变的理念。本白皮书进一步提出了构建 5G 确定性服务质量保障体系的目标和愿景。我们认为 5G 确定性服务保障体系应当包含四个层面：

- 提供确定和稳定的带宽、时延、可靠性、安全隔离等多维度连接保障的确定性网络能力；
- 提供网络和业务高度协同感知，从而实现性能实时监控、评估反馈以及反向决策优化的确定性业务能力；
- 提供快速业务订购与自动建模，从而实现高效满足各行业不同应用场景的确定性应用服务能力；

- 提供网络和业务的快速部署实施，用户故障、运维管理等快速响应的确定性服务保障能力。

本白皮书针对每个层面涉及的相关技术及演进策略进行了阐述，以推动 5G 确定性网络和业务能力的加速落地和应用。这是业界首次提出 5G 确定性服务质量保障体系的概念，希望能够引起行业的共同深入思考，加速推进 5G 全面应用，赋能千行百业。

2 业务场景和需求

2.1 典型业务

随着产业互联网的蓬勃发展，行业数字化的快速推进，业务的整体发展趋势以及对 5G 网络能力的要求逐渐清晰：

- **AR(Augmented Reality, 增强现实)/VR(Virtual Reality, 虚拟现实)、4K/8K 以及云游戏等大视频业务已成为未来几年的基础业务**

视频编解码、成像和屏显等技术不断发展和成熟，视频业务将朝着超高清、强交互的方向发展，衍生出 4K/8K 视频、云 VR、云游戏、多视角等丰富的业务形态。同时，机器视觉质检、AR/VR 辅助装配、远程视频指导等将在工业互联网、智慧园区、智慧医疗等垂直行业中广泛应用，辅助提升生产效率。为提供高质量的用户体验，网络需保障超过 100Mbps 甚至高达 200Mbps 以上的上行速率，高达 1Gbps 的下行速率。时延、抖动和误码率也成为制约体验的关键因素。例如，强交互 VR 类业务要求 MTP (Motion to Photon, 动显延迟) 低于 20ms，可靠性达 99.99% 以避免晕动。实时互动云游戏要求网络传输 RTT (Round-Trip Time, 往返时延) 小于 17ms，时延抖动接近 0ms 以避免卡顿和花屏。

- **智能制造、车联网等为代表的行业应用场景对 5G 网络能力提出更严苛要求**
5G 向垂直行业渗透，智能制造、工业控制和车联网是非常典型的场景，涉及 AR 协作、工业 PLC (Programmable Logic Controller, 可编程逻辑控制器)、云化 AGV (Automated Guided Vehicle, 自动导航车) 以及编队行驶等多种复杂应用，这些应用对带宽、时延、抖动、可靠性和定位精度等有着多维度综合能力要求且较为极致。例如，多路 AR 协作工作要求超过 50Mbps 甚至 200Mbps 以上的上行带宽、低于 10ms 的端到端网络时延；电网继电保护、工业 PLC 控制等行业核心业务应用明确提出低于 100us 级的时延抖动、高于 99.999% (甚至 99.9999%) 的网络可靠性保障能力；无人机、云化 AGV 等场景除了带宽、时延和移动性，也对定位能力提出小于 0.5m 级 (甚至 0.1m 级) 的精度要求。

提供确定、稳定、可靠的基础网络连接已成为 5G 服务于千行百业的基本要求。5G 结合 UPF 下沉、边缘计算、网络切片等设计已可以向部分业务提供能力保障，但目前仍然受限，大部分试点业务都较为单一，且停留在视频监控、车间

巡检和物资管理等对网络性能要求不高的外围应用和非核心生产环节应用。5G 仍需不断提升网络能力以满足更高的确定性连接需求。

2.2 服务需求

除了确定的连接性能保障要求，垂直行业对运营商 5G 网络提出了更多服务属性的要求，包括：

- **多业务“差异化”质量保障**

垂直行业业务多样，差异大。网络需要在接入不同业务类型时，提供差异化的业务质量保障能力。为满足车联网、智能电网等广域和局域场景同时存在的业务需求，5G 网络需要针对相同用户在不同业务场景时，提供多种确定性业务质量保障手段。

- **数据不出园区、安全可靠保障**

资源隔离、本地部署、分权分域管理等是工业互联网、医疗健康等行业用户提出的严苛要求。大部分用户都提出各种隔离度的要求，同时对网络长期运行的可靠性和快速恢复能力要求极高，并提出了网断不能影响生产、不能引起安全事故等要求。

