

电信网络智能化发展现状与未来展望

程强 刘姿杉

(中国信息通信研究院技术与标准研究所, 北京 100191)

摘要: 人工智能技术为电信网络的发展带来了前所未有的机遇,也为电信行业重构转型提供了高效的加速路径。利用人工智能赋能电信网络,有望实现网络的智能部署、智能运维、智能优化、智能管理、市场推广与服务创新已经成为不争的事实。目前,电信网络智能化应用与标准化工作已在行业内和多个标准化组织逐步推进。基于当前电信网络智能化在国内外标准组和产业界的开展情况,进一步提出当前网络智能化的研究热点,并对未来进行展望。

关键词: 电信网络; 人工智能; 标准化; 云边端协同; 联邦学习

1 引言

目前,全球已经掀起了人工智能应用的浪潮。将人工智能引入到新一代通信基础设施,可以为网络、计算、应用等信息基础设施提供基于数据的感知、预测和管控能力,促进网络、计算、应用等基础设施的融合与协同。目前,国内外标准化组织、运营商和服务商在积极探索电信网络智能化的需求、架构、算法和应用场景,人工智能在网络中的应用正逐步由概念进入落地阶段。据 Tractica/Ovum 预测,到 2025 年,电信业整体

AI 用例软件市场将以 48.8% 的年复合增长率从 2016 年的 3.157 亿美元增至 113 亿美元。SDN/NFV 和 5G 的大规模部署将推动 2021 年成为网络自动化的转折点。

2 电信网络智能化标准研究进展

目前,电信网络智能化标准研究工作在国际和国内均已启动,3GPP、ETSI、ITU-T、5GPPP、IETF、TMF 和 CCSA 等标准化发展组织积极展开网络智能标准化研究工作,主要研究方向和范围如图 1 所示。

