

# 面向6G的QoS新体系架构

## Discussion and Prospect of New QoS Architecture Mechanism of 6G

# 机制探讨和展望

薛妍<sup>1,2</sup>, 谢峰<sup>1,2</sup>, 杨立<sup>1,2</sup> (1. 移动网络和移动多媒体技术国家重点实验室, 广东深圳518055; 2. 中兴通讯股份有限公司, 广东深圳518055)

Xue Yan<sup>1,2</sup>, Xie Feng<sup>1,2</sup>, Yang Li<sup>1,2</sup> (1. State Key Laboratory of Mobile Network and Mobile Multimedia Technology, Shenzhen 518055, China; 2. ZTE Corporation, Shenzhen 518055, China)

### 摘要:

6G网络不仅对通信服务进行了增强,还将融合感知、计算、智能和可信等多业务领域提供综合服务。当前5G QoS体系架构和机制无法支撑未来6G网络综合服务保障,6G需要更广义的QoS新体系。通过对当前QoS局限和未来QoS设计新目标分析,提出了QoS新体系下的项目化运作、架构分级和多管控主体等设计范式,并且阐述了AI和数字孪生可作为新工具协助QoS设计的优化验证。

### Abstract:

6G networks not only enhance communication service, but also integrate multiple domains such as communication, sensing, computing, intelligence, and trust to provide comprehensive services. Current 5G QoS system can not support the comprehensive service guarantee of 6G network, and 6G requires a new and more generic QoS framework. By analyzing current QoS limitations and the new goals of future QoS design, it introduces the QoS design paradigm such as project-oriented operation, hierarchical architecture and multi-agent control. Furthermore, it demonstrates that AI and digital twins can serve as new tools to assist in optimizing and verifying QoS design.

### Keywords:

6G network; QoS framework; Generic QoS; Work chain

### 关键词:

6G网络; QoS体系; 广义QoS; 工作链

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2023.05.001

文章编号: 1007-3043(2023)05-0001-06

中图分类号: TN915

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 薛妍, 谢峰, 杨立. 面向6G的QoS新体系架构机制探讨和展望[J]. 邮电设计技术, 2023(5): 1-6.

## 0 引言

随着网络生态的延伸和网络技术的发展,网络业务越来越丰富,多元化的业务需要服务质量(QoS)体系机制来提供差异化的服务保障。4G系统的QoS机理<sup>[1]</sup>是核心网完全管控以及承载一对一映射。4G QoS的基本粒度是EPS承载,相同承载上的所有数据流将获得相同的QoS保障(如调度策略、缓冲队列管理、链路层配置等),不同的QoS保障采用不同类型的EPS承

载。4G QoS架构存在QoS管控颗粒度粗、信令开销大以及QoS管控交互过程长等问题,对突发性业务、综合类业务不够友好。在5G NR中,针对上述问题采取了一些改进措施。如图1所示,5G QoS架构<sup>[2]</sup>使用PDU会话提供用户面端到端的连接管理,基本颗粒度细化为QoS flow,并且使用非接入层(Non-Access-stratum, NAS)level和接入层(Access-stratum, AS)level 2步映射。对每个UE,核心网会建立1个或多个PDU session,在NAS level映射中,每个PDU session可包含多个QoS flow,每个QoS flow对应一组QoS参数。在AS level映射中,RAN根据核心网的QoS信息指导进行QoS flow到数据无线承载(Data Radio Bearer, DRB)的

基金项目: 国家重点研发计划(2020YFB1806700)