- **自服务自管理服务能力保障**

行业用户对定制化、自主性和运维管理都有诉求。运营商需要基于基础网络 and 平台，提供灵活的二次鉴权、对讲等定制功能的快速集成能力。同时，能够提供友好的运营管理系统，并通过接口开放部分自定义、按需设计的能力，使得用户可以根据业务需求快速进行上线部署、编排管理以及卡号管理等。

基于以上考虑，我们认为构建 5G 确定性服务质量保障体系应当从网络层面、业务层面、应用服务层面到服务保障层面进行全方位再思考。本白皮书对各维度目前现状和存在不足进行了分析，提出了 5G 端到端确定性服务质量保障体系的目标和愿景，给出了体系架构和建设各层关键能力的技术发展趋势。

3 现状和目标

3.1 现状

为用户提供 5G 确定性服务质量保障，当前仍处于起步阶段，在网络层面、业务层面、应用服务层面和服务保障层面均存在不足。

(1) 网络层面：网络各域确定性网络技术发展不均衡，缺乏动态跨域协同机制，端到端网络管理和及时响应能力不足；多业务复杂接入和移动场景下确定性性能保障机制不足。

无线网、承载网和核心网的确定性能力独立演进，5G 网络切片在一定程度上提供了端到端协同能力，但基本为固定经验配置，缺乏实现端到端实时协同感知和响应机制，确定性保障策略无法自动快速精准地分解到各网域并实现统一的资源调度和能力适配。统一管理平台部署位置较高，一方面动态决策响应时延大，另一方面随着业务逐步向地市、区县甚至用户园区下沉，管理平台难以对本地/局域确定性业务进行快速实时保障，需要设计网络数据采集分析和资源编排调度的分级管理架构。不同周期性、突发性、数据包大小的业务同时传输，无线网确定性能力将成为瓶颈，目前动态预调度和资源预留机制、多业务并发抢占机制等有待增强。在移动场景下 0 时延切换机制、面向分布式云的快速业务寻址机制等均不完善。

(2) 业务层面：不同业务指标间差异大、缺乏业务质量指标体系的统一定义、业务和网络之间协同感知不足。

行业应用业务类别及指标需求呈现差异化和多样化。国内外标准组织和产业联盟为此制定了 5G 切片业务分级体系、行业业务分级体系、端到端网络 KPI 指标要求等，但尚未形成业内统一共识，导致行业用户和运营商之间指标理解有差异，难以为网络设计及业务质量保障提供准确的参考与依据。此外，业务需求指标与网络指标的映射与转换方法差异较大，没有统一的模板。

网络对业务的测量反馈和感知能力设计不足，数据采集时间周期长、可统计的 QoS (Quality of Service, 服务质量) 参数单一、业务特性统计粒度粗，难以为不同网域的协同提供更精准参考。目前数据采集主要以月/周/天为周期，网络性能统计则通常基于小区/业务类型等粒度，不能满足业务测量和感知需求，

需要增强逐包采集能力、更细粒度（如小时级/分钟级）准实时上报能力；3GPP R16 中引入了 QoS Monitoring 机制，定义了 UE 到接入网及核心网的时延指标，但缺乏终端侧和业务侧的测量感知，未定义带宽、可靠性等维度的指标；对特定终端和应用的确定性业务需求能力感知不足，导致难以及时跟踪业务的不稳定和抖动。此外，由于终端能力受限，目前无法支持多种业务颗粒度（如基于 AppID/FQDN（Fully Qualified Domain Name，完全合格的域名）/IP 三元组/定制 DNN（Data Network Name，数据网络名称）等）的切片服务能力，对实现端到端业务识别和感知存在影响。

（3）应用服务层面：可定制、可视化和自动化能力不足，能力开放机制不健全。

当前运营商的网络设计主要面向消费者市场，网络资源统一配置，仅对少量典型行业用户及业务提供定制服务。随着 5G 在垂直行业的大规模应用，原有设计难以匹配行业用户灵活差异化的行业应用需求。行业用户希望能够对网络部署、接入方式、终端权限、网络资源、网络性能等进行定制，例如保障行业专用业务与公众业务进行安全隔离，保障重点业务的高优先级等。

现阶段的网络可视化主要是以网管的形式监控网络 KPI 指标，系统庞大、专业性强，对行业用户而言不够直观友好，同时缺乏网络指标与业务指标的关联映射体系，无法实现对网络性能和业务质量的关联动态监控，无法面向用户提供业务的可感知、可测量、可监控、可评估能力。此外，大部分业务开通和网络运维仍是人工操作，自动化能力不足，无法满足行业用户业务随时快速上线和简化运维的诉求。在网络数据及权限管理层面，目前网络缺乏能力开放机制，用户无法实现自主管理和维护。