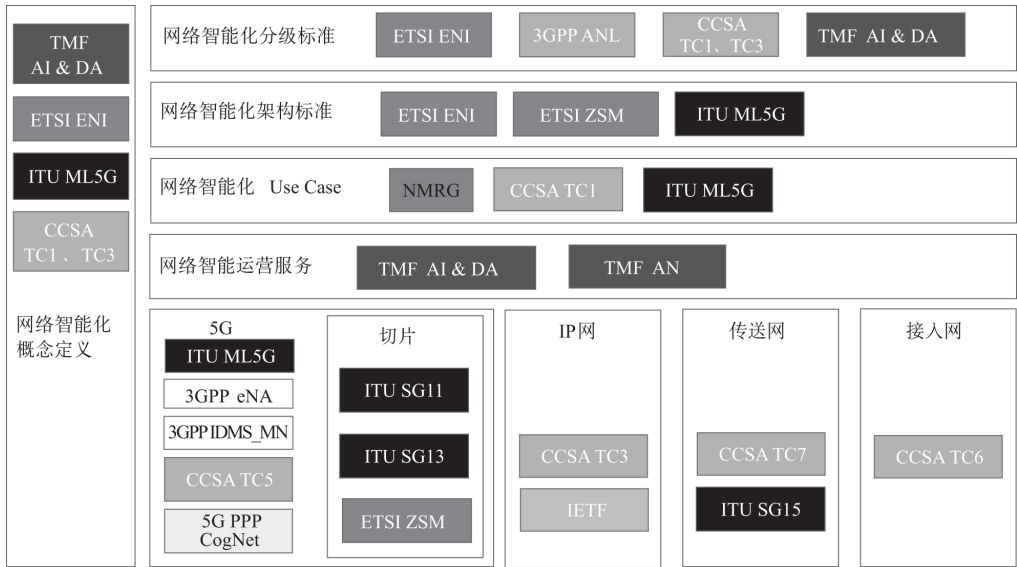


图 1 网络智能化相关标准化研究内容

2.1 ITU-T

目前,ITU-T 主要由 SG13 进行在未来网络中实现机器学习的研究工作。ITU-T SG13 于 2017 年 11 月成立了面向包括 5G 在内的未来网络机器学习(ML5G)焦点组。该焦点组负责起草机器学习适用于未来网络的技术报告和规范,包括网络体系结构、接口、协议、算法、应用案例与数据格式等^[1]。目前,ML5G 第二阶段工作已于 2020 年 7 月结束,后续的研究将在 ITU-T SG13 继续推进。除了 ITU-T SG13,在 ITU-T SG15 于 2020 年 1 月的全会上,Q12 和 Q14 确定将“机器学习如何应用到传送网”纳入标准工作范围,并希望能够充分分析 AI/ML 在传送网中的用途;如何将机器学习应用于传送网现有的功能和运维中并能够给传送网带来哪些新的能力;分析除了现有的管理和控制系统之外,还有哪些场景需要使用 AI/ML。SG16 于 2019 年成立 Q5 聚焦人工智能技术与多媒体应用的融合及影响,并进行相应标准化工作。

2.2 3GPP

3GPP SA WG2 工作组在 2017 年 5 月第 121 次会议上完成 5G 网络智能化的研究项目“5G 网络自动化的推动因素研究(Study of Enablers for Network Automation for 5G, eNA)”的正式立项。该项目将网络数据分析功能(Network Data Analytics Function, NWDAF)引入 5G 网络,目标是通过网络数据的收集和分析,生成分析结果,然后利用分析结果进行网络优化,包括定制化的移动性管理、5G QoS 增强、动态流量疏导和分流、UPF 选择、基于 UE 业务用途的流量策略路由、业务分类等。在该项目的输出 TR 23.791^[2]中,定义了一系列用例、关键实现技术要点和数据流过程等。其中典型的应用包括 5G 移动性管理相关功能可以请求 NWDAF 对终端的移动轨迹进行预测、5G 网络中的 OAM 也可以请求 NWDAF 提供网络切片中的业务运行数据的分析结果来优化网络切片资源的管理、第三方应用可以从 NWDAF 订阅网络性能预测信息并基于预测进行应用层的调整等。

3GPP SA WG5 在 2018 年 9 月的第 81 次会议上通过了“意图驱动的网络管理服务(IDMS_MN)”,在该项目的输出 TR 28.812^[3]中明确了意图驱动的网络管理服务的概念、自动化机制、应用场景以及描述意图的机制等。在 2020 年 6 月召开的第 131e 次会议上,

3GPP SA WG5 成立“自治网络分级(Autonomous Network Levels, ANL)”标准项目^[4],该项目由中国移动作为独立报告人牵头,旨在在 3GPP 框架内,基于网络“规-建-维-优”四大类典型场景,规范自治网络的工作流程、管理要求和分级方法,明确不同网络自治能力标准对 3GPP 现有功能特性的增强技术要求,牵引网络智能化相关标准工作。3GPP 计划通过该项目定义细分场景的分级标准,实现与现有的网络智能化功能特性、服务及接口相关项目的协同,预计在 R17 阶段完成结项。

2.3 ETSI

ETSI 十分重视 AI 技术在 ICT 领域的应用,于 2020 年 6 月发布“AI 及其用于 ETSI 的未来方向”白皮书。2017 年 2 月,ETSI 成立业界首个网络智能化规范组——体验式网络智能行业规范小组(Experiential Networked Intelligence Industry Specification Group, ENI ISG)^[5]。ENI ISG 定义了基于“感知-适应-决策-执行”控制模型的认知网络管理架构,利用 AI 和上下文感知策略来根据用户需求、环境状况和业务目标的变化来调整网络服务。通过自动化的服务提供、运营和保障以及切片管理和资源编排优化来提升 5G 网络性能。目前该小组的输出成果包括术语规范、概念验证(PoC)框架、应用案例、智能网络分级、意图感知的自治网以及 ENI 架构等。