收稿日期: 2023-03-07

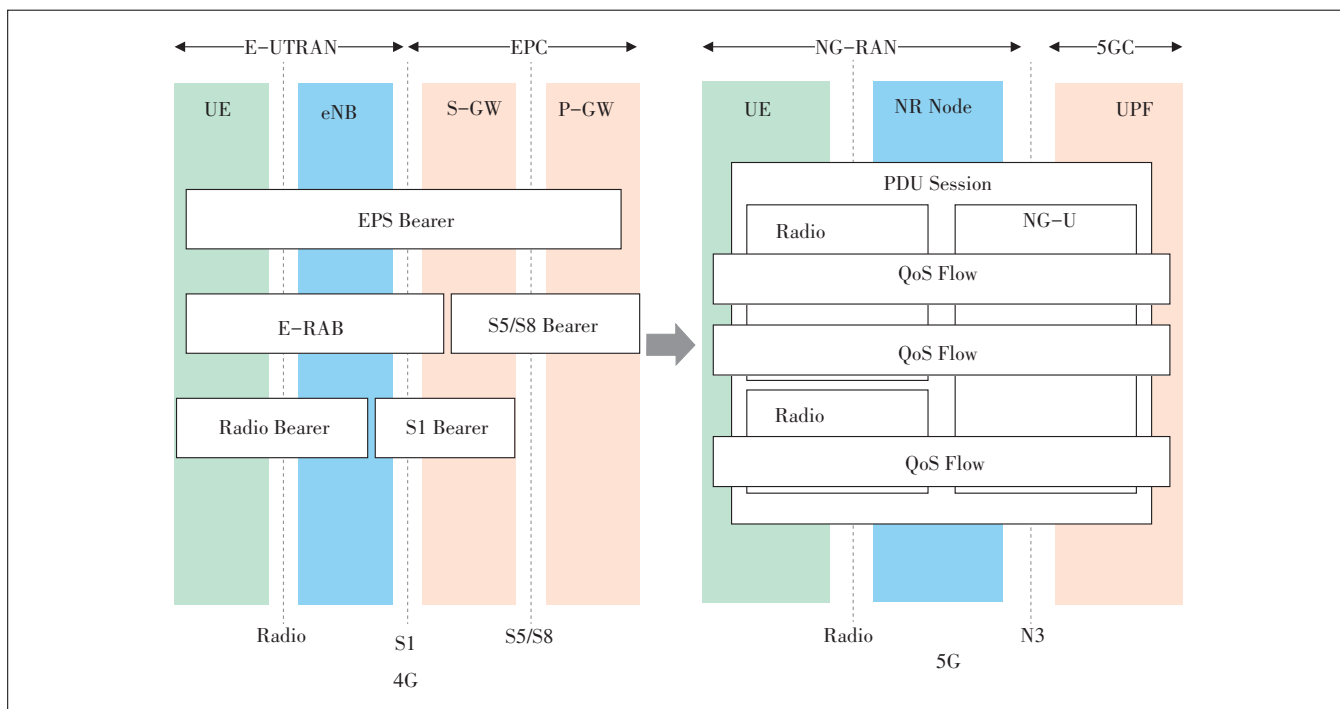


图1 QoS体系架构从4G到5G的演变

映射,这意味着相比4G QoS管控,5G QoS体系架构允许RAN有一定的自由度。5G QoS体系架构在一定程度上提升了对业务承载管控的灵活性和适配性。

随着5G商用化加速并向垂直行业拓展,越来越多的5G新应用催生了业界对未来6G网络的想象,5G QoS体系架构对日益丰富的业务需求应对乏力且短板凸显。业界预测6G网络将涌现出智能体交互、通信感知计算融合、多模态沉浸式体验等新业务,未来6G网络将会提供通信(通)、感知(感)、计算(算)、智能化(智)和安全可信并且可交易(信)的综合业务/服务。QoS作为业务服务质量保障的关键,不仅需要在通信方面上增强,而且还应该向其他领域拓展。为了提升通信业务体验,业界<sup>[3-4]</sup>认为应该在业务自适应空口变化方面进行QoS控制增强,以及需要通过探测感知、更灵活的机制和更细致的颗粒度等手段保证业务需求与实时空口相匹配。为了服务千差万别的应用场景,有效满足不同用户需求并保证个人用户体验(QoE),有团队<sup>[5]</sup>在网络智能架构中引入服务需求区间(Service Requirement Zone, SRZ)和用户满意率(User Satisfaction Ratio, USR)的概念,并提出使用集成了感知、存储、通信、计算、控制和AI算法等多种能力的多功能节点(mNode: multi-function Node)来进行个性化的QoS管控。在学术界,对具有全面感知、可靠传输和智能