（4）服务保障层面：缺乏统一定义的服务 SLA（Service-Level Agreement，服务等级协议）体系，服务能力建设不足

行业用户业务种类多，组网方式差异化、可靠性要求高，部分业务严格要求不中断，且对故障敏感，恢复时限有严苛的要求。因此配套的服务保障模式需要从被动响应到主动预防转变，通过远程接入通道验证、关键网元数据备份检查、关键网元容灾有效性测试、网络拓扑更新、共性风险预警等多种手段，快速闭环

共性问题；不断积累故障专家经验，通过多渠道智能协作与自服务，0 小时备件自提服务等多种手段，逐渐降低人工介入需求，实现智能感知和故障自愈。

综上，构建 5G 确定性服务质量保障体系仍面临诸多挑战。随着各类行业用户确定性需求逐步明确，在遵循现有 5G 技术标准的前提下，需要对 5G 确定性服务质量保障体系的架构进行再设计，来匹配多样化和差异化的应用场景。

3.2 目标

5G 端到端确定性服务质量保障的目标和愿景是：以用户和业务需求为导向，通过对网络资源进行准确评估、动态规划、快速部署、全生命周期监控和优化，实现共享或专属网络资源分配，从而提供由多维度指标描述的确定性网络能力，同时结合高效标准的运营维护 SLA 体系，向用户提供高质量保障的 5G 服务。

5G 端到端确定性服务质量保障体系包含下图所示 4 大能力维度：



图 1：5G 确定性服务质量保障体系

首先明确 5G 确定性服务质量保障体系的几个关键概念：

- ◇ 网络确定性 KPI (Key Performance Indicator, 关键性能指标)：主要指端到端网络提供的服务性能关键确定性指标，如带宽、时延、可靠性、定位精度等；
- ◇ 业务确定性 KQI (Key Quality Indicator, 关键质量指标)：主要指业务层的确定性指标要求，如看门狗时间、丢帧率等；
- ◇ 服务确定性 SLA：主要指服务提供方对用户的服务等级承诺 SLA 体系。

5G 确定性服务质量保障体系需要从网络能力、业务感知、应用服务以及服务保障等多维度进行增强和相互协同，从而构建一体化确定性服务质量保障体系。下文对 5G 确定性服务质量保障体系各维度目标进行详述。

■ 确定性网络能力

实现确定性的网络能力是实现 5G 确定性服务质量保障的基础，主要包括域内确定性网络技术及域间协同、面向上层业务提供专属网络资源、实现端到端确定性网络 KPI 指标。

(1) 域内确定性网络技术及域间协同

开展 5G 无线网、承载网及核心网的确定性网络技术研究，在各网络域内分阶段根据业务需求提供确定性新技术，如 URLLC (Ultra Reliable and Low Latency Communications, 超高可靠低时延通信)，PRB (Physical Resource Block, 物理资源块) 动态预留、DetNet、TSN (Time Sensitive Network, 时间敏感网络)、5G LAN (Local Area Network, 局域网) 等。同时在各网络域之间基于业务诉求进行协同。从区域范围看，要提供广域和局域不同范围的确定性网络能力保障，满足工业园区、车联网、AR/VR 等业务的需求。此外，要支持多种类型业务的并发和确定性性能保障。

(2) 面向上层业务提供确定的专属网络资源

灵活组合应用多种确定性网络技术，匹配专属网络资源，可进一步提升确定性网络能力。专属网络资源主要指根据用户需求，网络各域提供的逻辑或物理隔离的资源，例如专享的无线频率资源、独立部署的核心网网元等，以满足用户数据可上大网/数据不出园区/数据及控制均不出园区等不同程度的安全隔离要求。基于这些“确定的”专属网络资源，以及上层业务 KQI，可实现到不同网络 KPI 指标的映射。

(3) 实现端到端确定性网络 KPI 指标

行业应用场景对 5G 网络的确定性指标要求高。很多行业应用的运行机制与网络传输性能密切联动。网络时延、抖动、超时丢包等不确定性都会被感知并记录，可能直接导致系统工作异常，触发对应的系统保护机制，如降速保护乃至停机。对于很多行业应用，特别是工业控制类应用，确定性的网络指标必须完全可