ISG ZSM (Zero Touch Network & Service Management)^[6]工作组于 2017 年 12 月成立,该工作组偏重无线和核心网,其标准化目标是端到端网络及服务进行自动化管理(如交付、部署、配置、维护和优化),在理想情况下实现 100%自动执行从交付到部署业务的流程和任务,但其架构并没有强调 AI 能力。目前,该小组的输出成果包括 ZSM 的应用案例、需求、端到端切片技术和闭环控制实现等。

2.4 TMF

TMF 主要面向 OSS/BSS,指定与电信运营系统(如业务流程、信息模型、各种应用等)相关的标准。当前正在开展的人工智能与数据分析(AI and Data Analytics, AI&DA)^[7]项目主要从架构、用例、AI 术语、数据处理、AI 训练等方面进行研究,研究方向与具体内容如表 1 所示。

表 1 AI&DA 项目主要工作

AI&DA 项目研究方向	具体内容
AI User Story& Use Cases	AI 在网络运维上的用户故事以及相应的用例
Data Model	数据的数字模型化标准, 希望统一 AI 数据模型格式
Service Management for AI	基于 AI 管理电信网的整体功能架构, 包括各接口和功能模块的描述
AI Data Training Repository	AI 对数据的需求、数据的来源(如 Log)、处理(如数据清洗)、使用等
AI Maturity Model	AI 相关概念澄清、AI 网络应用的分级成熟度等

2019 年 5 月, TMF 发布自治网络技术白皮书^[8], 描述了自治网络的功能架构、应用场景与自治网络分级等内容。TMF 自治网络(Autonomous Network, AN)项目^[9]于 2019 年 7 月在 TMF 正式启动, 该项目面向垂直行业, 旨在定义全自动化的零等待、零接触、零故障的电信网络, 以支撑电信内部用户实现自配置、自修复、自优化、自演进的电信网络基础设施。TMF 的主要工作还包括商业架构、技术架构和 PoC 测试等。

2.5 GSMA

GSMA 于 2019 年 6 月成立 AI in Network 特别工作组, 并于 2019 年 10 月发布《智能自治网络案例报告》白皮书^[10]。白皮书汇集了人工智能在移动通信网络应用中的七大标杆案例, 包括网络站点部署自动化、Massive MIMO 参数智能优化、智能报警压缩及原因分析、智能网络切片管理、智能节能、垃圾短信智能分析与优化、智能投诉处理。

2.6 CCSA

目前, CCSA 的多个工作组都已经开展了和智能网络相关的工作项目研究, 主要内容与方向包括网络智能分级、关键技术需求、意图驱动、应用场景等。其中, TC1 侧重于人工智能在网络中的应用场景及总体标准化问题^[11], WG1 目前规范了电信行业人工智能定义与术语、电信行业人工智能应用场景与业务需求, 并对人工智能智能化分级、标准关键问题、在电网中的演进及网络规划应用进行了研究; TC3 聚焦于人工智能在具体的网络与业务能力应用的关键技术^[12], WG1 目前已对基于人工智能的 IP 承载网智能化使能技术、网络业务量预测及应用等进行了研究; TC5 聚焦人工智能在无线通信中的应用^[13]; TC6 聚焦人工智能在传送网与接入网中的应用^[14], 目前已对传送网智能运维、接入网运维应用等进行了研究。目前, CCSA 正在进行的电信网络智能化相关项目总结如表 2 所示。

表 2 CCSA 网络智能化相关项目总结

CCSA 工作组	相关项目名称	项目类型
TC1/WG1; TC3/WG1	通信网络智能化分级及评估方法	行业标准
TC1/WG1	电信行业人工智能应用场景与业务需求	行业标准
TC1/WG1	电信行业人工智能定义与术语	行业标准
TC3/WG1	基于 SDN/NFV 智能通信网络的随愿网络总体技术架构及技术要求	行业标准
TC7/WG1	移动通信网络管理与运营智能化水平分级技术要求	行业标准
TC3/WG1	基于 AI 赋能的通信网络架构和 AI 通用能力技术要求	行业标准
TC5/WG12	“5G 智能网络数据分析(NWDA)”系列标准	行业标准
TC5/WG12	5G 核心网网络智能化分析和控制架构与关键技术研究	研究课题
TC3/WG3	网络智能化引擎在未来网络中的应用研究	研究课题
TC3/WG1	IP 承载网络智能化使能技术研究	研究课题
TC6/WG2	人工智能在接入网运维中的应用和关键技术研究	研究课题
TC7/WG2	传送网管理系统的智能化演进研究	研究课题
TC10/WG3	基于 AI 的面向物联网应用的网络故障诊断技术需求分析研究项目	研究课题

