



面向 6G 的网络智能化研究

王晴天, 刘洋, 刘海涛, 宗佳颖, 杨峰义

(中国电信股份有限公司研究院 5G 研发中心, 北京 102209)

摘 要: 智能化网络的研究早在 5G 时代就已经展开, 面向 6G, 网络将迎来更丰富的应用场景和更严苛的性能要求, 需要更加智能化的方式管理、维护网络的运转。首先介绍了 6G 网络的形态和新的应用场景, 并从 6G 智能化标准进展方面分析了当前的研究进展, 接着剖析了 6G 网络智能化当前存在的问题和有关支撑技术, 然后提出了 6G 网络智能化架构, 并结合室内定位场景说明网络智能化的应用流程, 最后展望了网络智能化的演进需要边缘数据中心支撑。

关键词: 6G; 网络智能化; 人工智能

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022245

Research on network intelligence for 6G

WANG Qingtian, LIU Yang, LIU Haitao, ZONG Jiaying, YANG Fengyi

5G Research and Development Center, Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Beijing 102209, China

Abstract: Intelligent network has been proposed as early as the 5G era. Towards the 6G era, the network will support more application scenarios and performance requirements. A fully-covered and fully-connected network system requires more intelligent management and maintenance. Firstly, the scope and new application scenarios for 6G networks were introduced, and then the research progress of early-stage network intelligence was summarized. Secondly, the current shortages and supporting technologies of network intelligence for 6G were summarized. Thirdly, the architecture of the intelligent network for 6G and give details about the intelligent function elements were presented, moreover, the use case about the indoor positioning to illustrate the process of network intelligence was given. At last, the evolution route of network intelligence with edge data center was depicted.

Key words: 6G, network intelligence, AI

0 引言

随着 5G 的商用, 全球领域科研人员对 6G 的研究脚步也在加速。据统计, 平均每月每部移动

设备的流量消耗将从 2020 年的 5 GB 增长至 2030 年的 250 GB, 伴随着移动数据指数增长的趋势, 以及新型业务场景 (如扩展现实和元宇宙等) 对网络传输速率、可靠性等参数有更高的要求。当

收稿日期: 2022-03-01; 修回日期: 2022-08-01

基金项目: 国家重点研发计划项目 (No.2020YFB1806700)

Foundation Item: The National Key Research and Development Program of China (No.2020YFB1806700)



前的 5G 网络虽然已经能够支撑大规模流量和新型应用场景,但随着场景的迭代和需求的提升,6G 的研究迫在眉睫。6G 将继续在 5G 的基础上推进超大带宽、超低时延和超高可靠性的连接,并持续支持各种新型的智能化应用场景。2020 年芬兰奥卢大学的 6G Flagship 项目发布了 *White Paper on 6G Networking*^[1],提出了 6G 网络兼容软件化和服务化的架构特点,并兼备数据分析功能,涵盖智能化特征,能够实现网络功能的自我管理。同年,紫金山实验室发布了 6G 研究白皮书《6G 无线网络:愿景、使能技术与新应用范式》^[2],针对 6G 新的范式列举了全覆盖、全频谱、全应用和强安全 4 个特征,全覆盖意味融合卫星通信、陆地通信、海洋通信以及现有的无线通信技术和无人机等技术,打造空天地海一体化的网络;全频率涵盖 sub-6 GHz、毫米波、太赫兹等频谱资源;全应用实现云网全面融合,打造算网、存储一体化,应用人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术,推进网络智能化;强安全将内生安全考虑在 6G 网络中。IMT-2030 推进组在《6G 总体愿景与潜在关键技术白皮书》^[3]中指出 6G 网络是构建人机物智能互联的网络,并着力打造数字世界,应用智能化手段,实现“万物智联、数字孪生”的愿景。可见,6G 中网络智能化的特征已经得到了业界的关注。

网络智能化的发展,得益于近年来 AI 技术的飞速发展。机器学习 (machine learning, ML) 和深度学习 (deep learning, DL) 在空口、资源管理和物理层等多个领域应用。同时在应用场景的驱动下,网络智能化的概念也逐步在网络中凸显, AI 技术能够自动从数据中提取特征,自动发现问题、定位问题和解决问题,便于实现网络的自动升级和维护。AI 在网络中的应用能够提升网络的自动化程度,降低网络管理和优化的复杂度。