处理特征的物联网场景,也有一些关于Web服务组合基于QoS进行通信、感知、计算一体化优化理论模型的探讨<sup>[5-9]</sup>。

目前,业界对6G需求、愿景和关键技术越来越聚焦<sup>[10-11]</sup>,也逐渐认识到未来QoS体系架构机制需要较大的革新。本文从6G QoS设计新目标、新范式、新工具3个方面来阐述对未来QoS新体系架构机制的构想。

## 1 未来QoS设计新目标

5G网络以通信连接为目的,其QoS架构和机制围绕通信会话连接来设计。6G网络提供泛在化服务,其QoS体系架构应该更加广义,相应地QoS设计的新目标也有待建立。笔者认为,未来QoS设计的新目标如图2所示,具体包括QoS体系跨层跨系统跨域打通、QoS架构灵活弹性、QoS机制平滑演进3个方向。

### 1.1 QoS体系跨层跨系统跨域全面打通

网络和业务应用的匹配需要QoS跨层打通。由于业务和网络属于不同层面,网络难以感知业务需求,业务难以感知网络能力。在5G网络中,QoS需求在核心网确定,而核心网不能及时获得接入网侧的资源情况、空口变化等实时情况,仅根据用户签约信息和业务需求来制定QoS策略和参数。这使得业务的QoS需

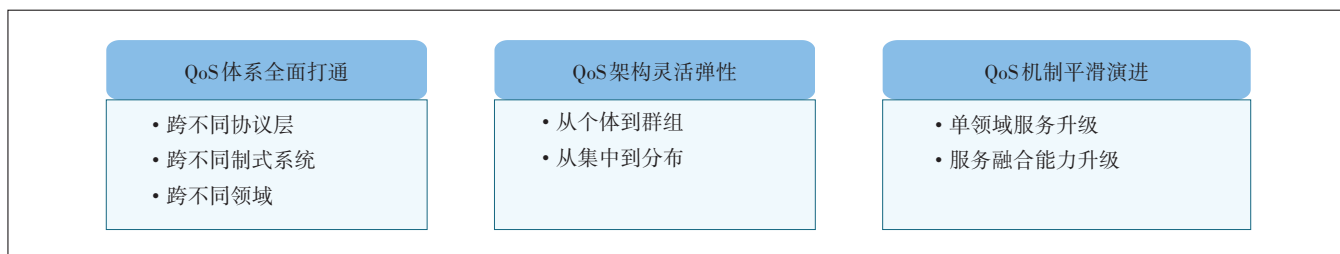


图2 6G QoS设计新目标

求和网络QoS能力无法匹配,进而造成业务体验不佳以及网络运行低效等问题。为了实现6G网业融合和动态自适应,QoS要支持跨层打通。

多系统协同共存需要QoS跨系统打通。各代际通信系统都有自己独特的QoS机制,如4G和5G系统有各自的QoS策略参数及承载映射方式。6G不仅是对5G网络的增强,还支持固移融合和多制式泛在接入。但不同系统之间缺乏相互信任、难以对QoS信息准确翻译等问题,导致对已有QoS信息的跨系统利用非常不充分。为了最大化发挥QoS交互的价值,QoS需要跨系统打通。

综合服务需要QoS跨领域打通。未来6G是深度融合通信、感知、计算、智能和信任各自强大功能和业务服务能力的新型系统<sup>[12-17]</sup>,但各领域特征迥异使得QoS指标参数和QoS策略有明显差异。如通信领域关注连接数、吞吐量、通信时延等通信能力指标以及对空口实时匹配的QoS策略;感知领域关注精度、分辨率等感知能力指标,有的场景对实时性要求不高;计算领域关注运算速度、缓存大小等计算能力指标且需要对算力高效利用;在信任领域关注共识达成的平均时间、确认延迟、每秒交易量(Transaction Per Second, TPS)、确认失败概率、容错率和开销等。为了提升6G业务体验,需要充分发挥各域优势,提供综合性服务,这需要QoS跨领域打通。