3 电信网络智能化行业发展现状

3.1 国内外运营商

国内三大运营商都已在人工智能领域布局,在智能客服、智慧城市、智慧医疗、智能交通、智能网络运维、智能5G网络等多方面展开工作。中国移动在标准化、基础平台和应用实践等方面均有所推进。标准化方面,先后在8个标准化和行业组织积极推动网络智能化水平分级框架和评估方法标准化工作;平台方面,发布了人工智能基础平台“九天平台”,全线孵化系列AI能力和应用服务能力;应用方面多个典型案例包括智能客服、网络故障端到端智能运维和业务质量智能感知等均已网络运营中得到部署,并取得显著成效。中国联通于2019年6月发布了《中国联通网络人工智能应用白皮书》,推出网络智能化发展引擎智立方CubeAI平台,构建网络AI共赢生态和开放合作体系,并与华为、百度、科大讯飞、烽火等公司均有AI项目合作。中国联通目前已经落地部署的应用包括基于AI的核心网KPI异常检测、IP RAN的智能事件管理、一站式智能排障、基于AI的无线网络自排障、基于AI的无线多载波吞吐量参数优化、基于AI的弱PON信号检测等。中国电信牵头产业界共同编制发布了《网络人工智能应用白皮书》,并于2019年6月发布《中国电信人工智能发展白皮书》,搭建灯塔AI平台,基于自身在数据、算法、通用算力和渠道方面的优势,从面向客户与网络运营两大切入领域发展人工智能,目前已在移动基站节能和运维智能化等方面落地部署了人工智能应用。

与此同时,国外电信运营商也在积极推进AI应用,美国AT&T、韩国SK电讯、日本NTT Docomo等已经将AI上升到公司战略高度,并通过多种方式介入人工智能领域。AT&T提出了Network 3.0 Indigo下一代网络转型计划,将AI技术应用在网络故障预警、移动网络现状分析上,将运营商内部大量常规操作流程转向过程自动化。AT&T与Tech Mahindra合作开发了AI开源平台Acumos,并计划通过Acumos来建设智能化网络。日本NTT Docomo于2020年1月发布了白皮书:5G Evolution and 6G,提出将利用AI实现移动网络的泛在智能。2019年5月,Orange联合华为共同完成了基于AI的光网智能运维测试;联合智能边缘物联网

软件提供商Octonion推出了专门为LTE-M网络设计的物联网设备,来实现边缘人工智能与网络安全。除此之外,西班牙电信、德国电信、沃达丰等运营商都提出了网络智能转型计划,在网络运维、优化、业务服务等领域引入AI技术。

3.2 国内外设备/服务商

国内外设备商与服务商在电信网络智能化发展上大力投入,并积极展开与运营商的合作,提出网络智能化的应用方案与垂直业务服务。

在国内,华为在2019年推出NAIE人工智能电信网络开源平台,提供了多项网络智能案例,并先后发布多项与网络智能化和自动驾驶网络相关的白皮书,包括《华为面向自动驾驶移动网络的关键场景白皮书》《华为网络人工智能引擎(iMaster NAIE)白皮书》《自动驾驶网络解决方案白皮书》等。2020年,华为面向全球上市自动驾驶网络解决方案iMaster智能运维系列产品,包括网络人工智能单元、跨域智能运维单元等。中兴通讯提出通过云化网络引入数据感知、智能分析、意愿洞察三大AI能力,构建端到端的智能化网络,并于2018年2月发布《人工智能助力网络智能化—中兴通讯人工智能白皮书》;于2018年10月发布《中兴通讯5G网络智能化白皮书》。大唐移动积极推动智能化网络运维和多网融合,深入推进垂直服务和通用服务,包括智能网联汽车、智能无人书店、智能安防、智能制造、智慧电力等。