保障，而不只是预期可达成。对行业应用的网络指标需求进行分类，端到端确定性网络 KPI 指标可归纳如下：

指标维度	确定性网络 KPI 指标
时延确定性	可保证最大时延(概率最坏时延)@置信度
抖动确定性	可保证最大传输抖动@置信度
带宽确定性	可保障最小上行带宽@控制周期@置信度 可保障最小下行带宽@控制周期@置信度
定位确定性	水平定位精度 垂直定位精度 定位时延
可靠性可用性	网络和连接的可靠性和可用性
时钟同步	频率+时钟同步精度
安全确定性	接入安全：终端和网络双向认证机制 数据安全：数据可上大数据/数据不出园区/信令可不出园区等 管道安全：加密技术、防管理面/信令面攻击，防数据窃取
隔离度	切片资源隔离度：共享/不共享/部分共享 逻辑隔离：QoS/软切片隔离（如专属 NSSAI/DNN/VPN/VLAN 等） 物理隔离：硬切片隔离，专属物理资源，如 RB 资源/FlexE 传输资源/专属 UPF/MEC 网元/专属 VNF 等

■ 确定性业务感知

确定性业务感知的目标是识别业务特性，并提供端到端业务性能实时监控、评估反馈、决策优化及配置下发的能力。

（1）业务指标测量上报和精准实时感知。

不同类型的业务差异大，具有明显的个性化特征。比如大视频业务多是连续的大数据包，对抖动相对不敏感；工业控制类业务多为周期性小数据包，对抖动和可靠性异常敏感。通过业务特性辨别和精准实时感知，选择上报个性化测量统计指标，可向上更加精准反馈业务数据传输情况，向下指导网络进行技术匹配和配置调优。

（2）智能实时演算及自动问题定位

根据获取的业务实时性能，比对业务需求保障目标。对已收集的多维度业务性能参数进行模型加载演算，及时发现不足和差距，自动开展问题定位分析，智能快速调整和优化网络。

■ 确定性应用服务

确定性应用服务的目标主要是实现快速业务订购与自动建模，高效满足各行业不同应用场景的确定性服务需求。为满足不同业务的诉求，基于确定性 SLA 参数体系对业务 KQI 体系进行重新梳理、归纳及建模，并实现从 KQI 体系到 5G 网

络 KPI 的映射。例如，电网差动保护场景对通道可用性 KQI 的要求是确保连续 5 个数据包传输成功的概率必须大于 99.9%。将该 KQI 转换为网络传输可靠性 KPI，即是在保障每个包传输时延<15ms 的情况下，其传输可靠性必须大于 99.99%。另外，确定性的应用服务还应提供网络和业务能力开放，实现与行业系统对接，便于用户进行调用，贯通端到端流程。

■ 确定性服务保障

为用户提供 5G 高质量服务，不仅与网络能力有关，还需保障配套服务。

(1) 面向行业用户的不同故障处理等级

行业用户对网络故障有明确的处理要求和保障机制要求，因此亟需建立统一的面向行业用户的故障处理等级体系，可按照故障影响和紧急程度分为：特别重大事故 (Critical)、重大事故 (High)、较大事故 (Medium)、一般故障 (Low)。针对不同级别的事件采用不同的解决事件时间和响应时间标准，保障高优先级业务故障及时处理。



图 2：故障事件的优先级

(2) 构建标准体系，实现标准化服务

确定性服务保障是确定性业务实现的基础，也是 SLA 的有力支撑和最后保障。确定性服务保障的主要角色和内容包括：

- 确定性服务保障团队：涉及运营商、设备供应商、企业用户等角色；
- 确定性服务保障内容：现场保障和远程代维等；

确定性服务保障要求运营商在寻求内外部协作上做出改变，对内优化部门间协同机制，对外探索与行业、设备供应商等的新合作模式。运营商需要加深与垂直行业、设备供应商、行业服务提供商的合作，逐步明确垂直行业对确定性服务保障的要求，构建统一的服务标准体系。

