

人工智能在 5G 无线网络中的标准与应用进展

易芝玲 孙奇 吴杰 段然

(中国移动研究院 北京 100032)

摘要: 论述了人工智能对 5G 无线网络的重要价值,指明了人工智能在 5G 无线网络中的重要应用场景、标准进展和典型应用方案,提出了人工智能技术在 5G 无线网络中的挑战及发展建议。

关键词: 人工智能; 5G; 无线网络智能化应用场景; 标准化

1 引言

当前,5G 重要性日益提高,被列为了“新基建”之首,5G 将成为社会信息流动的主动脉、产业转型升级的加速器、数字社会建设的新基石^[1]。DT、IT 和 CT 的融合不断深入,不仅为优化 5G 网络性能提供了高效手段,也为扩展 5G 网络服务能力提供了新潜能。当前,AI 技术日益成熟,亟需持续推动 5G 与人工智能的深度融合,推动 AI 赋能无线,全面带动端到端智能升级,全面增强 5G 性能、提高效率、降低成本,全面构建新基建领先优势。

2 人工智能在 5G 无线网络中的应用场景分析

5G 网络从 2019 年开始在全网规模部署。相比 4G,5G 将满足多业务场景的需求,具有超高速率、超低时延、超高可靠和超多连接的特性,并支持网络切片、边缘计算、更高精定位等新能力,这些新需求、新场景和新特性都给 5G 网络的部署和运营维护带来了如下前所未有的挑战。

(1) 网络组网结构复杂: 多个频段 4G/5G 协同,独立组网非独立组网并存。

(2) 网络参数配置复杂: 相比于 4G 网络,更加灵活的物理层设计、波束管理和网络切片等新特性的引入,使得 5G 网络的参数配置更多且更复杂,传统人工优化将难以实现优化配置。

(3) 网络能力定制化、敏捷迭代和升级需求迫切:

5G 多样化业务尤其是垂直行业对无线网络能力的快速灵活定制提出了更高的要求。

(4) 网络能量和资源利用效率仍待提高: 5G 基站耗电量是 4G 基站的 3 倍,5G 建网成本相比于 4G 也有部分增加,如何降低网络功耗、提升网络资源利用效率也是 5G 网络优化面临的重要问题。

针对上述问题,未来网络亟需引入数据分析、机器学习等新技术,以提升网络的自动化、智能化水平,从而降低 5G 网络的部署、运维和优化成本,提高网络的能量和资源利用效率,增强网络差异化、定制化服务能力,提升用户体验。具体来说,人工智能技术将从以下两个方面对无线网络智能运营带来助力。

(1) 预测能力: 基于人工智能技术,可对网络状态、用户行为、业务特性进行可靠预测。基于预测,可对网络进行主动式精细化的管控优化。例如通过故障预测、性能趋势等预测,可实现快速、主动的网络运维;通过业务流量预测,可有效支撑网络节能;通过业务类别预测、用户轨迹预测、用户业务体验预测等可实现主动式、精细化的网络资源调度,在满足业务体验保障情况下,最大化网络资源利用效率。

(2) 数据驱动的优化决策方法: 机器学习算法基于海量网络数据,将辅助对 5G 网络中端到端问题进行统一、高效的建模。同时,也为求解 5G 网络优化中的张量空间大、求解复杂度高的问题提供了有效的优化决策方法。针对高维度变量、多目标优化问题和联合跨层优化等难以理论建模问题,可基于无线网络采集的多样无线环境下的网络各层协议、信令、用户和应用

数据,构建机器学习模型来表征的网络多维度参数与网络的端到端性能指标(Key Performance Indicator, KPI)或多目标联合优化的数学模型。辅助使用最优化搜索算法或强化学习,可获得最优网络参数配置建议或为在线优化算法提供较好的初始搜索点,提升网络优化效率。此外,AI技术也为难以建模的联合跨层优化、网络异常检测和根因分析提供了有效的手段。

从AI应用于无线领域来看,可将控制和管理功能按“资源”和“时间”两个维度进行分类(见图1)。从无线智能化应用决策的所需时间颗粒度和对应的管控的资源颗粒度,可将应用分为以下三大类。