在国外,爱立信提出多项AI网络应用案例,并与多家运营商和服务商展开合作,例如与日本NTT Docomo签署了业界最大的AI网络优化项目合同,为其提供基于AI的无线接入网优化;为日本软银提供基于AI的无线接入网设计;支持印度最大运营商Bharti Airtel构建智能和预测性网络运营;与沃达丰合作将AI用于智能小区切换;与中国联通合作共建移动网络人工智能应用联合实验室等。美国高通推出了在智能手机、汽车等终端侧上应用AI更快速高效的AI引擎,通过将AI和5G结合,利用5G的高容量、低时延和高可靠性的特性来支持终端实现感知、推理和行动。思科在2019年6月发布了一系列软件增强功能,旨在将人工智能和机器学习更深地融入网络,并提出了基于AI、数据中心和云在内的基于意图的网络(Intent Based Network, IBN)。

4 网络智能化发展研究热点

4.1 云边端协同

在电信网络智能化应用的开展过程中,电信数据的实时收集、传递、处理和学习变得尤为重要。随着近年来电信网络边缘设备与数据量的迅速增长,基于云的集中式学习在实时性、传输效率、数据安全与隐私保护等方面存在不足。随着边缘计算与人工智能技术的双重推动,靠近数据源头的边缘节点和终端节点等智能处理能力提升,可以进行数据的收集、实时推理或是承担一部分的训练工作,实现与云端节点的协同计算。

云边端协同计算的主要工作模式包括:通过边缘与云端之间的协同,合理优化任务分配,可以通过云端训练边缘侧推理来提高智能应用的效率;通过边边协同,边缘与边缘之间通过联合学习,可以提高数据共享与模型泛化能力,在保护数据隐私的前提下提高网络智能化应用质量;通过边缘与网元、终端设备之间的协同,利用网元和终端设备的多功能、空间分布多样化以及智能能力嵌入的优势,可以提升推理效率与服务多样性等。云边端协同涉及的关键技术较为丰富,包括分布式训练、联邦学习、迁移学习、模型分割与压缩等。

4.2 联邦学习

联邦学习(Federated Learning)作为一种分布式机器学习框架,在2016年由谷歌最先提出,是一种新兴的人工智能基础技术,它的基本含义是多个数据拥有方想要联合他们各自的数据训练机器学习模型时,保证所有训练数据都保存在本地的情况下学习到一个共享模型,并且该共享模型的效果与利用共享数据训练出来的模型效果之间的差距足够小。在联邦学习的训练过程中,数据本身不会离开用户本地,节点之间共享的知识模型的参数更新,从而保证了数据安全和隐私需求。由于联邦学习可以保证原始数据在不出网的情况下通过加密的方式更新模型参数,通过协同训练提升模型准确度和泛化能力,因此联邦学习的这种学习策略一方面适用于数据分散于各个运营商网络空间、不同层域的电信网络以及电信网络与垂直行业之间进行多方合作计算;另一方面联邦学习适用于终端、网元或边缘设备进行协同训练的场景,可以应用分布更广泛的数据在不稳定的通信环境中进行训练,模型的泛化能力也往往要优于每个联邦用户单独训练的结果。

联邦学习包括横向联邦学习、纵向联邦学习和联邦迁移学习3种类型^[15]。针对这3种学习类型,其中,横向联邦学习适用于拥有不同用户群体,但数据属性较为类似的边缘节点或子网之间,通过对用户不同但数据特征类似的数据进行联邦学习,可以提高模型的精确度和泛化能力;纵向联邦学习适用于具有相同用户ID,但数据属性不同的数据,训练可以在网络空间的不同位置,例如终端和云端,也可以是不同的网络空间来进行,最终可以实现对网络的全局优化。同时,纵向联邦学习还可以用于运营商与其他垂直行业,对相同群体用户不同维度的数据进行联邦学习,从而提高电信网络对垂直业务的服务能力;联邦迁移学习则可以将电信网络中的训练模型用于其他领域进行建模,例如智慧零售和智慧城市等。联邦学习已经成为当前网络智能化的研究热点。