伴随着网络演进的稳步深入,6G 网络中的智能化更加全面化,已经不限于应用 AI 算法解决资源的调度和网元的维护等问题,而是 AI 融入 6G

网络,达到 AI 内生^[2-5]。AI 内生存在于 6G 网络中的各个单元,如在物理层信道建模中可以应用 AI 算法的自学习能力,根据采集的物理层信道数据集,通过 AI 算法提取数据特征,推算新的信道模型,该方法无须建立数学模型假设,利用直接真实的数据提取特征,更加贴近实际环境。6G 全覆盖的网络架构下,多种异构资源的融合让网络体系更加多元,提升了网络的设计难度, AI 内生的智能化能够从网络架构内部梳理异构资源,完成资源的合理调度,进而支撑更多的 6G 应用场景。6G 网络中 AI 内生的演进路线不是建立一个全新的网络架构体系,而是一个从“外”到“内”的过程, AI 技术从网络架构的“外侧”逐步推进、逐层融入,形成 6G 网络的内生“大脑”。因此,本文针对此问题进行了 6G 网络智能化的研究。

本文首先从 6G 智能化应用场景入手,描述 6G 网络对智能化业务的支撑,接着总结了网络智能化标准进展,并总结 6G 网络智能化中网络数据库的建立、AI 算法的设计、实时智能与非实时智能和安全性 4 个特征,而后提出了面向 6G 的网络智能化架构并通过室内定位案例场景详细阐述架构中网络智能化的应用流程,最后给出了网络智能化的演进技术。

1 6G 智能化新型应用场景

1.1 扩展现实

扩展现实 (extended reality, XR) 包含了虚拟现实 (virtual reality, VR)、增强现实 (augmented reality, AR) 和混合现实 (mixed reality, MR) 等场景,并已经应用于教育、医疗等领域。XR 集成味觉、嗅觉、触觉、视觉和听觉感官刺激,营造逼真的用户体验,并借助计算机技术和可穿戴设备建立物理世界、虚拟世界和人—机器间的连接关系。在 XR 场景中,需要使用基于无线电波传感器来检测三维环境 (3D), 6G 的雷达频谱需满足 3D 雷达和 XR 场景中可靠性和精度的水平,传输速率在 XR 场景中需要保证 100 Gbit/s 和端到

端 1 ms 的时延^[6]。同时,为保证高品质用户体验的连续性,6G 网络需要提供强大的图形计算处理能力支撑图片渲染,以及大吞吐量、超高可靠性和超低时延的无线网络保证用户体验的延续性。此外,6G 网络内生的智能化技术还能保证 XR 技术的最主要的人-机交互^[7]。

1.2 数字孪生

数字孪生(digital twin)^[8]借助多种技术手段,实现物理世界实体特征的提取和抽象,继而映射出对应的虚拟世界,最终实现数字世界对物理世界的一系列操作,如仿真、控制、下发指令等,当前主要应用在工业和医疗等领域。6G 网络作为传输媒介,承载着物理世界数以万亿级的设备与数字世界通信。超大带宽、超高可靠性和超低时延确保物理世界与数字世界的交互,但是超大规模的设备交互,必然产生更大规模的数据,数据传输的精确性和网络调度的实时性给 6G 网络注入了新的挑战,在数字孪生场景中,6G 网络需要支持 100~10 000 Mbit/m² 的流量密度,提供接近有线传输的可靠性^[9]。内生智能对复杂环境的处理优势,也被认为是当前处理这些挑战的潜在技术。

1.3 元宇宙

元宇宙的概念近期受到产业界和学术界的追捧,维基百科中对元宇宙的定义为用来描述一个未来持久化和去中心化的在线三维虚拟环境,此虚拟环境将可以通过虚拟现实眼镜、增强现实眼镜、手机、个人计算机和电子游戏机进入人造的虚拟世界^[10]。国外微软和 Facebook,以及国内腾讯、字节跳动等企业已经开启对元宇宙的布局和初步探究。6G 网络作为元宇宙的底座,实现多样化异构设备间超低时延和超高可靠性的人机交互,同时保证算力提供和一系列认证安全服务。元宇宙将是 6G 网络的重要应用场景,多样化的异构设备的接入、多维度的数据传输和高密集的数据交互,都需要 6G 网络从多维度支撑,6G 网络需要保证 10⁻⁹ 的可靠性和 10 ns 的处理时延^[11]确保元宇宙世界与物理世界的连接。