### 1.2 QoS体系架构灵活弹性

6G QoS体系架构要支持ToC(To Consumer)个体化和ToB(To Business)群组化需求。ToC的服务对象是普通消费者,需要考虑个人安全认证、业务体验和计费,在此基础上还要提升网络效率。ToB的服务对象是行业客户群体,需要考虑统一安全认证、定制化和极简可视化运维,另外还要考虑有些行业对成本能耗、确定性、可靠性和可用性要求高。可以看到,ToC QoS架构需要面向个体提供尽力而为的保障,ToB QoS架构需要面向群组提供精准的甚至是高确定性的保

障<sup>[18-19]</sup>。

QoS体系架构要支持集中式和分布式需求。对于传统通信业务,数据在单节点集中控制,而6G存在分布式控制的QoS质量保障需求,如多模态业务下多个基站不同数据流的同步传输;如AI分布式推理服务使用多节点联合进行算力、连接、算法、数据资源的协同和调配;如精准感知服务使用多基站联合感知提高定位精度和感知分辨率。因此,除了集中式机制,6G QoS管控还要支持分布式机制。

### 1.3 QoS机制平滑演进

QoS机制随着服务升级要能不断演进和增强。不断深化的智能化、多域融合研究使6G的服务能力不断提升,对应的QoS机制也应该不断增强和演进。以AI辅助网络为例:在初级阶段,AI主要通过历史数据使用智能算法辅助网络优化;在中级阶段AI能够智能感知网络运行情况及时调整网络策略;在高级阶段,AI具备认知能力,能够作为独立的智能体进行自主交互和自我进化。除了单域内存在分阶段问题,6G还需要考虑域间QoS交互以及通感算智信多业务目标联合下寻找QoS最优解的问题<sup>[20]</sup>。多域融合的不同发展阶段对QoS也有不同的要求。在第1阶段,要求保证通感算智信单域QoS下顺带实现其他域QoS服务保障。在第2阶段,要求兼顾各域需求来实现对通感算智信多域融合后的综合QoS最优解保证。6G服务能力的阶段性提升决定了6G QoS机制需要不断升级。为了减少对标准协议和产业应用的影响,6G QoS机制要能够平滑演进。

## 2 未来QoS设计新范式

6G广义QoS体系不仅为通信业务提供保障,还要拓展对通感算智信等领域的多业务服务能力。6G QoS体系架构并不是对每个领域服务的简单拼凑,而是需要对全领域进行有机管控以达到网络一体化的综合服务效果。基于项目化、分级化和多主体化3个

设计新范式,6G 广义QoS体系能够在兼顾各领域特点的同时,实现QoS管控一体化融合。

### 2.1 项目化

通信、感知、算力、AI、信任的领域性非常强,各自服务特性差别大<sup>[13-17]</sup>。6G QoS体系架构在跨域融合打通的同时,要考虑保留领域特色。广义QoS体系运用项目化管理运作方式,除了在整体上关注网络效率和网络价值,还能够让各领域保持高内聚、低耦合的关系。广义QoS体系使用工作链支撑项目运作和项目全生命周期管理,通过工作链编排在项目层面进行领域间的相互关联。如图3和图4所示,工作链编排过程如下:网络将每个领域提供的服务作为领域任务集,在任务集中挑选工作任务,对各领域挑选出来的工作任务明确任务执行关系和规则(如任务执行顺序、任务冲突解决、任务如何协作等),从而形成有序执行的工作链条。广义QoS体系使用项目化设计范式进行工作链编排,具有以下好处。

a) 全流程全价值链闭环。项目化管理运作可实现项目需求、交付、结算的完整闭环和全流程控制。广义QoS体系以ToC、ToB具体场景用例作为需求导入,使用意图、业务、用户、环境和场景作为广义感知引擎,驱动工作链编排和工作链上各任务有序执行,并根据任务反馈以及项目级效果/价值评估进行工作链编排的调整。

b) 从项目到任务全生命周期管理。广义QoS体系不仅有项目的全生命周期管理,还围绕项目需求对工作链上的每个工作任务进行全生命周期管理。在确保任务导向一致性的同时,通过任务的全生命周期管理提升任务执行效率并合理使用系统资源。在任务的全生命周期管理中,QoS管控各个部分都清晰透明,便于快速发现QoS效果不佳的问题和瓶颈,从而有针对性地对某个具体任务进行优化。对过多占用系统资源的任务,可根据项目需要下调任务优先级或提前结束任务。