4.3 电信数据集处理技术

由于电信大数据不仅具备一般大数据的5V特点(大量、高速、多元、价值稀疏与真实),还具有多维度、多边形、多粒度和个性化等特点,因此如何对电信网络数据类型、特征、格式和颗粒度的多样性来进行(统一的)数据表示、数据融合、数据预处理、数据存储是当前电信领域开展智能化应用投入较多的技术难点。随着5G网络的发展,高带宽和超密集连接下支持海量设备连接,如何对来自海量设备的数据包进行实时无损的采集、传输、存储、去冗余、压缩和标注是电信网络进行机器学习应用和数据分析需要解决的前提。

高质量的数据集是进行机器学习和开展智能化应用的前提,在电信领域汇聚和共享数据资产,建设行业权威高质量的标注数据集,已经成为行业当前的关注重点。电信数据的汇聚与共享还可以促进电信网络全局优化工作的开展,打破当前电信网络“烟囱式”的架构。但与此同时,数据的开放使得数据泄露与个人信息保护成为挑战,数据的流通给数据质量的保障带来困难,在电信数据的全生命周期内保证数据安全与用户隐私的前提下开展智能化应用已经成为行业共识,相关的技术研究包括数据脱敏技术研究、差分隐私、同态加密和联邦学习等。

5 网络智能化未来展望

目前,伴随着5G网络的大规模建设和网络人工智

能平台的成熟,网络智能化正逐步从概念走向落地应用。对于网络智能化的发展,呈现出以下趋势。

5.1 网络智能化基础能力持续增强

网络人工智能的成功应用需要数据、算力、网络和人才的全面升级,虽然电信行业在人工智能技术的掌握能力、相关人才与技术、组织灵活性和驱动力上存在天然弱势,但随着运营商和设备商等在智能云平台和数字化方向的发力,对网络智能化所需的数据、算法、算力、工具、人才等进行的聚集和积累已初具规模。与此同时,网络开放数据集、智能算法库等逐步开放,国内国际网络智能化竞赛的举行、标准化工作的推进、开源项目与平台的建设等都为筑牢网络人工智能的技术、人才底座,为网络人工智能后续的发展奠定了坚实基础。

5.2 智能运维成效初步显现

随着 5G 的规模部署,电信网络变得日益复杂,无线 2G/3G/4G/5G 形成“四世同堂”叠加网,网络运维面临巨大挑战。传统以人工为主的运维方式已经无法适应目前网络面临的运维复杂性增加、网络参数配置更加灵活、网络安全问题突出等新型挑战。为了提升网络运营效率,人工智能技术可以解决电信网络运维中存在的重复性、复杂性和预测类难题,国内外运营商、设备商和服务商通过一些运维效率提升明显的用例,例如核心网 KPI 异常检测、故障识别与根因定位、智能网络调优、基站智能节能等,将网络智能应用落地示范,逐步将 AI 应用到运营商全网,不断促使网络运营和运维模式发生根本性变革。

5.3 网络数字化带动智能化

为了推动网络自动化运维和执行能力的提升,网络数字化工作持续推进。随着 5G 网络演进与 AI 能力的引入,网络的数字化模型需要多维与海量的数据,并要保证数据感知的实时性,来提高网络的感知和决策闭环能力。随着知识图谱技术的发展,电信网络运维经验与专家知识的数字化,为网络从人工运维向自治运维提供了技术底座。在网络自动化闭环过程中,需要将人工经验与知识转化为机器可理解的知识库,从而在网络自动化分析、意图驱动和闭环决策中发挥作用。当前,通过将知识图谱等方法和技术应用到电信网络中,在网络故障智能识别和根因分析等场景中应用和推广,已取得较好成果。