网络智能化在 6G 网络中的内生,能够为这类复杂应用场景的编排和调度提供强力的支持,同时元宇宙内虚拟世界秩序的制定和维护皆可利用 AI 内生嵌入、更新和升级。

2 6G 网络智能化研究进展

在 6G 网络演进趋势中,云化、虚拟化、软件化和智能化仍然是 6G 网络的主要特征^[12]。本节首先总结相关标准化组织在网络智能化领域的研究进展,然后给出网络智能化的特点。

2.1 网络智能化标准进展

3GPP 组织在 TS 23.503 中定义了网络数据分析功能(network data analytics function, NWDAF)模块,该模块用于收集网元产生的数据并进行数据分析,NWDAF 的出现代表着 5G 网络走向智能化。国际电信联盟电信标准化部门(ITU-Telecommunications Standardization Sector, ITU-T)的 SG13 (Study Group 13)成立了 Machine Learning for Future Networks Including 5G 进行网络智能化研究,主要从接口、网络架构、协议、算法和数据格式的角度开展。ETSI 的体验式网络化智能行业规范组(Industry Specification Group Experiential Networked Intelligence, ISG ENI)从应用案例、需求、内容感知机制管理、术语规范和概念验证架构(proof of concept)5 个方面开展网络智能化研究。近年发展的开放式无线接入网(Open Radio Access Network, O-RAN)组织一直在关注开放式无线电接入网(radio access network, RAN)的研究,并在 WG2 (Work Group2)和 WG3 中设计了网络智能化的架构和对应接口。中国通信标准化协会(China Communications Standards Association, CCSA)也一直在开展网络智能化标准的研究任务,已经在 TC1 (Technical Committee 1)、TC3、TC5 和 TC7 中分别对网络智能化的应用场景、关键技术以及网络智能化在无线网络和传送网络中的应用开展标准的讨论和制定。网络智能化组织研究进展见表 1。



表 1 网络智能化组织研究进展

组织名称	规范/子组	关注点
3GPP	Rel-15	提出 NWDAF 开展网络智能化研究
	Rel-16	定义了网络智能化架构和能力
	Rel-17	设计分层/分布式智能化网络架构
ETSI	ENI ISG	基于“感知—适应—决策执行”控制模型的认知网络管理架构
	ISG ZSM	端到端网络及服务进行自动化管理
ITU	SG13	起草机器学习适用于未来网络的技术报告和规范
	SG15	研究机器学习在传送网中的应用
O-RAN	WG2	设计 Non-RT RIC 和 A1 接口
	WG3	设计 Near-RT RIC 和 E2 接口
CCSA	TC1/WG1	电信行业人工智能应用场景和业务需求； 电信行业人工智能定义与术语
	TC3/WG1	基于 SDN/NFV 智能通信网络、随愿网络总体架构与技术要求； 基于 AI 赋能的通信网络架构和 AI 通用能力技术要求
	TC5/WG12	5G 移动通信网智能网络数据分析（NWDA）总体技术要求

当前各组织对 6G 智能化的研究,多以网络架构为基础,延续虚拟化和服务化的理念,采用层次化架构,利用 AI 算法解决相关的应用场景问题,继而设计对应的模块和接口,完成业务逻辑流程。针对网络虚拟化架构基础和应用场景的驱动力,未来 6G 智能化标准的研究建立在网络智能化核心模块(如 NWDAF)的基础上,归纳应用场景(如室内定位)当前需求痛点,并量化为网络需求,逐步完善智能化模块设计、接口数据类型和内容,构建合理的业务逻辑链,最终实现内生智能在 6G 架构中的融入。

2.2 6G 网络智能存在问题

在 6G 智能化设计理念中,“外挂”智能是当前 6G 网络智能演进的主要路线,通过在网络架构中引入智能模块,实现智能化的功能。“外挂”智能随着技术瓶颈的突破和智能算法的完善,逐步向“内”推进,根据 6G 网络每层的特点和功能,嵌入对应的算法,实现智能“内生”。6G 网络智能不仅是机器学习算法的嵌入,还需要根据特定的场景需求,设计新的机器学习算法。

通用接口的设计也是推进 6G 网络智能的助

力,当前的网络形态实现对应的功能需要专用的协议,协议间的转换需要资源的开销,通用的接口方式能够有效节省资源的开销,也便于接口的扩展和机器学习算法的嵌入和更新。

2.3 6G 网络智能演进支撑技术

6G 网络智能化的演进需建立在现有网络智能化的基础上不断向前推进,6G 内生智能的实现离不开大量数据的采集、相关 AI 算法的设计实现、业务需求导向的实时和非实时智能,以及安全性的考量。