第一类主要面向小时/天/月为时间单位的管理面优化,一般作用的资源颗粒度为小区级、基站级或切片级。此类应用主要面向网络的“规-建-维-优”,具体包含如网络规划部署、网络优化配置、网络故障管理、根因分析、小区级天线波束参数优化、小区自动合并/分裂和小区级移动性参数优化等。

第二类相比于第一类时间颗粒度和作为资源范围的颗粒度更细,一般是10 ms~100 ms级别的智能决策,主要是面向解决载波级别、用户级别的控制面和用户面的无线网络优化问题,包含的典型应用场景为无线切片资源优化保障、业务体验优化、负载均衡、干扰管理、多连接、移动性管理及实时无线带宽预测能力开放等。

第三类更加实时,一般为毫秒级别,主要解决无线空口传输的AI应用问题,如基于机器学习或强化学习的用户调度、智能链路自适应调制编码方案选择、物理

层信道估计检测优化甚至是面向射频的AI使能的数字预失真优化。

在这3类应用场景中,第一类目前由于数据主要基于现有网络运维(O域)、管理域(M域)及业务域(B域)数据,已具有较成熟的数据规范和数据共享平台,且最后智能决策运行环境一般依托于集中的数据分析或网络运营维护平台。此类应用对传统网络通信设备的影响较少,目前的研究相对成熟,部分AI无线网络应用已经进入商业应用阶段,且已经在现网中提供服务;第二类应用和第三类应用由于受限于数据的时间颗粒度更细,数据获取难度大且AI智能决策实体与无线网络设备耦合度较高,无线控制对实时性、准确度和鲁棒性的要求也更高,目前第二类应用主要处于测试验证阶段,有部分应用已经在进行实验室及现网的试点测试;第三类应用则多处于理论研究阶段,距离现网试点和商用还有一段距离。

若以商业需求为导向,上述案例可被进一步划分为切片/用户体验服务保障、面向网络性能增强的无线网络优化、网络能力开放3类场景。图2给出了商业需求导向上的部分典型应用场景的示意图及其对应的关键技术问题。

