

6G 通信计算融合关键技术研究

Research on 6G Communication and Computing Convergence Technologies

周吉喆,杜滢,汪广超,张晶(中国信息通信研究院,北京 100191)

Zhou Jizhe, Du Ying, Wang Guangchao, Zhang Jing (China Academy of Information and Communications Technology, Beijing 100191, China)

摘要:

面向6G业务性能极致化与能力融合化需求,通信与计算融合成为6G网络的演进趋势。当前,移动通信网算力调度模式单一,且网络与算力状态动态变化,存在通算资源供给与业务需求难以匹配的问题。针对上述挑战,分析通算融合的国内外研究进展,阐明通算融合的发展特征,并提出通算融合在评价体系、控制与调度、服务与开放等方面的关键技术,从而满足6G多样化的业务需求,提升未来网络的运行效率。

关键词:

6G;通算融合;资源管理

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.07.002

文章编号:1007-3043(2024)07-0009-04

中图分类号:TN914

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

Facing the demands for extreme service performance and the integration of various capabilities, communication and computing convergence (CNC) has become the evolution trend of 6G networks. Currently, the scheduling scheme of computing resources is solid while the status of network and computing resources changing dynamically, which poses a mismatch between communication and computing resource supply and service demands. According to this challenge, it analyzes the current domestic and abroad research progress of CNC, clarifies the CNC development characteristics, and proposes the key technologies of CNC in the aspects of evaluation system, control and scheduling, and service and opening, in order to meet the various demands of 6G services, and to improve the future network efficiency.

Keywords:

6G; Communication and computing convergence; Resource management

引用格式:周吉喆,杜滢,汪广超,等. 6G 通信计算融合关键技术研究[J]. 邮电设计技术,2024(7):9-12.

0 引言

随着移动通信业务从语音业务向数据业务、多媒体业务的发展,移动通信经历了从2G到4G的代际演进,移动通信网络架构也随之变化。5G时代,国际电信联盟(ITU)提出增强移动宽带、高可靠低时延、大规

模机器通信三大业务场景,并面向垂直行业差异化需求进行原生设计。为支持个人及行业的多样化业务需求,5G核心网结合虚拟化技术,采用基于服务化架构的控制面网络功能实现方式,网络控制功能模块化、软件化。面向6G,ITU在《IMT面向2030及未来发展的框架和总体目标建议书》^[1]中明确了6G的6类典型场景,在“沉浸式通信、超大规模连接、极高可靠低时延”3类5G增强场景上,提出了“通信与感知融合、通信与人工智能融合、泛在接入”3类新场景,进一步拓展传统通信网络能力边界和服务要素,6G网络架构

基金项目:国家自然科学基金项目(62371072);青年人才托举工程(2023QNRC001)

收稿日期:2024-06-04

也将发生革命性变化。6G网络将持续深化服务化架构,使能多维资源协同编排和融合服务按需调度,实现通信、感知、人工智能(AI)、计算等多要素融合信息服务基础设施。由此可见,计算作为基础资源和服务能力将有望被引入到6G网络,通信与计算深度融合成为6G网络发展趋势。

1 6G通算融合研究背景

当前,随着5G的规模商用和部署,沉浸式业务、工业互联网、车联网等新型数智化应用蓬勃发展。同时,全球算力规模持续扩张,根据《中国算力发展指数白皮书(2023年)》^[2],2022年全球计算设备算力总规模达到906 EFLOPS,且未来5年全球算力规模将以超过50%的速率增长。然而,当前通信与计算系统割裂分治,面临应用极致需求难以被保障和通算协同效率低下的问题。

a) 应用方面,新型数字化业务发展促使网络数据爆发式增长,并对网络数据传输和处理能力提出更高要求。根据有关研究数据,未来沉浸式业务将达到毫秒级响应时延和Gbit/s用户体验速率^[3],而车联网智能碰撞预测、自动驾驶等场景算力需求估算将达到TFLOPS~EFLOPS级别。面对日益增长的计算与通信需求,传统云计算和单一边缘计算的端到端数据处理方式难以有效保障极致业务指标要求。

b) 网络方面,随着移动边缘计算、智能终端等技术发展,算力部署进一步下沉到网络边缘,网络边缘算力呈现出泛在化、多样化及边缘性特点,具备用户数据就近接入处理的优势^[4-5]。但移动边缘计算等边缘算力受限,且计算能力随时间和空间动态波动,当前单一的边缘算力调度机制造成通信与计算资源利用率低下的问题。