(1) 网络数据库建立

机器学习和深度学习算法都建立在数据集的基础上。数据集具备数据类型繁多、数据价值密度低和数据高速处理、时效性要求高等特征。网络数据主要来自于网元设备数据、网络信道数据和用户非隐私部分数据。网络数据集的建立依赖设备制造商的配合,设备制造商需要把设备采集的数据开放给相关运营商。运营商间的数据共享,对网络数据集的建立有积极的影响。6G 网络的海量接入,不可避免地会采集到冗余的数据信息,需要设计一系列的算法和采取措施对采集的数据

集进行“清洗”和“提纯”。高速数据处理和高时效性要求 6G 网络具备对采集的数据有快速转移的能力,同时 6G 网络的算力能够满足数据的快速处理和训练的需求。

(2) AI 算法的设计

6G 网络全覆盖、全连接的特点提升了网络的复杂度和动态变化频率,网络中前期广泛使用的动态规划、博弈论和凸优化等算法理论较难与实际情况结合。AI 算法具备从数据集中挖掘数据特征的优势,且 AI 算法的实现无须建立在假设条件上。现有网络中 AI 算法多为从其他领域(如图像处理、自然语言处理等领域)移植的算法,并非专门为网络智能化定制的算法。后续随着网络数据集的完善,应用场景的更新以及网络需求的多样,需要创新 6G 网络智能化相关的 AI 算法。

(3) 实时智能和非实时智能

AI 算法存在训练耗时的缺点,而且数据模型的传输会因网络状态的变化产生时延抖动,难以满足 6G 网络对低时延应用场景的需求。因此,6G 的内生智能从业务场景对时延需求的角度出发,考虑实时智能和非实时智能。实时智能部署在网络边缘,如部署在多接入边缘计算(multi-access edge computing, MEC)节点,实时智能模型的训练一般不在用户侧实现,因为对时延的严苛要求,促使用户侧完成对应用的快速响应处理,模型的训练可以根据 AI 算法的特性以及边缘算力分布在网络的边缘,也可以在算力更加丰富的云数据中心训练,然后将训练后的模型下发至实时智能部署侧。非实时智能则可部署在物理上不靠近用户侧、算力丰富的区域,如云数据中心,非实时智能可以运行多种 AI 算法,完成对 AI 模型的训练,满足对时延不太敏感的应用场景需求。

实时智能和非实时智能不是互相独立的,而是相互协作。实时智能和非实时智能间需要专用的接口进行通信,该接口需要保证通信的安全性。

非实时智能可以将训练完成的模型下发至实时智能中,实时智能在实际场景中再完成参数更新,并反馈至非实时智能中。对于 6G 应用场景,如智能工厂等,有可能出现在生产过程中,某一阶段对时延要求较低,而另一阶段较高,因此会出现实时与非实时智能的协作支撑应用场景。

(4) 安全性

6G 网络的内生智能为 6G 网络安全既带来了机遇也迎来了挑战。一方面,多样的 AI 安全算法部署在 6G 网络中,提升网络安全性;另一方面,大量算法的部署加大了对数据量的需求,更多种类的数据接口相继产生,继而增加了网络安全风险,而且部分的 AI 算法在设计初始并未考虑安全性问题。因此,6G 网络在实现智能化时就应该首先考虑安全性。

海量的异构设备接入 6G 网络,认证请求频次会愈发频繁,传统的认证方式难以符合需求。区块链去中心化的方式,能够防止认证信息的篡改,确保信息交互的安全性。量子技术近年的研究发展也应用于信息安全领域,量子态因为其不可复制的特性,因此无须担心信息泄露,其次量子信息在传输时若被监听,量子态会发生变化,继而出现传输和发送信息不匹配情况,可以销毁信息重新发送。

3 面向 6G 的网络智能化架构

面向 6G 的网络智能化架构如图 1 所示,该架构垂直方向分为终端接入层、基础设施资源层、服务化层和应用层,并在服务化层和应用层水平方向设计资源编排与网络控制器。本文架构采用虚拟化的架构思路,将网络智能化引入资源编排与网络控制器中,智能化的结构遵循智能内生的需求,实现 6G 网络的行为决策在网络内部实现。面对 6G 场景的多样性,非实时智能器内能嵌入多种机器学习算法,并完成算法的训练和更新,实现对场景的快速响应和支撑。服务化 RAN 的设计