4 体系架构和关键能力

在第 3 章 5G 确定性服务质量保障体系的目标和愿景基础上，我们进一步提出 5G 确定性服务质量保障体系的体系架构和关键技术能力，如下图所示：

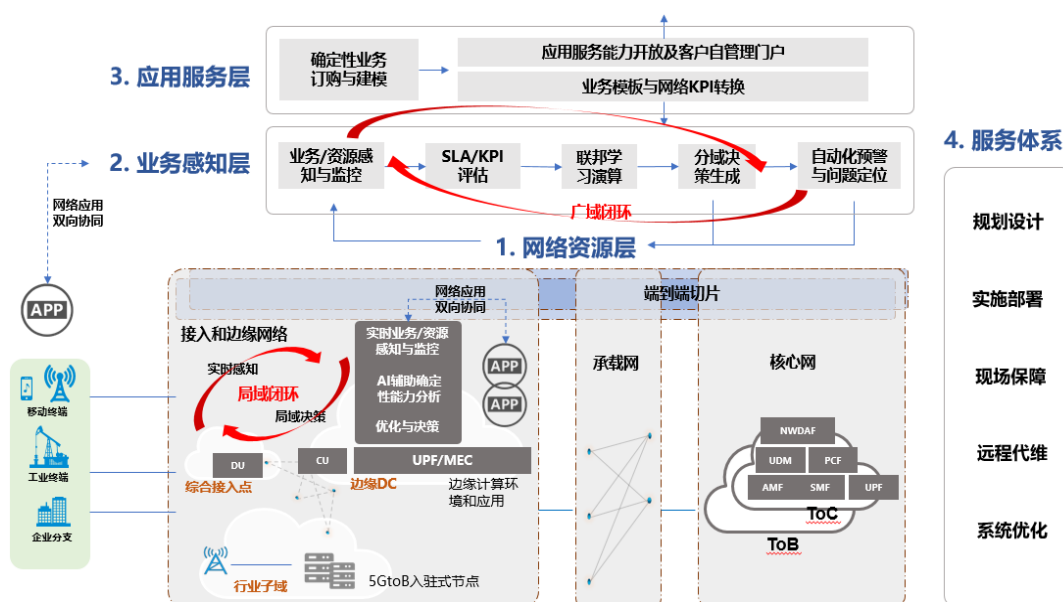


图 3：5G 确定性服务质量保障体系架构图

5G 确定性服务质量保障体系包含：具备确定性能力的网络，具备端到端测量感知及决策部署能力的业务感知系统，具备自动化业务订购建模和能力开放等能力的业务感知系统，以及确定性的服务保障。其中：

- 网络资源层通过引入 URLLC、高精度定位、双链路、网络切片、TSN 等确定性技术，并利用 NSMF（Network Slice Management Function，网络切片管理功能）、PCF（Policy Control Function，策略控制功能）、NWDAF（Network Data Analytics Function，网络数据分析功能）等，实现对网络资源的端到端管理、调度、策略实施，提供确定、稳定的网络能力。
- 业务感知层进行业务感知监控、SLA/KPI 评估反馈，引入 AI 等智能化手段实现资源自动调度、分域决策、生成下发配置参数以及故障定位定界，与网络资源层形成闭环机制，为用户提供确定性的业务体验。

- 应用服务层基于运营商提供的数字化运营平台，通过确定性业务订购与建模、业务 KQI 模板与网络 KPI 转换、网络能力开放等手段，向行业用户开放应用服务支撑系统部分能力，实现用户的自服务和自管理能力。
- 服务保障能力则是随着服务对象逐步由消费类用户向行业用户转变，运营商探索面向行业用户的创新合作和服务模式，设计配套分级的确定性服务保障方案，打造一体化的确定性服务质量保障体系。

本体系架构同时考虑了广域和局域的 5G 确定性服务质量保障闭环，以支持不同用户的部署需求和网络指标需求。为应对网络分布式发展趋势，需要在网络边缘/园区本地构建实现本地业务快速响应和网络自优化的闭环能力，并支持与广域闭环系统实时联动，从而做到体系统一、管理统一、体验统一，提升 5G 确定性服务质量保障能力。

4.1 网络资源层

基于 CUBE-Net3.0 整体架构，现有网络将逐步演进增强端到端确定性服务能力，向行业客户提供可管可控和安全可靠的确定性网络能力，形成确定性服务质量保障的“底座”。

(1) 各网络域确定性能力增强

- 无线网

无线空口的不可预测性是确定性网络保障的主要瓶颈。在网络切片设计中，无线网可基于 RB、部分频段资源、全频段的资源维度进行专有网络资源的保障和隔离；对于基本时延和带宽保障需求，可通过 URLLC、上行增强等手段，实现基本时延和带宽保障；对于高度时延敏感业务，可通过核心网传输 TSCAI (Time Sensitive Communication Assistance Information, 时间敏感通信辅助信息) 协助无线资源调度。

对于部分本地业务，UPF 和 MEC 将下沉至网络边缘，无线网对业务性能的影响将更加突出。通过 AI/大数据技术设计局域业务感知闭环体系，针对实时性要求极高的业务，进行频谱资源统一编排管理、预留和预调度，实现空口资源和业务的紧密协同。