场景1:切片/用户体验服务保障,主要面向To C与To B的用户服务体验提升和无线能力定制,以提升网络的差异化服务能力。

场景2:无线网络性能增强和优化主要是面向网络自动化运维、网络运维成本降低和网络资源和能量

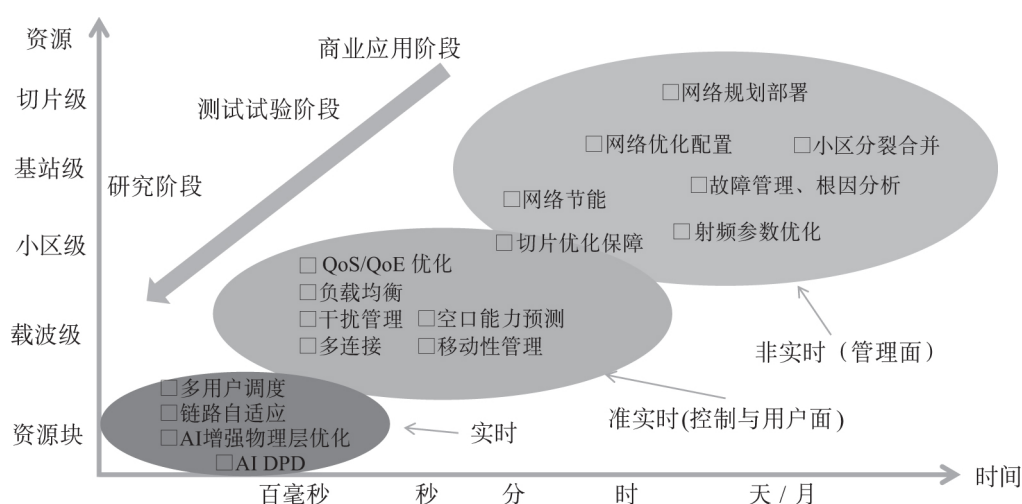


图1 AI应用于无线领域的典型场景

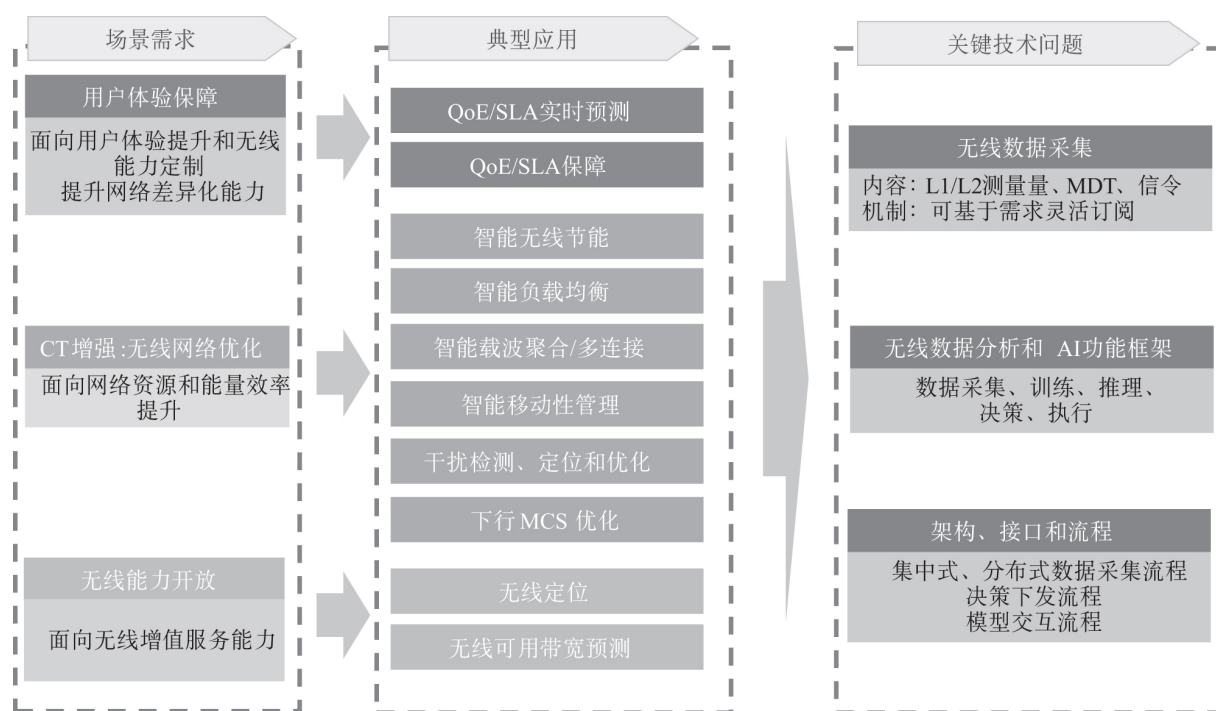


图2 基于商业需求的 AI 无线智能应用分类示意图及关键技术问题

效率提升。

场景 3: 网络能力开放 ,主要考虑无线网络对提供无线增值服务能力 ,如基于 AI 实现无线定位、无线可用带宽预测等 相关无线可以提供给业务应用 辅助应用适配网络实时变化 ,保障用户体验。

业界目前对 AI 在 5G 无线网络中的应用已经有较多研究 ,中国人工智能产业联盟(AIIA) 、未来移动通信论坛(FuTure Forum) 、全球移动通信系统协会(GSMA) 及各大运营商、设备厂商均已发布多本白皮书^[2-6]。产业界在重点用例上已经形成了一定共识 ,为更好地实现对上述关键典型应用场景的支持 ,业界也已经开始对相关关键技术如无线数据采集、无线数据分析、AI 功能框架和架构/接口/流程等展开研究。

3 人工智能在 5G 无线网络中应用的关键技术和挑战

人工智能在 5G 无线网络中应用的关键技术和挑战 ,主要包含三大方面。

一是高效的无线数据采集和存储。为实现无线网络的智能化 ,首先需要建立高效的无线数据采集和存储机制。相比于数据中心的数据 ,分布式的无线基站

使得数据源节点分散 ,无线数据不同协议层的数据时间尺度和数据量差异较大 ,如无线物理层的数据一般为 1 ms 级别 ,而无线管理面的统计数据一般为分钟级。高效无线数据采集、存储和使用是实现无线网络智能面临的重大挑战。无线网络数据模型定义、数据采集机制、数据的分级预处理是需要研究的重要方向。