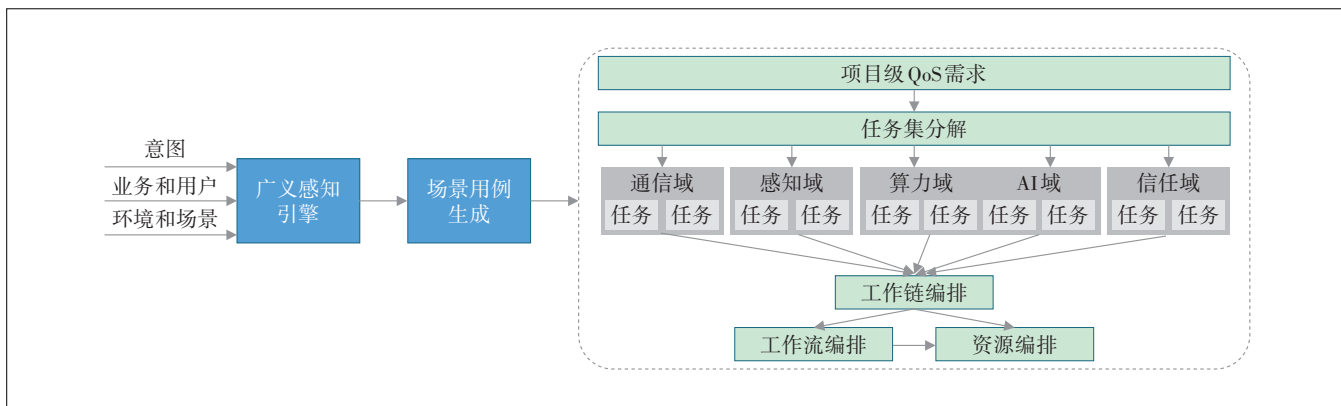


图3 6G 广义QoS体系项目化运作过程

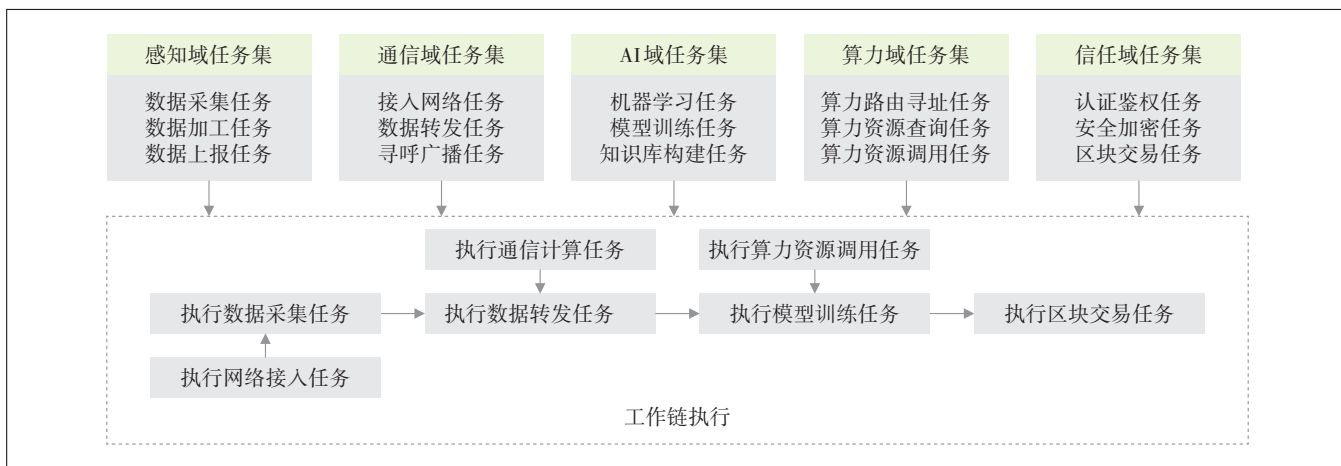


图4 6G 广义QoS工作链编排示例

c) 支持多类型 QoS 机制。任务编排使得工作链能够弹性伸缩,针对 ToC 和 ToB 具体用例可生成不同规模的工作链。在工作链编排中,可配置选取任务执行节点,支持单点和多点任务执行。不仅支持端到端业务,还支持如单基站环境感知的单端 QoS 管控业务。6G 广义 QoS 体系通过项目化管理,不同的工作链编排与具体的 QoS 机制相对应。各 QoS 机制相互之间不会影响,便于新的 QoS 机制的引入和各 QoS 机制的迭代进化。如 6G 初级阶段只进行通信、感知和算力的 QoS 管控,智能化技术成熟后只需要修改工作链编排方式就可轻松增加 AI 的 QoS 管控。

## 2.2 分级化

根据 QoS 的管控范围进行分级,广义 QoS 体系形成项目、领域、任务、组件的 QoS 多级架构。项目作为第 1 级,进行 QoS 整体管控,实现跨领域 QoS 管理;领域作为第 2 级,进行特征空间的业务集管理;任务作为第 3 级,负责具体的 QoS 工作执行,不同系统、制式下的 QoS 过程都可以作为具体任务编排进工作链;组件作为第 4 级,打破协议层的壁垒,根据任务需求从组件库中选择组件将组件编排成任务<sup>[21-23]</sup>。