《2024年国务院政府工作报告》指出,要深入推进服务数字化,适度超前建设数字基础设施,加快形成全国一体化算力体系^[6]。由此可见,如何根据业务发展和网络演进特征,实现分布式计算通信资源与多元业务需求间供需匹配是6G网络发展的关键问题。

国内外产业与标准化组织高度关注面向6G的通信计算融合(以下简称“通算融合”)技术研究,并持续开展场景与需求、关键技术、架构等技术研发工作。美国Next G联盟将分布式通信和云系统列为6G的六大愿景之一,旨在利用云原生等虚拟化技术构建通算融合控制调度平台,并提供泛在计算服务接入、端边

云协同调度、基于通算性能的通算融合控制机制等特性^[7-8]。在欧盟发布的“2030数字指南针”计划中,欧盟拟到2030年累计部署1万个边缘计算节点,为75%的欧盟企业提供云计算、大数据和人工智能服务^[9]。同时,欧盟5GPPP工作组提出6G“计算即服务”概念,指出6G需原生支持计算服务,在网络侧为终端提供更加灵活敏捷的计算卸载能力^[10]。我国IMT-2030(6G)推进组将算力网络技术列为6G潜在网络技术之一^[11],并联合产业各方开展通算融合需求、架构与关键技术研究^[12-13]。同时,IMT-2030(6G)推进组试验组自2022年起连续2年组织6G算力网络原型样机测试验证工作,聚焦移动通信网络场景开展算网融合感知、算网融合控制调度等关键技术验证工作。中国通信标准化协会无线通信技术工作组面向移动算力网络、无线算力网络的应用场景,开展移动通信网络通信计算融合典型场景、需求、关键技术等研究工作^[14-15]。

2 6G通算融合发展特征

面对现有网络存在的通算资源与业务需求供需匹配困难问题,6G将以移动通信网络为底座,以泛在多元算力为框架,构建通算一体的开放式信息基础设施,并通过“连接+计算”融合服务按需灵活调度提升网络整体的信息处理与传输效率,赋能多样化业务发展。结合网络演进和算力分布特征,6G通算融合发展呈现以下2个方面的发展特征。

a) 适配服务化架构。为支撑未来6G多样化场景和融合服务需求,6G网络将考虑深化服务化架构,使用通用算力设备和统一服务化接口进行网络功能管理,提升网络功能部署与调度灵活性。算力作为未来6G网络的基础资源,将结合云原生等虚拟化技术,将底层异构计算资源抽象为上层算力服务。6G网络将基于算力服务提供通信、计算、AI、感知等多维服务的按需部署与计算,并基于服务化架构实现通算融合服务统一管理和一体化调度,提升网络资源管理效率,赋能6G多样化业务发展。

b) 分层分布式协同。随着新型终端类型多样化发展以及用户面、移动边缘计算等算力设施的进一步下沉,移动通信网络算力呈现出端边云分层、广域分布式的部署特点。同时,大规模应用开发也已成熟运用基于云原生技术的业务管理模型,将单一业务拆分为多个模块进行独立开发和部署,以提升业务更新上线速率和不同模块间的按需访问。由此可见,网络和

应用均呈现出分布式特征。未来 6G 网络将考虑业务部署需求、业务流量等特征,实现端边云算力和分布式通算资源间的协同管理调度,优化通信、计算与应用间协同管控机制。

3 6G 通算融合关键技术

当前,6G 通算融合关键技术研究仍处于初期阶段。从移动通信网逻辑分层角度,6G 通算融合关键技术包括通算融合评估体系、通算融合控制与调度、通算融合服务与开放等(见图 1)。

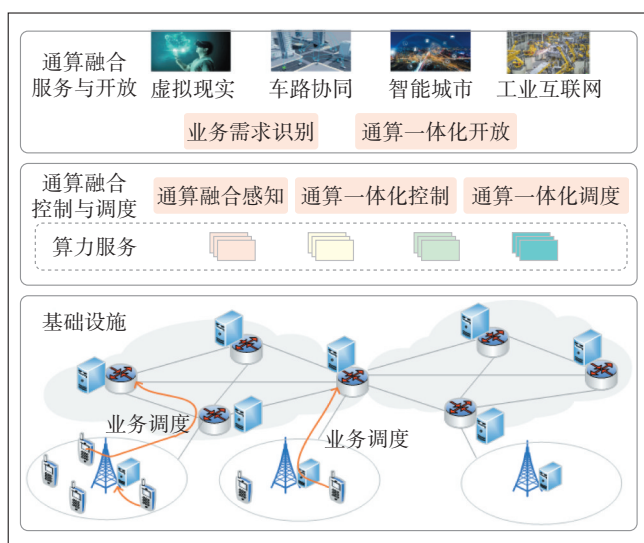


图 1 6G 通算融合关键技术

3.1 通算融合评价体系

现有移动通信网业务服务质量(Quality of Service, QoS)机制仅考虑通信服务能力。为保障通算业务端到端业务体验,需要在 6G 的 QoS 体系或评价体系中加入计算相关参数,从而评定计算服务质量,并为实现最优通算资源控制调度策略提供评估基准。同时,6G 网络将包括个人用户、运营商、第三方应用提供商、垂直行业等多种参与对象。为提高 6G 网络通信计算融合水平,需要明确个人用户、运营商、第三方应用提供商等与网络间的交互参数,助力通算融合性能指标的转化。