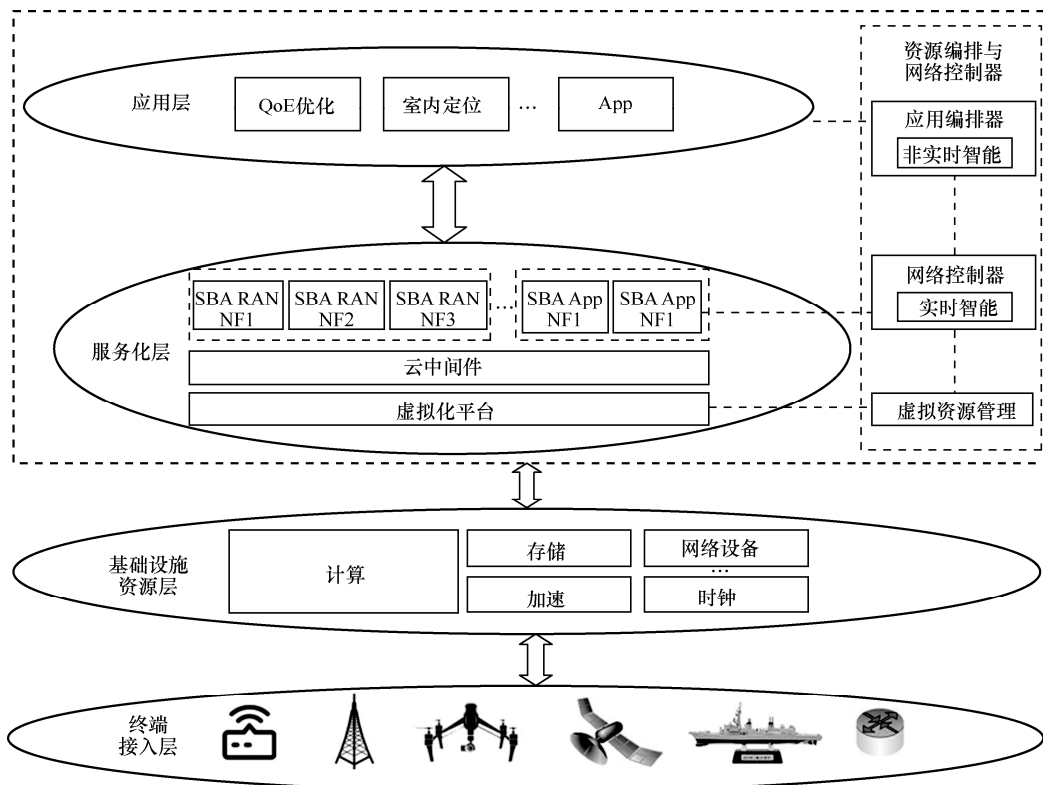


图1 面向6G的网络智能化架构

思路兼具模块化、无状态和独立化的特点,可实现虚拟化RAN的快速部署,解决多种场景对RAN的定制化需求,服务化促进RAN与智能化技术的融合,最终实现内生AI。

(1) 终端接入层

该层实现终端接入网络,终端接入层兼容各式各样的设备接入6G网络,设备种类的不同,造成了接入方式的多样化,本层应在支持传统无线接入(如5G、Wi-Fi)和固定接入(如双绞线、光接入)的基础上,支持无人机接入、卫星接入和海基接入等更多样化的接入方式。

(2) 基础设施资源层

本层提供计算、存储、网络 and 加速等资源。计算资源依靠,如x86和ARM(acorn RISC machine)的通用设备。存储设备可以为专用的存储服务器,也可以为移动存储设备。网络资源为网络接入设备和交换设备所提供的如频谱、带宽等资源。加速设备是为了辅助通用设

备提升效率,包括现场可编程门阵列(field-programmable gate array, FPGA)和专用集成电路(application specific integrated circuit, ASIC)。此外,基础设施资源层还支持如高精度时钟等网络同步设备,保证设备的时间同步性。

(3) 服务化层

服务化层包括了虚拟化平台、云中间件和服务化应用单元。虚拟化平台将基础设施层所提供的资源抽象为可以使用的虚拟单元,如虚拟机(virtual machine, VM)和容器(container)。云中间件包括消息队列、数据库等保证虚拟单元间信息交互、传递和存储的单元。云中间件上层为服务化应用(service based architecture application, SBA App),一个服务化应用如图1中服务化层中虚线框所示,该单元包括一个或者多个网络功能单元(network function, NF),每个NF内部独立运行着网络功能,多个NF间协作实现一个服务化应用的功能如服务化无线电接入网