在对项目需求感知<sup>[24]</sup>后,可获得项目级整体 QoS 指标。如图 5 所示,自上而下,项目级 QoS 指标逐级拆解成领域级 QoS 指标、任务级 QoS 指标和组件级 QoS 指标;自下而上,任务基于组件级 QoS 挑选多个组件编排达成任务级 QoS 指标,领域基于任务级 QoS 指标挑选多个任务编排达成领域级 QoS 指标,项目基于领域级 QoS 最终实现整体

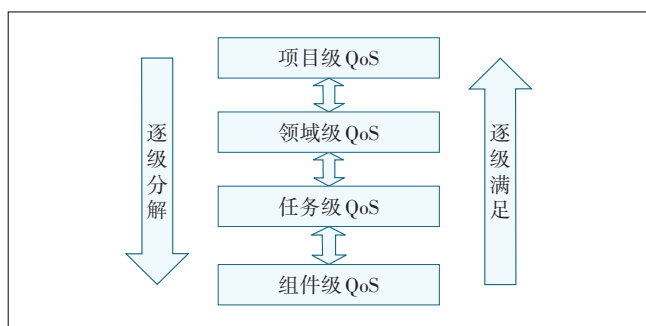


图 5 6G 广义 QoS 指标分级化

QoS 指标。

QoS 指标的逐级拆解和 QoS 实现的逐级满足,可为具体场景提供更有针对性、更个性化的 QoS 保证。如工业互联网的业务涉及通信、感知、算力、智能等多个领域,基于 QoS 指标分级进行工作链编排可以将各领域能力融合,一体协同服务保障高确定性。

## 2.3 多主体化

赋予不同网元主体一定的 QoS 自主权,可扩展 QoS 管控主体的种类。当前 5G 网络管控主体只有核心网,但如果基站、终端拥有部分 QoS 管控能力的话,网络中就会出现核心网、基站和终端 3 类主体视角。考虑到实际网络运行的安全管控需求,可通过核心网授权的方式赋予基站、终端等网络节点适当的管控权。需要看到,即使赋予的管控权有限,也会因为基站和终端这样的新管控主体而产生更丰富的 QoS 信息,形成更多 QoS 机制。以 QoS 上报权、修改权和定制权为例,可以看到多元管控主体在业务和空口自适应方面具有如下优点。