6 结束语

利用人工智能提供的强大分析、判断、预测等能力,赋能网元、网络和业务系统,实现电信网络的规划、建设、维护、运行和优化等过程的性能提升和自治化,已经成为当前国内外电信行业的发展重点。电信网络智能化在标准研究、技术验证与落地应用等方面均有重要推进。在面向未来电信网络的智能化变革中,人工智能将贯穿整个端到端网络全生命周期的运营与演进,实现网络的泛在智能能力,带动整个电信产业的智能升级。

参考文献

- [1] ITU. ITU-FG-ML5G 组介绍 [EB/OL]. [2020-08-05]. <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ml5g/Pages/default.aspx>.
- [2] 3GPP. 3GPP-eNA 项目输出 TR 23.791 [EB/OL]. (2019-06-11) [2020-08-05]. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3252>.
- [3] 3GPP. 3GPP-IDMS_MN 项目输出 TR 28.812 [EB/OL]. (2020-03-27) [2020-08-05]. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3553>.
- [4] 3GPP. 3GPP SA WG5 成立“自治网络分级标注项目” [EB/OL]. [2020-08-05]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/TSG-WG5-wis.htm>.
- [5] ETSI. ETSI-ENI ISG 介绍 [EB/OL]. [2020-08-05]. <https://www.etsi.org/committee/1423-eni>.
- [6] ETSI. ETSI-ISG ZSM 介绍 [EB/OL]. [2020-08-05]. <https://www.etsi.org/technologies/zero-touch-network-service-management>.
- [7] TM Forum. TMF AI and data analytics, AI&DA 项目介绍 [EB/OL]. [2020-08-05]. <https://www.tmforum.org/ai-data-analytics/>.
- [8] TM Forum. TMF 自治网络技术白皮书 [EB/OL]. (2019-05-15) [2020-08-05]. <https://www.tmforum.org/wp-content/uploads/2019/05/22553-Autonomous-Networks-whitepaper.pdf>.
- [9] TM Forum. TMF AN 项目 [EB/OL]. [2020-08-05]. <https://www.tmforum.org/collaboration/autonomous->

networks-project/.

- [10] GSMA. 智能自治网络案例报告 [EB/OL]. (2019-10-18) [2020-08-05]. https://www.gsma.com/greater-china/resources/ai_in_network-chinese/.
- [11] Yang Q , Liu Y , Chen T , et al. Federated machine learning: concept and applications [J]. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST) , 2019 ,10 (2) : 1-19.

作者简介:

程强 中国信息通信研究院技术与标准研究所宽带网络研究部主任工程师 ,ITU-T ML5G 焦点组副主席 ,中国人工智能产业发展联盟电信项目组组长 ,主要从事电信人工智能、宽带网络等技术和标准研究工作 ,主持起草多项宽带和网络智能化方向行业标准和技術白皮书

刘姿杉 中国信息通信研究院技术与标准研究所宽带网络研究部工程师 ,主要从事人工智能、量子计算等方面的研究工作

Intelligent telecommunication networks: current status and future prospects

CHENG Qiang , LIU Zishan

(Technology and Standards Research Institute , China Academy of Information and Communications Technology ,
Beijing 100191 , China)

Abstract: Artificial intelligence (AI) technology brings unprecedented opportunities for telecommunication networks , and provides efficient paths for the reconstruction of telecommunication industry. The application of AI could empower the telecommunication networks to realize intelligent deployment , operation , maintenance , optimization and management , and provide market promotion and service innovation. Currently , the intelligent application and standardization of the telecommunication networks is gradually advanced. This paper summarizes the current status and progress of intelligent telecommunication networks in international and domestic standard organizations and industry areas , presents several research highlights , and prospects the future development of the network intelligence.

Key words: telecommunications network; artificial intelligence; standardization; cloud-side-end collaboration; federated learning

(收稿日期: 2020-08-05)