二是无线 AI 算法。无线通信对实时可靠性一般具有更高的要求 ,如何保证 AI 算法在无线网络中应用的鲁棒性是需要考虑的重要问题。此外 ,考虑到无线网络中设备资源相对受限及相关的隐私问题 ,AI 算法在无线网络中的应用还应格外关注数据传输、算法执行效率和性能与复杂度的折中。无线网络多种智能应用可能会共用一些基本的无线 AI 核心能力 ,如网络流量预测、用户分布预测等 ,无线 AI 核心能力的抽象与构建也是推动 AI 在无线网络中成熟和应用落地的重要内容。

三是架构、接口和流程。为支撑 AI 算法在无线网络中的应用 ,需要综合考虑数据存储、数据传输效率、计算能力和算法决策输出的时间颗粒度要求 ,支持 AI 功能在网络中的灵活引入和部署。网络应支持分层级的、集中化 AI 功能与分布式 AI 功能的协同 ,以充分利

用各网络节点的计算存储能力,在降低数据交互开销的同时提升数据及计算效率。在 5G 网络中引入相关 AI 能力后,相比于传统的通信流程,引入 AI/数据分析平面,还需要进一步明确数据分析平台的接口功能定义和相关数据采集、处理、智能决策下发和模型交互流程,以支撑网络智能化闭环。

4 人工智能在 5G 无线网络中应用的标准进展

从 2017 年开始,产业界启动了人工智能技术在电信领域应用的相关课题研究和标准制定。国际和区域标准组织 3GPP、ITU-T、ETSI、O-RAN 和 CCSA 等从不同的角度对 AI 在 5G 无线网络中的应用进行了研究和标准定制。

目前 3GPP SA2、RAN3 主要侧重网元侧的数据采集内容、流程和相关控制决策内容的定义^[7-8]。3GPP SA5 侧重于网络管理数据分析功能和意图驱动的智能管理服务研究^[9-11]。ITU-T 侧重于机器学习功能框架研究^[12]。ETSI ZSM 的目标是研究分析自动化闭环操作的相关技术;定义通过自动化相关的策略和意图接口,实现端到端管理域的自闭环以及各域之间的交互和协调;定义基于典型用例的端到端自动化流程^[13]。ETSI ENI (Experiential Networked Intelligence, ENI) 的目标是定义一个感知-适应-决策-执行控制模型的体验式感知网络管理架构,通过人工智能技术提升运营商在网络部署和操作方面的体验^[14]。O-RAN 联盟主要侧重于无线接入网侧,引入层级化的无线智能控制器以使得能基于意图/策略的闭环智能管控。利用无线数据分析及机器学习技术,对无线网络状态进行预测,提升用户体验和网络运营效率^[15-16]。CCSA 现阶段主要侧重人工智能在电信网络中的应用场景和智能化分级研究。

总的来看,目前无线网络智能化标准工作主要包含网络智能化能力分级研究、5G 无线网络智能化应用场景与需求研究、网络数据采集与数据分析研究(无线接入网、核心网、网络管理)、AI 功能框架与流程研究、意图策略管理研究这几大方面。

4.1 网络智能化能力分级研究

2018 年 4 月起,中国移动联合产业合作伙伴在 ITU、CCSA、AIIA、3GPP 等标准化组织或行业组织牵头

发起成立了移动通信网络智能化能力分级方法的研究课题或标准项目,并输出相关研究成果或阶段性成果。该研究的主要目标是为行业提供衡量移动通信网络(及其组成部分)智能化能力等级的评价依据,促进行业形成对智慧网络等相关概念的统一认识和理解;为行业主管部门在制定相关策略和发展规划的阶段性目标时提供参考;为运营商、设备提供商和其他行业参与者在技术引入、产品规划等方面提供决策辅助^[17-18]。该课题目前已经在产业界形成一定共识。ITU-T 在 2020 年 2 月发布了《Framework for Evaluating Intelligence Level of Future Networks Including IMT-2020 (评估 IMT-2020 及未来网络智能水平的框架)》标准,CCSA 与 3GPP 也已经完成相关课题研究并发布了相关研究报告。2020 年 6 月,在 3GPP SA5,中国移动牵头完成了《Autonomous Network Levels》标准立项^[19],该标准预计将在 2020 年 12 月完成。