- 核心网

核心网需要引入更细粒度和更多指标类型的 QoS Monitoring 机制，增强网络的多维度感知能力；通过利用 5G LAN 和 5G TSN 技术，满足工业超高确定性以太网传输要求；引入 NWDAF、AI 技术进行业务画像、网络性能分析预测，优化 UPF 业务路径、QoS 决策等。通过基于切片的虚拟专网方案、部分网元（UPF/MEC）下沉的混合专网方案、以及 5G 核心网全下沉的专网方案，可为行业用户提供分级的安全数据隔离和数据隐私保护服务，使运营商能够更加灵活地从局域、广域不同地域范围支持行业用户业务需求。

- 承载网

相比无线网和核心网，承载网对于确定性网络的支持相对成熟，可选择 FlexE、SRv6、DetNet 以及确定性 IP 等技术，提高网络的确定性能力；通过随流检测技术，业务流感知等手段可以精细上报业务的丢包率与时延等信息；通过 AI 智能路径调优，可以动态进行流量调度，提升资源利用率，为差异化的业务 SLA 灵活提供保障。

（2）跨域的网络协同管理能力

网络层需要具备分层跨域的协同管控能力。由于无线空口易于受到外部环境干扰，可能存在较大抖动和不确定性，需要从管控层面与核心网、承载网等形成动态协同管理机制进行联合抖动补偿。将切片分层管理架构以及 NFV MANO 虚拟化资源管理架构作为确定性网络所需的端到端跨域管理能力的实现基础，进一步完善分级的跨域网络管理能力。同时，在管控层面引入 AI 技术，提升网络自动化管理编排能力，如自动部署、资源预留以及主动优化等，提升网络自动化、智能化水平，打造跨域快速协同的网络管控能力。

4.2 业务感知层

业务感知层实现全局业务及资源的感知，分析网络路径规划，生成全局及各域的决策配置并下发，为广域、局域及定制网络提供性能保障。

在边缘网络的局域闭环包括面向本地实时业务流的网络性能指标收集、业务信息感知、评估分析与管控，形成局域内网络资源优化决策。广域闭环包括全域数据及资源现状收集，通过智能分析与决策实现广域范围内各网域的资源配置和

优化；同时局域闭环的决策也会实时向广域闭环的感知决策中心反馈，保持整网的协同一致。

分级的业务感知层在现有基础上需增强以下功能特性：

(1) 业务/资源感知与监控

• 感知方法和精度提升

现有业务感知方法主要有两种，一是通过 QoS 参数了解业务的基本属性，二是通过切片 ID 了解该业务采用的切片具备何种特性。由于行业应用的多样性及差异性，要想全面、精准的感知业务特性，并进行相应的控制，需要对现有的感知技术及方法进行增强。例如构建网络与应用、终端之间的双向感知机制，外部数据网络与运营商网络之间的双向感知机制，使得网络更好地匹配业务属性和指标需求。网络一方面感知应用信息，另一方面可主动要求应用报送部分关键信息。网络还应具备多数据流关联感知的能力。网络通过理解应用发送的业务特征，进行网络与应用的数据发包行为匹配“协同”，从而提升各节点的调度效率，降低无效的调度等待，保持稳定的时延。例如通过对视频关键帧的检测，与终端进行协同，从而实现关键帧的错峰发送，提升网络实际能力和业务体验。

• 各网域协同配合

统一业务感知平台收集各网域实时上报数据并贯通全局感知结果，通过联邦学习等机制进行数据路径的选择与动态调整。比如，通过核心网对于业务特性的感知，按需配置无线侧采取多连接方式，保证空口传输可靠性，协同采用承载网随流检测，及时发现网络链路 QoS 的变化并进行动态路径选择，保证传输路径最优，从而实现端到端可靠性提升。

(2) KPI 评估

5G 网络目前 KPI 统计周期较长，且采用平均值上报的机制，难以满足工业应用毫秒级工作周期要求。因此，需要改进现有涉及时延、带宽、抖动等基础指标的数据采集统计机制，实现精确测量上报和度量，并且根据业务需求，实现不同周期粒度（如周级/日级/小时级/分钟级）的监控可视。同时，业务可根据网络层的测量度量结果调整如数据包缓存大小、编解码机制等，优化业务体验。

(3) 智能化技术

网络走向智能化已成为势不可挡的趋势。在端到端业务感知、数据推演，问题定位等方面，AI 可发挥重要作用。借助大数据及 AI 技术，边缘网络的局域闭环系统可与全域系统进行联邦学习和模型训练，实现高效的网络资源配置和性能优化；依托知识图谱，将电信语料库及专家经验与 AI 相结合，设备可识别、搜索和定位电信领域特有问题的描述，提供指标评估及故障预警等方面更专业的描述。借助 AI 技术，网络能够更加高效、精准的保证多样化、差异化的行业应用。