具体而言,可根据多媒体业务、沉浸式业务、AI 业务等典型场景需求,分析梳理具体业务需求与特性。在此基础上,可针对不同业务类型,设计通算融合通用性能指标和特定性能指标,以针对网络性能与业务质量进行分类分级优化。通用性能指标通常指对所有类型业务均适用的评估指标,包括网络性能指标和

计算性能指标,如带宽、网络时延、计算时延、计算类型等。特定性能指标主要针对具体业务或通算服务要求,如 AI 业务的计算精度、训练耗时、能耗等^[16]。

3.2 通算融合控制与调度关键技术

通算融合控制与调度技术旨在针对分布式通信计算资源进行统一管理,并针对业务需求,提供按需的业务调度和性能保障。总的来说,通算融合控制与转发关键技术主要包括通算融合感知、通算一体化控制与调度等。

a) 通算融合感知。通算融合感知旨在针对分布式算力和网络状态进行实时监控,从而为最优算力节点的选择和通算一体化控制调度提供判定依据。具体而言,6G 网络通算融合控制与调度逻辑单元可收集各算力节点的算力信息,包括算力位置、算力软硬件信息、算力服务资源负载等。移动通信网内部算力节点可通过信令方式将算力信息上报给 6G 网络通算融合控制与调度逻辑单元,第三方算力信息则可以通过网络能力开放功能传递给通算融合控制与调度逻辑单元。对于网络信息,可通过不同网络域内的测量方法进行感知,如无线信道状态、无线空口时延、网络路径时延等。

b) 通算一体化控制与调度。当前,移动边缘计算的调度分流主要根据业务部署和用户位置信息,未能结合网络状态与计算状态进行联合决策,难以应对通算资源动态变化、潮汐效应等问题。针对上述问题,通算一体化控制与调度旨在根据通算资源实时感知情况,结合业务需求、用户移动性等信息,生成通算一体化策略,能够将业务按照指定网络路径调度到合适的算力服务节点上,在实现业务 QoS 保障的同时,提升整体通算资源利用率。具体而言,6G 网络可以根据网络形态和行业专网等,实现分层分域、不同粒度的通算一体化控制调度机制。比如,6G 移动通信核心网可形成全局的通算资源管理平台,从而实现全局通算资源管控以及粗粒度资源调度决策;针对无线接入网小区内部、工业园区等区域性网络,其通算融合控制与调度逻辑单元可针对区域内的通算资源状态进行更加实时细粒度的通算资源分配决策,也可以选择通过统一接口和外部网络进行资源协同。

3.3 通算融合服务与开放关键技术

基于服务化架构,6G 将通过统一的服务与开放接口对外提供算力与网络信息,并根据业务请求识别业务需求,映射为网络内部的通算资源和服务访问需

求,以供通算融合一体化控制决策。总的来说,通算融合服务与开放关键技术主要包括业务需求识别与服务建模、通算一体化开放等。

a) 业务需求识别与服务建模。6G 网络将面向多样化业务需求,提供多要素融合信息服务。为此,6G 网络将具备业务需求识别能力,将业务请求转化为算力服务与通算性能指标要求,并进一步与通算融合控制与调度逻辑单元协同构建算力服务组合和访问流程,以提供通算一体化控制决策的需求输入。具体而言,业务部分需求可随业务请求由业务发起方(如第三方应用、终端用户等)携带,同时,可以由网络根据请求消息与经验值进行业务需求与性能指标映射。对于复杂的业务请求,网络也可以对业务进行分解,并进一步利用服务功能链等技术建模为算力服务流程,指导最优的通算一体化控制调度策略生成。

b) 通算一体化开放。6G 网络服务用户将包括个人用户、运营商、第三方应用、垂直行业等,因此,6G 网络将通过通算一体能力开放接口对外提供网络与算力信息,为各类用户提供快速接入和通算融合业务请求的环境。具体而言,6G 网络可以在 5G 核心网网络开放功能(Network Exposure Function, NEF)基础上,进一步拓展算力信息,包括算力资源类型、算力分布和服务负载等。