4.2 5G 无线网络智能化应用场景与需求研究

自 2017 年始,3GPP SA2 开始“Study of Enablers for Network Automation for 5G SI(FS_eNA)”的课题研究。该课题研究的场景主要包括:UE 级的定制化移动性管理,如寻呼增强和基于 UE 移动性模式预测的连接管理增强等;5G QoS 增强,如基于用户 QoE 预测的 QoS 参数配置优化;网络负载优化,如基于网络性能预测的 UPF 选择等^[7]。2018 年 8 月,3GPP SA5 立项研究“Self-Organizing Networks (SON) for 5G Networks”课题,主要内容包括 SON 的概念、框架(集中式/分布式)、随机接入优化、移动性管理优化、负载均衡优化等。2018 年 6 月,3GPP RAN3 立项研究“RAN-centric Data Collection and Utilization SI”课题,主要面向网络智能化的无线大数据采集与应用,包括用例场景(如邻区自动化配置、大规模天线覆盖优化、移动性管理增强、负载共享、边缘计算和 URLLC 等)、流程和信息交互。2020 年 6 月,3GPP RAN3 通过“Study on Further Enhancement for Data Collection”研究课题,目标是研究 AI 在无线接入网中的应用场景、数据需求、功能框架和对无线接入网功能和流程的影响^[18]。2019 年 9 月,ETSI ENI 发布用例、需求、架构的第一版本研究报告和标准,并启动第二阶段实时网络的闭环控制研究^[19]。2019 年 6 月,ITU-T 发布《Machine Learning in Future Networks Including IMT-2020: Use Cases(未来网络包含

IMT-2020 中的机器学习用例)》。2020 年 2 月, RAN 联盟发布《无线接入网智能化应用场景和需求白皮书及技术规范》^[15-16]。自 2017 年 7 月始, CCSA 陆续启动“人工智能在电信网络演进中的应用研究”“人工智能和大数据在无线通信网络中的应用研究”等课题研究。

4.3 网络数据采集与数据分析研究

3GPP 在 SA2 NWDAF、SA5 MDAF、SON 及 RAN3 的无线大数据采集项目中基于应用场景案例, 对网络数据分析的输入/输出内容、机制、相关潜在的数据分析方法进行了相关研究。目前 SA2 相关进展较快, 已经进入第二阶段的拓展增强研究, 接下来将进一步研究分层、分布式的智能架构和协议体系, 并拓展新型智能化应用方案。无线接入网侧 AI 功能引入的研究相对滞后, 预计将在 2020 年下半年开始 AI 功能框架和 AI 在无线接入网侧的用例研究。2020 年 6 月, CCSA 在 TC5 WG9 启动了无线网络智能化研究立项, 将对无线接入网 AI 功能输入/输出数据及相关的数据分析、AI 功能展开研究。

4.4 AI 功能框架与流程研究

ITU-T 在 2019 年 6 月发布了面向 5G 和未来网络的机器学习的架构框架标准, 又于 2020 年 2 月发布了未来网络中机器学习应用的数据处理框架标准。ITU-T SG13 正在开展机器学习优化框架和机器学习模型市场相关研究。该系列标准主要侧重于机器学习的参考架构描述及机器学习组件与网络的接口和流程方案研究。ETSI ENI 项目组在 2019 年 9 月发布了 ENI 系统参考架构, 侧重描述 ENI 系统内部的环境感知组件、数据处理组件、知识管理组件和策略管理组件等功能描述及相关 API 接口功能。

4.5 意图策略管理研究

3GPP SA5 在 2018 年 8 月立项“Intent Driven Management Service for Mobile Network”课题, 研究移动网络意图驱动管理场景、管理服务化接口, 以实现自动化闭环的控制, 提升网络管理效率^[10]。2019 年, ETSI 启动了 IANA 课题研究, 旨在研究意图感知的网络自动化场景需求、ENI 系统功能和接口定义^[20-21]。2019 年, ETSI ZSM 发布了网络自动化相关的策略和意图接口研究报告, 对基本术语和产业研究现状进行了分析。O-RAN 联盟针对无线接入网侧的策略和意图展开了相关标准化工作, 在 2019 年 9 月及 2020 年年初已发