a) QoS 信息上报权。基站在业务开始前有权主动上报异常告警、空闲资源、无线环境等信息,能够使网络提早进行分布式 QoS 协商并合理分配任务,避免因突发故障、资源拥塞、环境恶劣造成 QoS 管控失效。另外,终端有权主动上报特殊业务的 QoS 需求,能够使基站及时对特殊业务提供专门保障。

b) QoS 策略参数修改权。当基站有修改权时,无需等待核心网发起新的 QoS 配置,基站可直接修改 QoS 参数配置。这种 QoS 控制短流程使 QoS 管控时延很小,保证了实时空口对有限资源的充分利用。如果网络能及时感知业务特征,基站对 QoS 的主动修改还能实现网络和业务的深度融合。

c) QoS 策略参数定制权。当基站有 QoS 定制权时,可在用户面业务数据中插入 QoS 个性化信息随路传输,实现个性化业务的灵活管控。另外,基站可定义 QoS 管控的多样化颗粒度,实现对不同业务在不同协议层的 QoS 精准管控。

## 3 未来 QoS 设计新工具

AI 和数字孪生技术发展迅猛,在网络设计、规划、建设、运营、维护和优化各个阶段都扮演着重要角色。由于 AI 和数字孪生建模可帮助网络进行可视化分析、智能化分析、精准建模验证和循环迭代寻优,因此在新技术筛选、设计周期缩短等方面颇具优势。笔者认为,AI 和数字孪生作为新工具,能够助力 6G QoS 新体系架构机制的设计。

基于 AI 的 QoS 智能调控。对数据包进行传输检测和智能分析,可以构建各层内部和层间的知识图谱,使得 QoS 策略、参数的选取不断向最优解逼近。将 AI 推理和知识图谱关联,可对网络和业务时空关联进

行挖掘,从而感知QoS需求的变化。根据QoS需求的变化,通过对QoS信息的发送周期、传递方式以及QoS管控颗粒的智能选择,还能够进行QoS实时动态的智能调控。

基于数字孪生的QoS寻优预验证。通过对物理网络实体进行孪生数字化,可形成物理网络与数字化网络间实时交互映射的数字孪生网络系统。在数字孪生网络中,核心网、基站、终端、承载网和应用等各方的策略需求以及行为动作都可以被观察。数字孪生建模使网络管理者了解到QoS动作的背后原因,数字孪生的预测分析帮助网络智能策略选择和策略优化。6G广义QoS体系设计可使用数字孪生技术进行方案优化和效果验证,如对各种QoS领域级指标分解方法进行效果验证;对QoS工作链进行智能编排和任务时序的智能调整;通过多种组合遍历来寻找最佳的任务执行节点、QoS参数取值、资源分配策略等。

## 4 结束语

6G新网络需要在增强原有通信的同时,提供感知、算力等多领域有质量保障的综合服务。为了支撑复杂多变的6G综合服务,本文系统地阐述了未来6G QoS设计的新目标,并且认为在新目标牵引下,应使用项目化、分级化和多主体化的新设计范式来构建广义QoS体系架构机制。同时,AI和数字孪生作为新工具,可协助QoS新体系架构机制的优化和验证。6G QoS体系架构内容庞杂,对6G网络架构影响大,需要细化的地方还很多,比如QoS流程制定、QoS机制与场景业务的适配、QoS数字孪生建模等。后续对6G QoS的研究还需要在上述多个方面进一步深化。

### 参考文献:

[1] 3GPP. End-to-end Quality of Service (QoS) concept and architecture: 3GPP TS 23.207 [S/OL]. [2023-01-09]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[2] 3GPP. System architecture for the 5G System(5GS): 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2023-01-09]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[3] 中国移动通信有限公司研究院. 2030+技术趋势白皮书[R/OL]. [2023-01-09]. <http://finance.sina.com.cn/tech/2021-02-09/doc-ikftpnny5877126.shtml>.

[4] 杨立,李大鹏. 网络切片在5G无线接入侧的动态实现和发展趋势[J]. 中兴通讯技术, 2019, 25(6): 8-18.