4 结束语

面向未来,通算融合已经成为 6G 网络发展趋势。6G 通算融合网络将基于服务化架构,有力支撑通信与感知融合、通信与 AI 融合等融合化业务发展,提升沉浸式业务等新型业务数据高效传输和处理效率,推动工业互联网等垂直行业数智化转型。当前,6G 通算融合关键技术研究仍处于初期阶段,对于通算融合如何更好赋能移动通信网发展、通算融合性能指标如何制定、如何支撑分布式 AI 业务需求等方面仍面临诸多挑战。未来,需要产业各界携手并进,共同探索收敛 6G 通算融合技术方案,推动在标准化方向和产业发展上的共识。

参考文献:

- [1] ITU. Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond [EB/OL]. [2024-04-16]. <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2160-0-202311-1/en>.
- [2] 中国信息通信研究院. 中国算力发展指数白皮书(2023年) [R/OL]. [2024-04-18]. [http://www.caict.ac.cn/english/research/white-](http://www.caict.ac.cn/english/research/white-papers/202311/P020231103309012315580.pdf)

[papers/202311/P020231103309012315580.pdf](https://www.caict.ac.cn/english/research/white-papers/202311/P020231103309012315580.pdf).

- [3] IMT-2030(6G)推进组.《6G 典型场景和关键能力》白皮书[R/OL]. [2024-04-18]. <https://www.bitc.org.cn/newsinfo/3130433.html>.
- [4] ETSI. Multi-access Edge Computing (MEC); framework and reference architecture; ETSI - GS MEC 003 [S/OL]. [2024-04-19]. <https://standards.globalspec.com/std/14499252/gs-mec-003>.
- [5] TALEB T, SAMDANIS K, MADA B, et al. On multi-access edge computing: a survey of the emerging 5G network edge cloud architecture and orchestration [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, 19(3): 1657-1681.
- [6] 李强. 政府工作报告: 2024 年 3 月 5 日在第十四届全国人民代表大会第二次会议上 [EB/OL]. [2024-04-16]. https://www.gov.cn/gongbao/2024/issue_11246/202403/content_6941846.html.
- [7] Next G Alliance. Next G alliance report: roadmap to 6G [R/OL]. [2024-04-19]. <https://roadmap.nextgalliance.org/>.
- [8] Next G Alliance. Next G alliance report: 6G technologies for wide-area cloud evolution [R/OL]. [2024-04-19]. https://nextgalliance.org/white_papers/6g-technologies-for-wide-area-cloud-evolution/.
- [9] European Commission. 2030 digital compass; the European way for the digital decade [R/OL]. [2024-04-19]. <https://eufordigital.eu/library/2030-digital-compass-the-european-way-for-the-digital-decade/>.
- [10] 5G PPP Architecture Working Group. 6G architecture landscape: European perspective [R/OL]. [2024-04-19]. <https://5g-ppp.eu/6g-architecture-landscape-european-perspective-white-paper/>.
- [11] IMT-2030(6G)推进组.《6G 网络架构愿景与关键技术展望》白皮书[R/OL]. [2024-04-19]. <https://new.qq.com/rain/a/20210917A0C60P00>.
- [12] IMT-2030(6G)推进组. 算力网络协同管理的场景及需求研究报告 [R/OL]. [2024-04-19]. <https://www.fxbaogao.com/detail/4158867>.
- [13] IMT-2030(6G)推进组, 中国通信学会. 6G 前沿关键技术研究报告 [R/OL]. [2024-04-19]. <http://221.179.172.81/images/20221117/16631668647459252.pdf>.
- [14] 中国通信标准化协会. 算力网络总体技术要求: YD/T 4255-2023 [S/OL]. [2024-04-16]. <https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=FE86C10A0D223123E05397BE0A0A2FC5>.
- [15] 中国通信标准化协会. 无线算力网络场景、需求和关键技术研究报告 [DB/OL]. [2024-04-16]. <https://www.ccsa.org.cn/>.
- [16] IMT-2030(6G)推进组. 6G AI 即服务 (AIaaS) 需求研究报告 [R/OL]. [2024-04-19]. <http://www.199it.com/archives/1591289.html>.

作者简介:

周吉喆, 工程师, 博士, 主要从事 6G 网络、通算融合等技术研究工作; 杜滢, 教授级高级工程师, 主要从事无线移动通信技术和标准研究工作; 汪广超, 工程师, 博士, 主要从事 6G 网络架构、NFV 等技术研究工作; 张晶, 工程师, 硕士, 主要从事移动通信核心网标准制定与关键技术研究工作。