布 AI 接口规范及其增强内容^[22]。

基于上述进展分析可以发现, 目前国际和国内标准化组织已经对 AI 在 5G 网络中应用的相关标准研究方向达成了统一, 在用例和需求方向也已经有相对成熟的研究成果。但是, 目前在数据采集、AI 功能定义和端到端流程定义方面仍相对分散和割裂, 需要进一步实现端到端拉通, 以形成完整网络智能化标准体系。

5 AI 在 5G 无线网络中的典型应用

5.1 智能网络节能

能耗问题是移动网络尤其是 5G 网络较突出的问题。智能网络节能方案应考虑面向多形态终端、网络主辅设备和机房环境等基础设施的全方位智能节能。智慧节能调控的对象涉及终端设备、基站等网络主设备、传输动力等辅设备和空调照明等机房环境控制设备, 对其能耗相关参数、功能、设备等进行不同颗粒度的动态自适应控制, 在保证用户体验和网络正常运行的前提下提高能源利用率, 降低网络能耗。

以 5G 无线网络节能为例, 需要考虑设备级、站点级和网络级三方面技术体系。站点级主要从亚帧关断、通道关断及深度休眠等方面开展软件节能; 网络级节能重点从网络协同角度打造多系统节能方案 and 平台节能体系。智慧节能将人工智能与 5G 节能相结合, 通过引入智能业务预测算法, 从而精细化制定相应的节能策略, 形成“节能智能大脑”, 做到“一站一策、一时一策”, 在保证用户体验的前提下充分挖掘节能潜力。通过分析网络负荷、业务需求和网络质量, 可实现不同系统小区实时休眠/唤醒的网络级节能。

为了应对移动网络规模不断扩大带来的日益严峻的网络能耗问题, 中国移动自主开发了能够显著提升网络能效的多网协作节能系统(Multi-RAT Cooperation Energy-Saving System, MCES)。MCES 系统是一种基于与网络设备适时交互的系统, 能同时支持多种主流厂商的 2G/3G/4G 设备。目前, 中国移动正基于 MCES 系统研发面向 5G 场景的 i-Green 平台, 预计该平台将支持 4G/5G 协同节能, 能够在小区间重叠覆盖场景中智能筛选、适时关闭部分重叠覆盖小区以实现网络能耗的降低。通过分析海量测量报告信息(如参考信号接收功率数据), MCES 系统能够分析网络的重叠覆盖度, 发现网络中的节能小区及其补偿小区; 通过历史业

务量数据(如小区上/下行资源占用率),MCES系统可基于AI算法准确预测业务变化趋势。当节能小区处于低业务负荷状态时,MCES系统将把节能小区的业务迁移至其补偿小区,并将节能小区休眠。同时,通过业务预测和实时监控功能,MCES系统能够在业务尖峰到来时及时唤醒休眠的节能小区以保证网络质量。截至目前,MCES系统已在国内18个地市进行试应用,累计应用规模超过97万的小区,可实现每万小区年节电40万度。

5.2 智能业务体验保障

无线网络经营模式正在发生从“流量”到“价值”的转变,网络优化的目标也逐渐从传统的KPI导向向用户体验保障转变。一方面,网络可以感知和识别业务特征,如业务类型、视频业务的帧率、数据包大小、数据包到达时间间隔等,并且预测实时业务体验情况,对空口网络进行适配优化,如采用预调度或者提升调度优先级等业务进行实时保障;另一方面,无线网络可实时预测无线空口链路状态(如空口的可用带宽信息),并将该信息通知给业务应用,业务可以根据空口状态信息,实时优化业务的编码速率、压缩比、TCP窗口,以实现无线网络、传输和业务协同优化。为实现上述目标,可采用AI技术实现如下网络智能增强功能。

(1) QoE预测与优化:可通过采集业务数据,如视频初始缓冲时长、视频卡顿时间和持续时长等信息,以及网络侧相关数据,如用户信干噪比、信道质量信息、小区负载等信息,建立业务QoE实时预测模型,基于无线网络状态,实时预测业务QoE,指导网络策略进行QoE保障。

(2) 空口状态预测:利用历史上的无线测量数据,基于机器学习算法可预测小区级及用户级的空口状态,如覆盖质量或无线速率信息,该预测信息可用于指导上层业务优化和无线网络资源分配,避免无线空口的波动造成的业务体验下降。