(service based architecture radio access network, SBA RAN)。

(4) 应用层

应用层中以应用程序 (App) 的形式存在, 支持网络中基本应用功能 (如大规模多输入多输出) 的嵌入和第三方应用的部署, 图 1 中列举了当前应用场景常用的体验质量 (quality of experience, QoE) 优化和室内定位等应用。

(5) 资源编排与网络控制器

资源编排与网络控制器在服务化层和应用层的水平方向, 包括虚拟资源管理、网络控制器和应用编排器。本架构中的网络智能化模块在该控制器中实现, 同时控制器有相关的接口与各个层连接。虚拟资源管理部分完成虚拟化平台中虚拟资源的调度、虚拟单元的生成和回收。网络控制器负责对服务化层网络设备的调度, 内部包括实时智能单元, 该单元服务对时延要求高的应用场景, 内嵌训练完成的人工智能模型。应用编排器通过相关接口与应用层交互, 获取应用层需求信息, 在非实时智能单元中选择对应的人工智能模型完成应用层的需求, 非实时智能单元中可以训练实时性要求低的应用场景所需的人工智能模型, 也可以为实时智能单元训练模型, 将训练完成后的模型下发至实时智能单元。在智能化演进中, 网络智能化在本架构中主要体现为将网络的需求应用化, 如在实现网络切片等业务场景时, 可以通过应用化的方式封装网络切片对应的 AI 模型为相关应用, 然后将该应用嵌入非实时和实时智能单元, 其中在非实时智能单元可以利用采集的网络切片相关的数据进行 AI 算法的训练和更新, 实时智能模块接收非实时智能下发的网络切片 AI 模型, 然后根据具体业务的输入, 计算输出的配置参数, 进而通过接口下发至相关模块, 完成网络切片的配置。

针对当前实时智能和非实时智能单元的实现

方案, O-RAN 组织^[13]已经进行了 Near-RT RIC (near-real-time RAN intelligent controller) 和 Non-RT RIC (non-real-time RAN intelligent controller) 的标准化研究, O-RAN 组织提出的整体架构具备完整的框架和相关的接口, 在 Non-RT RIC 中智能化算法以 rApp 的形式存在, 在 Near-RT RIC 中以 xApp 的方式存在, 同时通过 E2 接口与 RAN 侧通信, Near-RT RIC 与 Non-RT RIC 间利用 A1 接口交互。具体的实现技术可以借助当前 ONF (Open Networking Foundation)^[14]中开源的 SD-RAN 项目, 在该项目中已经提供了 Near-RT RIC 和 Non-RT RIC 的代码模块, 需求方能根据具体的应用场景开发对应的 rApp 和 xApp 完成对应的 AI 功能。

针对定位技术的研究已经开展多年, 高精度的定位技术是 6G 扩展应用的使能技术。定位技术在室内和室外均有丰富的应用场景, 如无人机、机械控制和智能工厂等。在 6G 驱动下, 室内定位技术除了在原有准确性、可靠性和低时延需求下, 亦将引入智能化的手段, 通过机器学习算法的设计和样本的建立, 满足室内定位场景的需求。本节从室内定位为切入点, 阐述在提出的智能化架构下, 室内定位功能的使能过程。

根据图 1 提出的架构, 通过室内定位案例描述智能化在 6G 网络中的应用。非实时智能采用 Non-RT RIC, 实时智能采用 Near-RT RIC, 服务化层以服务化 RAN (SBA RAN) 为例。智能化室内定位流程如图 2 所示。具体的工作流程如下。

- Non-RT RIC 内需要完成至少一个室内定位场景算法模型的训练, 并构建一定量的数据集, 不断训练更新, 提升算法精度。通过 O1 接口从 SBA RAN 侧收集所选择算法需要的输入信息, 如采用基于接收信号强度指示 (received signal strength indication, RSSI) 的室内定位算法, Non-RT