(4) 分域决策和配置生成

网络 KPI 指标与业务能够获取的网络保障直接相关，如无线承载等级、核心网业务流 QoS 等级、承载网业务流 QoS 等级以及传输路径等。确定性网络 KPI 指标保障需根据网络 KPI 指标需求和各网域的资源实时使用情况，通过推理获取各网域应该匹配的网络资源模型，并将决策结果发送给不同网域进行配置，同时不断更新配置，动态实时保障业务体验。例如，编排器根据网络 KPI 需求，选择匹配的预置切片网络模型，推理获取或创建与网络 KPI 最佳匹配的子切片实例来构建业务所需的端到端切片网络，实现网络 KPI 确定性保障。其中切片 KPI 指标需求与切片网络模型的匹配关系可以通过大数据和 AI 学习，实现最佳的推理决策。

(5) 自动化预警与问题定位

通过对网络 KPI 指标的分段及整体实时监控，结合各网域的实时资源配置情况，通过 AI 分析，提前预判可能出现的问题，及时进行策略及配置调整。在指标偏离较大或即将达到阈值时，通过事件触发机制，进行详细定位，并快速响应及调整资源策略。

4.3 应用服务层

应用服务层对业务 KQI 进行梳理建模，制定业务 KQI 模板，实现确定性业务的信息录入及订购。通过业务模板与网络 KPI 转换模块，实现从业务模型到网络参数的映射。同时提供简洁实用的用户自服务门户，行业用户可对网络性能进行实时监控，对网络进行配置修改，实现业务质量可视化。

(1) 业务订购与建模

行业用户和通信服务提供商共同梳理业务与 5G 网络依赖关系，细化与网络服务有关的业务 KQI。对业务 KQI 指标进行分析和建模，基于确定性网络能力，

构建确定性业务 KQI 基础模板。同时，行业用户也可自定义基础模板，录入业务 KQI 指标用于订购。

(2) 业务模板与网络 KPI 转换

通信服务提供商需要将业务 KQI 映射为网络 KPI。因为业务场景需求不同，业务 KQI 本身有着不同的定义和内涵，导致不同的业务 KQI 与相应网络 KPI 的转换关系有差异，下面以两个典型业务场景为例进行分析和说明。

案例 1: 电网差动保护业务 KQI 与网络 KPI 的映射关系

在智能电网的差动保护业务中，为防止误操作，应用基于连续 5 次的采样数据作为一个判断周期。对一个周期内通道可用性要求为 99.9% (KQI)。下表描述了一个周期内应用层不同采样成功次数，对单次网络传输可靠性 KPI 的要求。从数值来看，KPI 要求比 KQI 要求严格。

KQI	应用层 连续采样成功发送次数	相相对于网络的 单次网络传输可靠性要求
通道可用性大于 99.9%	1 次	99.9%
	2 次	99.95%
	3 次	99.97%
	4 次	99.98%
	5 次	99.99%

案例 2: 工业控制中, Survival Time 影响业务 KQI 与网络 KPI 的映射关系。

在工厂自动化、智能电网等自动控制场景下，针对如运动控制、移动机器人以及 Control to Control 等应用，定义了 Survival Time 参数，即当应用没有收到预期信号时，仍可持续运行的时间长度。如超出该时间仍未收到预期信号，为防止造成对人员、设备、环境的影响，应用停机。3GPP 22.104 中定义了 CSA (Communication Service Availability, 通信业务可用度) 指标，设定当时延超过目标时延与存活时间之和时，通信服务被认定为不可用。下表说明了当存活时间等于最大允许可传输时延时，CSA 可用度 KQI 与传输可靠性 KPI 的映射关系。从数值来看，KPI 要求低于 KQI。

通信业务可用度 (KQI)	对应的单次网络传输可靠性概率 (KPI)
99.999 9 %	99.9 %
99.999 999 %	99.99 %
99.999 999 99 %	99.999 %
99.9999 999 9 %	99.999 9 %
99.999 999 999 999 %	99.999 99%

(3) 网络能力开放

确定性网络应具有灵活开放的用户自服务、自管理门户,使得行业用户可以动态、灵活、实时对其所使用网络的性能指标、网络资源和功能集合进行自主操作和选择。管理人员可通过门户直接操作,或通过系统平台之间的对接实现自动化操作。同时,网络应具有对行业用户提出的要求快速进行评估、反馈、实施和保障的能力。