5.3 智能负载均衡

无线频谱是网络中宝贵的资源。目前,商用网络中一般存在多个频段、多个载波,各个频段和载波的覆盖范围和利用效率并不相同。多频段负载均衡是保障用户体验和提升运营商投资效益要考虑的关键技术问题。现有负载均衡方案参数配置复杂且流程较长,通过引入小区场景聚类、强化学习、小区级/用户级预测、

无线网络指纹地图等基础AI能力,一方面可自动化精细化调整网络切换、重选配置参数;另一方面,可简化负载均衡流程,降低网络测量开销,提升均衡的效率,改善用户的体验。

(1) 参数优化:根据无线网络的无线测量信息和网络关键性能指标信息,可基于聚类算法对小区进行聚类,并针对不同类型的小区,基于监督学习或强化学习动态学习网络切换、重选和负载均衡算法参数与网络关键性能指标的映射关系,基于寻优算法或强化学习给出不同场景、不同时间段下的最优参数配置。

(2) 小区级和用户级负载预测:基于无线网络小区负载、小区流量、用户业务流量、用户覆盖等信息,对小区和用户未来一段时间的负载和流量进行精准预测,基于预测结果,可提前对网络进行优化和资源协调,提前预防网络拥塞导致的用户体验下降。

(3) 无线网络指纹地图构建:基于无线网络历史测量数据,可构建网络虚拟栅格,通过用户同频测量信息,预测用户异频测量及异频小区的频谱效率和干扰状态;基于预测结果,可有效降低异频测量开销及测量导致的时延,提升数据传输的效率,实现快速精选需要切换的目标用户、目标小区和频点,提升负载均衡效率和用户体验。

目前,中国移动已经与多家设备商展开联合研究与攻关,部分功能已经在实验室和5G NR外场验证环境中进行相关技术方案测试验证。通过引入AI技术,可以实现智能网络节能、5G业务质量的实时保障以及多频段资源的高效利用,降低网络成本、提升用户感知和网络的资源利用效率。可以预见,随着AI算法的进一步发展和网络数据、网络功能标准化工作的进一步深入,AI技术将进一步应用到无线网络更多的场景中并带来更大的经济和社会效益。

6 挑战和建议

人工智能技术在5G无线网络中的应用业务场景复杂,数据来源多样且分散、数据时间颗粒度及可获取性差异巨大,且无线网络的实时性和可靠性要求极高。人工智能技术在5G无线网络中的进一步应用和推广还存在诸多挑战,如网络数据获取难、AI计算、存储和通信协同复杂、面向无线网络的AI算法研究不足等,面对这些挑战,可从以下方面采取措施。

(1) 进一步提升网络数据的获取和感知能力: 完善网络数据采集内容和传输共享机制, 加强基于应用驱动的定制化数据采集能力, 完善形成具备体系的网络数据接口标准, 为 AI 在网络中的进一步应用提供夯实的数据基础。

(2) 进一步研究网络中的跨域、分级、分布式智能架构: 各标准组织已经开展无线网络智能架构研究, 但目前的研究相对分散, 缺少跨域协同的整体打通考虑, 需要进一步对网络多域(如核心网、传输网、无线接入网和网络管理等)多个层面进行系统性拉通研究。分级、分布式智能架构已经在业界形成共识, 需进一步研究数据、模型学习、协同决策机制和关键结束方案, 分析迁移学习、联合学习对网络架构的影响, 以降低网络数据交互, 提升数据及计算效率。

(3) 进一步探索知识+数据的联合学习机制: 考虑到通信中已经存在大量无线通信理论, 且优化理论已经广泛应用于无线网络中, 业界需要进一步深入研究知识+数据的联合学习机制, 以更好地适配无线网络的 AI 智能算法需求, 提升性能和运行效率。

(4) 构建无线网络智能化试验验证环境, 积极推进产学研融合: 为进一步促进无线 AI 算法在无线网络中的应用, 建议产业联合构建无线网络智能化试验验证环境, 推进产学研的深度融合, 以加速理论研究、实践验证闭环和相关应用的成熟度。

7 结束语

AI 在 5G 网络中的应用才刚刚起步, 目前仅处在初级智能化阶段, 需要运营商、设备商、AI 平台和算法商等多方精诚合作, 积极推进新的无线 AI 算法方案和标准化发展, 并探索相关商业模式和产业生态, 依据无线网络智能化分级共识, 分阶段、分步骤地逐步推进网络智能化落地应用。