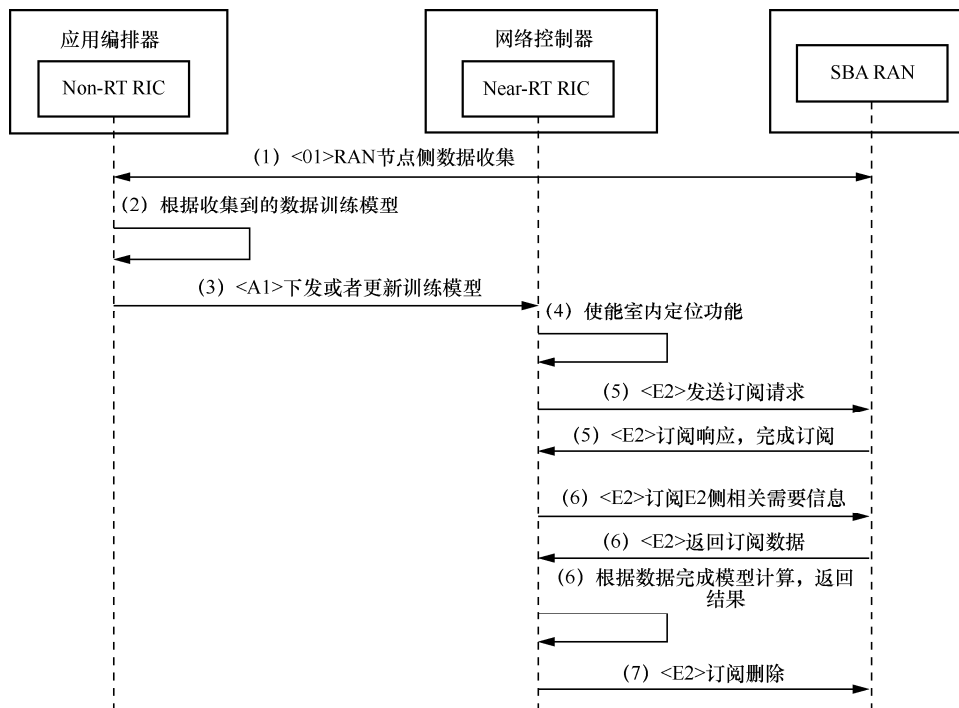


图2 智能化室内定位流程

RIC 中需要预先选择基于 RSSI 算法的机器学习模型, 且 SBA RAN 需要连续的采集接入设备中的 RSSI 信息作为输入, 数据的采集过程采用发布/订阅模式, Non-RT RIC 向 SBA RAN 订阅对应的数据信息, 一旦 SBA RAN 采集到数据就发布, Non-RT RIC 存储对应的数据。

- Non-RT RIC 根据提供的数据完成模型参数的更新, O-RAN WG2 组已经完成 AI/ML 模块的逻辑流程设计^[13]。
- Non-RT RIC 通过 A1 接口将训练完成的模型下发至 Near-RT RIC 中, 并在 Near-RT RIC 中完成模型的安装, 该下发过程可以采用如容器化镜像下发安装模式, 即 Non-RT RIC 中完成训练的模型制作相关的容器镜像, 然后上传至镜像仓库中, 利用 A1 接口将对应的配置文件下发至 Near-RT RIC, 继而根据配置文件拉取镜像生成对应的容器。

- Near-RT RIC 使能室内定位功能, 该过程即根据配置文件拉起镜像, 生成对应容器的过程。
- Near-RT RIC 向 SBA RAN 发送对应的订阅数据请求, SBA RAN 完成对应订阅建立的过程, 该订阅请求可以根据用户的需求实现一次或者多次数据订阅。
- SBA RAN 在完成订阅后, 获取 SBA RAN 提供的当前 RSSI 信息, Near-RT RIC 根据获取的信息作为输入, 利用训练后的模型计算相关的室内定位结果, 并将结果返回至 SBA RAN 或者其他的功能单元。
- 根据实际情况, 完成订阅删除。

4 结束语

业界对 6G 网络的研究还处于起步阶段, 全覆盖、全连接的理念, 为网络的设计增加了复杂度, 接入设备的数据将急剧上升, 应用场景对网络的要求也愈发苛刻。为了更好管理网络, 提升网络

性能,网络智能的方式被业界认为是解决上述问题的潜在方法。

6G网络不仅仅是实现数据高速率传输,是为了支撑更加丰富的应用场景,是以需求为导向的,需要丰富的算力资源实现智能化。边缘数据中心作为强有力的算力底座,能够满足6G网络对计算、存储、网络和FPGA等加速资源的需求。边缘数据中心涵盖更加丰富的异构资源,在6G全覆盖的网络背景下,无人机网络、天基网络和海基网络的融合,扩展了网络资源的类型,网络资源不再单独是移动网络和固定网络提供的资源,而是更大程度上的异构网络资源的融合;随着集成电路技术的发展,未来也会有更加丰富的异构计算资源纳入边缘数据中心。多样的异构异质资源存在于边缘数据中心,需要通过虚拟化技术完成资源抽象,拆分为符合业务场景颗粒度的单元(如虚拟机和容器),进而被网络智能化单元统一调度、管理。边缘数据中心在网络的边缘侧从物理上邻近用户,降低传输时延,从一定程度上缓解核心网的传输压力。