[5] YANG Y, MA M L, WU H Q, et al. 6G network AI architecture for everyone-centric customized services [J/OL]. IEEE Network: 1-10. (2022-07-25) [2023-01-09]. <https://ieeexplore.ieee.org/document/>

9839652. DOI: 10.1109/MNET.124.2200241.

[6] 李茜. 物联网的环境下基于QoS的Web服务组合优化[D]. 天津: 天津大学, 2015.

[7] 付佳. 物联网环境下QoS驱动的服务组合方法研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2020.

[8] 张丽. 物联网环境下QoS驱动的服务组合优化算法研究[D]. 西安: 西安石油大学, 2018.

[9] 李锋. 物联网环境下基于QoS的服务组合优化[D]. 重庆: 重庆邮电大学, 2021.

[10] 赵亚军, 郁光辉, 徐汉青. 6G移动通信网络: 愿景、挑战与关键技术[J]. 中国科学(信息科学), 2019, 49(8): 963-987.

[11] 刘光毅, 金婧, 王启星, 等. 6G愿景与需求: 数字孪生、智能泛在[J]. 移动通信, 2020, 44(6): 3-9.

[12] 杨立, 曲至诚, 李志军. 论未来6G时代移动新系统的代际差别方式[C]//5G网络创新研讨会(2022)论文集. 北京: 中国电子科技集团公司第7研究所, 2022: 462-465.

[13] 段向阳, 杨立, 夏树强, 等. 通感算智一体化技术发展模式[J]. 电信科学, 2022, 38(3): 37-48.

[14] 杨立, 赵亚军, 方琰威. 从容量和覆盖升级到连接和品质——论未来无线技术的盈利拓展[J]. 信息通信技术, 2020, 14(6): 57-62.

[15] 曲至诚, 杨立, 黄峥. 区块链与6G时代未来网络融合的愿景与挑战[J]. 信息通信技术, 2022, 16(5): 62-68.

[16] 杨立, 窦建武. 未来卫星通信和5G-NR深度融合架构设计[J]. 中兴通讯技术, 2021, 27(5): 60-66.

[17] 杨立. 5G-NR蜂窝系统功能演进趋势分析[J]. 无线电通信技术, 2020, 46(3): 310-314.

[18] 杨立, 方琰威, 谢峰. 论5G时代ToB领域应用拓展困境和6G突破之策[J]. 邮电设计技术, 2022, 556(6): 30-34.

[19] 任震, 杨立, 谢峰, 等. 基于5G-NR演进浅析和展望未来6G系统中去蜂窝化技术的应用[J]. 信息通信技术, 2021, 15(2): 65-71.

[20] IMT-2030(6G)推进组. 通信感知一体化技术研究报告[R/OL]. [2023-01-09]. <https://max.book118.com/html/2021/0917/8141126071004005.shtml>.

[21] 薛妍, 杨立, 谢峰. 6G时代新用户面设计和关键技术[J]. 移动通信, 2022, 46(6): 2-7.

[22] 赵喆, 王菲, 杨立, 等. 未来无线接入网组件化探究和实践[J]. 无线电通信技术, 2022, 48(5): 885-890.

[23] 杨立, 谢峰, 戚涛. 解耦设计在移动通信系统中的应用和趋势[C]//5G网络创新研讨会(2020)论文集. 北京: TD产业联盟, 2020: 365-370.

[24] 薛妍, 谢峰, 杨立, 等. 面向6G时代新通信系统的内生感知[J]. 移动通信, 2021, 45(4): 79-84.

### 作者简介:

薛妍, 高级工程师, 主要从事移动通信技术标准预研和仿真工作, 涉及网络架构、边缘计算、感知智能、未来网络建模、系统仿真等领域; 谢峰, 毕业于新加坡南洋理工大学, 博士, 主要研究方向为5G接入网架构、5G RAN原型和产品协议设计等; 杨立, 高级工程师, 主要从事移动通信技术标准研究, 涉及ODICT业态战略、系统架构功能演进&接口流程标准化、网络智能化等领域。