参考文献

- [1] 王乐. 深入推进 5G 融入百业服务大众 助力经济社会转型升级[N]. 人民邮电, 2020-05-23: 001.
- [2] 中国人工智能产业联盟. 电信网络人工智能应用白皮书[R], 2018.
- [3] FuTURE Forum 5G SIG. Wireless big data for smart 5G [R/OL]. (2017-11) [2020-08-03]. [http://www.future-](http://www.future-forum.org/dl/171114/whitepaper2017.rar)

- [forum.org/dl/171114/whitepaper2017.rar](http://www.future-forum.org/dl/171114/whitepaper2017.rar).
- [4] FuTURE Forum 5G SIG. Mobile AI for smart 5G-empowered by wireless big data [R/OL]. (2018-02) [2020-08-03]. <http://www.future-forum.org/dl/171114/2018mwc.rar>.
- [5] FuTURE Forum 5G SIG. Data driven and intent aware smart wireless network [R/OL]. (2019-11) [2020-08-03]. <http://www.future-forum.org/dl/191120/02-Data%20Driven%20and%20Intent%20Aware%20Smart%20Wireless%20Network%202019.pdf>.
- [6] GSMA. AI in network use cases in China[R], 2019.
- [7] 3GPP TS28.233. Architecture enhancements for 5G System (5GS) to support network data analytics services (R16) [S], 2020.
- [8] 3GPP TS37.816. Study on RAN-centric data collection and utilization for LTE and NR (R16) [S], 2019.
- [9] 3GPP S5-495631. Study on enhancement of management data analytics service [S], 2019.
- [10] 3GPP TS 28.812. Intent driven management services for mobile networks (R16) [S], 2020.
- [11] 3GPP TS28.313. Self-Organizing Networks (SON) for 5G networks (R16) [S], 2020.
- [12] ITU-T Recommendation Y.3172. Architectural framework for machine learning in future networks including IMT-2020[S], 2019.
- [13] ETSI GS ZSM. Zero-touch network and service management, reference architecture [S], 2019.
- [14] ETSI GS ENI 001. Experiential Networked Intelligence (ENI); system architecture; ENI use cases [S], 2019.
- [15] O-RAN. O-RAN-WG1-architecture-v02.00: O-RAN WG1 architecture description v02.00 [S], 2020.
- [16] O-RAN. O-RAN use cases and deployment scenarios [R], 2020.
- [17] 3GPP SP-490787. New study on autonomous network levels [S], 2019.
- [18] 3GPP S5-203326. New WID on autonomous network levels [S], 2020.
- [19] 3GPP RP-201304. New SID: study on further enhancement for data collection [S], 2020.
- [20] ETSI GS ENI 005. Experiential Networked Intelligence (ENI); system architecture [S], 2019.
- [21] ETSI GS ENI 002. Experiential Networked Intelligence (ENI); ENI requirements [S], 2019.

[22] O-RAN. ORAN-WG2. A1. GA&P-v01.00: O-RAN working group 2; (A1 interface: general aspects and principles v01.00) [S], 2019.

研究员 ,高级工程师 ,博士 ,主要研究方向为无线大数据、机器学习在 5G 接入网中的应用、架构接口标准、算法方案等

作者简介:

吴杰

中国移动研究院无线与终端技术研究所研究员 ,博士 ,主要研究方向为无线大数据、无线智能应用及算法研究

易芝玲 中国移动研究院首席科学家 ,博士 ,主要研究方向为 5G/6G、无线网络智能化等关键技术

段然

中国移动研究院无线与终端技术研究所副所长 ,主要研究方向为 C-RAN、无线网络云化、无线网络智能化等关键技术

孙奇 中国移动研究院无线与终端技术研究所高级

AI in 5G networks——usage scenario and standardization progress

Chih-Lin I ,SUN Qi ,WU Jie ,DUAN Ran

(China Mobile Research Institute ,Beijing 100032 , China)

Abstract: This paper discusses the usage scenarios , the key technologies and the standardization progress of artificial intelligence in 5G wireless network. Also , it investigates the challenges of AI in 5G wireless network and provides the recommendations.

Key words: artificial intelligence; 5G; wireless artificial intelligence usage scenario; standardization

(收稿日期: 2020-08-03)