边缘数据中心在6G网络部署时,应兼顾边缘数据中心间的协同问题,在部署数据中心时根据网络特点和计算资源的倾向性,针对业务场景的需求在构建时会考虑资源配比,这种情况可能导致某类资源过载,或对新加入应用场景支持的缺失,这需要多边缘数据中心间的协同,利用6G网络的超低时延传输和网络智能化大脑的调度,实现资源的均衡以满足更丰富的应用场景。因此,在未来的6G网络智能化实现中,边缘数据中心这个坚实的底座是满足网络智能化的基础。

本文聚焦6G网络智能化,阐述了6G网络的特征、应用场景、当前标准化进展,总结了6G网络智能化设计时应从网络数据库建立、AI算法设计、实时与非实时智能和安全性出发,

并提出面向6G的网络智能化架构模型,结合具体的室内定位场景,描述智能化在该架构的应用流程,最后从边缘数据中心角度展望网络智能化演进挑战。

参考文献:

- [1] University of Oulu. White paper on 6G networking[EB]. 2021.
- [2] YOU X H, WANG C X, HUANG J, et al. Towards 6G wireless communication networks: vision, enabling technologies, and new paradigm shifts[J]. Science China Information Sciences, 2020, 64(1): 1-74.
- [3] IMT-2030 (6G)推进组. 6G网络架构愿景与关键技术展望白皮书[EB]. 2021.
IMT-2030 (6G) Promotion Group. White paper on 6G network architecture and key technology[EB]. 2021.
- [4] 杨峰义, 刘洋, 杨蓓. 6G网络的一些思考[J]. 中兴通讯技术, 2021, 27(2): 2-5.
YANG F Y, LIU Y, YANG B. Reflections on 6G networks[J]. ZTE Technology Journal, 2021, 27(2): 2-5.
- [5] University of Oulu. 6G white paper on edgeintelligence - 6G research visions, No. 8 [R]. 2020.
- [6] FETTWEIS G P, BOCHE H. 6G: the personal tactile Internet—and open questions for information theory[J]. IEEE BITS the Information Theory Magazine, 2021, 1(1): 71-82.
- [7] CHOWDHURY M Z, SHAHJALAL M, AHMED S, et al. 6G wireless communication systems: applications, requirements, technologies, challenges, and research directions[J]. IEEE Open Journal of the Communications Society, 2021(1): 957-975.
- [8] 中国信息通信研究院. 数字孪生城市白皮书[EB]. 2020.
China Academy of Information and Communications Technology. White paper on digital twins city[EB]. 2020.
- [9] 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.
LIU G Y, JIN J, WANG Q X, et al. Vision and requirements of 6G: digital twin and ubiquitous intelligence[J]. Mobile communications, 2020, 44(6): 3-9.
- [10] Wikipedia. Metaverse[EB]. 2021.
- [11] ELMEADAWY S, SHUBAIR R M. 6G wireless communications: future technologies and research challenges[C]//Proceedings of 2019 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA). Piscataway: IEEE Press, 2019: 1-5.
- [12] NAWAZ S J, SHARMA S K, WYNE S, et al. Quantum ma-



- chine learning for 6G communication networks: state-of-the-art and vision for the future[J]. IEEE Access, 2020: 46317-46350.
- [13] O-RAN. Non-real-time RAN intelligent controller and AI interface workgroup[EB]. 2021.
- [14] SD-RAN - Open Networking Foundation[EB]. 2021.

[作者简介]



王晴天（1989—），男，博士，中国电信股份有限公司研究院 5G 研发中心工程师，主要研究方向为未来网络演进、无线网络开放和网络智能化。



刘洋（1983—），女，博士，中国电信股份有限公司研究院 5G 研发中心高级工程师，主要研究方向为无线网络开放、5G 室内小基站等。



刘海涛（1992—），男，中国电信股份有限公司研究院 5G 研发中心助理工程师，主要研究方向为无线接入网、开源网络技术。



宗佳颖（1994—），女，中国电信股份有限公司研究院 5G 研发中心助理工程师，主要研究方向为 5G、6G 无线接入网技术等。



杨峰义（1965—），男，中国电信股份有限公司研究院 5G 研发中心教授级高级工程师，主要研究方向为移动通信。