通过建立确定性能力开放平台,实现网络及业务可管、可视、可控,满足企业用户自运营、自运维以及终端管理等自服务需求;监控多种业务 KQI 指标(如视频回传/PLC 远控/预测预防/AI 质检等);分钟级业务故障发现(如故障发现 <1 分钟,故障定界 <30 分钟)。且支持企业子管理系统下沉部署到企业园区内部,满足企业本地化管理要求。

指标维度	确定性指标
设计与定义	业务特征、业务质量指标需求可配置: 在线全自助、部分委托运营商 拓扑: 运营商完成、在线自助 资源评估与设计: 运营商完成、在线自助 业务质量指标在线实时仿真: 运营商完成、在线自助
编排部署与开通	配置网络: 运营商完成、在线自助
业务质量指标可视	业务质量指标可视: 实时(秒级)、准实时(分钟级)
维护管理	告警可视 告警根因自动分析 故障预测

4.4 服务保障能力

(1) 服务保障团队

运营商监控运维中心、现场驻场团队或代维团队、网络设备及终端设备应用供应商技术支持团队,共同构建整体运维团队,支撑确定性业务维护作业。

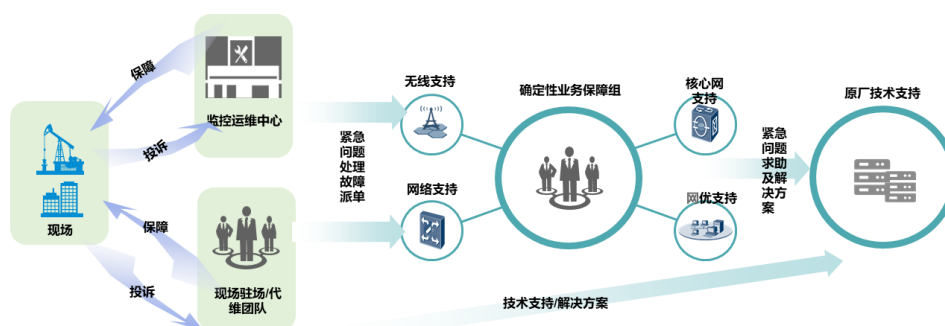


图 4: 服务保障流程构想

（2）服务保障机制

服务保障机制包含现场保障场景和远程代维。现场保障场景适用于针对法定节假日、产线调整、高层视察、地质灾害等重大事件，提供定制化专项保障方案，确保业务稳定运行，涉及规划设计、实施部署、现场保障。远程代维应当包含主动维护服务、备件无人管理服务、维保数字化等。

未来将进一步继续围绕服务结果的可度量指标、保密承诺、服务内容指标化等方面持续优化，以期为用户提供最优质的服务保障。

5 总结展望

服务质量保障是通信行业永恒的话题。5G 国际标准的每个版本都在不断提出新的演进技术以确保网络能够提供更好的服务质量保障。随着 5G 在垂直行业中广泛应用，网络能力和服务保障要求都将更加明确，驱动和引导我们不断建设更加完善的 5G 确定性服务质量保障体系。

从网络能力看，当前 5G 网络主要提供大带宽业务服务。随着 URLLC、TSN、DetNet、新的感知度量机制等增强技术逐步引入，各网域协同能力逐渐增强，确定性网络体系架构逐渐明晰，5G 网络将逐步实现从局域确定性到广域确定性的拓展，从确定性能力低到确定性能力高的跨越，能够提供更加确定、稳定的网络保障，支持更加广泛的行业应用。当前 5G 网络仍采用手动配置方式，自动化和智能化方案有待成熟。同时，业界也在积极探索更加体系化的服务响应保障机制，全力构建更加标准化的服务保障方案。

技术进步无止境，在不断的发展中肯定会有新的技术方案能够提供更高效的服务质量保障，但其基础研究方法和框架具有稳定性和长期适用性，仍可为从业者提供技术策略方面的参考。期待产业界通力合作，协同配合，不断将 5G 端到端确定性服务质量保障能力推向更高水平。

联合编写单位及作者

中国联合网络通信有限公司研究院：唐雄燕、王友祥、黄蓉、张雪贝、刘珊、韩政鑫、黄倩、杨文聪、贾雪琴、李先达

中国联合网络通信有限公司广东省分公司：陈孟尝、莫俊彬、潘桂新、刘惜吾、王笃炎、李文彬

华为技术有限公司：乔雷，伍勇，阮韬，张亮，靳炜，吕百尧，陆烽

中兴通讯股份有限公司：刘金龙、武向军、金友兴、刘爱华、费腾、张轶卿