



基于人工智能的网络智能化 发展探讨

Network Intelligence Based on Artificial Intelligence

张嗣宏/ZHANG Sihong, 左罗/ZUO Luo

(南京中兴软件有限责任公司, 江苏 南京 210012)
(Nanjing ZTE Software Co.Ltd., Nanjing 210012, China)

DOI: 10.12142/ZTETJ.201902009

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20190326.0955.002.html>

网络出版日期: 2019-03-26

收稿日期: 2019-01-25

摘要: 梳理了当前人工智能在通信领域的研究和应用进展, 提出了中兴通讯基于人工智能的网络智能化解决方案。认为网络可以在网元智能、运维智能和业务智能 3 个层面引入人工智能(AI), 并按照分层、按需、分阶段的引入原则, 最终实现网络泛在智能。同时提出了一套多维度智能化分级标准, 结合通信工作流程和智能化范围, 将网络智能化水平分为 5 个等级, 这将有助于网络逐步向目标架构演进。

关键词: 5G; AI; 网络智能化; 架构; 分级演进

Abstract: The research and application progress of artificial intelligence (AI) in the field of communication are reviewed, and the network intelligent solution of ZTE based on AI is proposed. It believes that the AI can be introduced into network in three levels: network element intelligence, operation and maintenance (O&M) intelligence and business intelligence, with the principles of tiered, on-demand, and phased. In this way, ubiquitous intelligence can be achieved. At the same time, a set of multi-dimensional intelligent grading standards is proposed. Combined with telecom workflow and intelligent scope, the level of network intelligence is divided into five levels, which help the network evolve to the target architecture.

Key words: 5G; AI; network intelligence; architecture; phased evolution

1 通信网络目前面临的挑战

5G时代即将来临, 随着云化转型深入和物联网(IoT)等业务的融入, 电信运营商面临网络复杂化、业务差异化和用户需求多样化等挑战, 对降低运营成本, 提升网络运维效率及便捷性等方面提出更高的要求。这些要求和挑战具体包括^[1-6]:

(1) 网络运维更加复杂。2G、3G、4G、5G 多种制式将长期共存, 网络管理和优化的难度大大增加, 对运维人员提出了更高要求。另外, 虚拟化分层解耦, 故障的定界、定位更加困难。此外, 云化网络动态变化, 资源调度和管理也是一个

巨大的挑战。

(2) 网络能力要求高。和传统网络相比, 5G网络在带宽、时延、可靠性、连接数等关键业务指标上都有量级上的提升, 并且需要同时满足不同业务的差异化需求。如何充分发挥网络潜能, 快速适应网络需求变化, 对新一代的网络设备提出了较高的智能化要求。

(3) 业务需求多样化。一方面, 人与人通信的单一模式将逐渐演变为人与人、人与物、物与物的全场景通信模式, 业务场景将会更加复杂, 这将带来对服务等级协议(SLA)的差异化需求, 以及与之配套的网络管理复杂性等。另一方面, 依托 5G

网络能力和丰富的业务发展, 业务体验也将呈现出多元化、个性化发展态势, 网络对于体验的支撑保障将颠覆传统模式, 迎来全新挑战。

2 当前通信领域对人工智能的研究和应用进展

2.1 通信领域标准/开源组织在人工智能应用方面的研究进展

目前第 3 代合作伙伴项目(3GPP)、欧洲电信标准化协会(ETSI)、国际电信联盟电信标准化部门(ITU-T)、中国通信标准化协会(CCSA)、深度学习基金会的人工智能开源平台项目(Acumos)等众

多标准/开源组织都已经开始在各方面研究人工智能技术在通信网络中的应用,研究进展如下^[9-10]。

(1)3GPP。

在2017年5月的业务与系统工作组(SA WG2)#121会上通过了“Study of Enablers for Network Automation for 5G SI”的立项,在核心网领域增加网络数据分析功能(NWDAF)来进行数据分析,并将分析结果反馈给网元来决策。

在2018年6月的无线接入网(RAN)#80全会上通过了“RAN-Centric Data Collection and Utilization SI”立项,研究面向网络自动化与智能化的无线大数据采集与应用,并且探索在RAN侧引入数据分析的潜在影响。

在2018年9月的SA WG5#81会上通过“Intent Driven Management Service for Mobile Networks”立项,调查意图驱动的移动网络管理场景,研究可用于实现移动驱动目标的、包括自组织网络(SON)在内的自动化机制,以及描述意图的适当机制。

(2)ETSI。

在2017年2月,业界首个网络智能化标准组——“体验式网络智能(ENI)”宣布成立,该组织使用人工智能来提升运营商在网络部署和操作方面的体验。其核心理念是网络感知分析,数据驱动决策,基于人工智能(AI)的闭环控制。

在2018年1月,零触摸网络及业务管理行业规范小组(ISG-ZSM)的相关会议召开,会议聚焦端到端网络和服务管理,目标是在理想情

况下100%自动执行所有操作过程和任务。

(3)ITU-T。

在2017年11月的SG13会议上,ITU-T成立了面向5G未来网络的机器学习焦点组(FG-ML5G)。FG-ML5G的工作目标是提高面向5G的机器学习的互操作性、可靠性和可模块化能力,制定用于未来网络的机器学习研究报告和标准,包括接口、架构、协议、算法和数据格式,分析用于未来网络的机器学习的适应性及影响。

(4)CCSA。

CCSA已经在多个应用领域展开相关研究工作,在2017年7月的TC1-WG1#58会上讨论通过了“人工智能在电信网络演进中的应用研究”课题立项。2017年12月的TC5-WG6#47会上通过“人工智能和大数据在无线通信网络中的应用研究”课题立项。2017年12月的TC5-WG12#2会上通过“智能化5G核心网络切片技术研究”课题立项。2018年8月的TC5-WG6#49次会议上通过“移动通信网络智能化能力分级研究”课题立项。

(5)开源组织:深度学习基金会和Acumos项目。

2018年3月,linux基金会下成立了专门研究人工智能技术的深度学习基金会,并宣布了第1个开源项目Acumos。该项目由美国电信巨头AT&T牵头运作,项目的2大目标是开源平台和Marketplace,希望构建一个开放的AI应用和服务生态圈。Acumos项目已经于2018年11月发布第1个版本Athena,并计划

2019年5月发布第2个版本Boreas。

(6)开放无线接入网络(ORAN)联盟。

2018年2月,中国移动、美国AT&T、德国电信、日本NTT DOCOMO以及法国Orange等5家电信运营企业宣布联合成立ORAN联盟,目标是使无线网络实现标准化、通用化、开源化、智能化。该联盟计划引入RAN智控平台,通过实时数据分析、机器学习及人工智能技术,让网络更具智慧性。

2.2 运营商在人工智能应用方面的研究进展

全球主流运营商都已经将网络智能化转型上升到战略层面,积极研究人工智能技术在通信领域的应用,探索跨界创新,通过人工智能、大数据、5G、IoT等技术的融合寻找价值应用场景。

中国移动提出“促进传统产业向数字化、智能化转型升级,努力成为人工智能应用的先行者和人工智能产业的赋能者”的目标,自研“九天”人工智能平台,并积极参与开放网络自动化平台(ONAP)和ORAN等开源组织,希望将AI技术赋能到通信网络的设计、规划、运营、维护、业务服务等每一个环节,提升网络的能力和服务质量,大幅降低运维运营成本^[11-13]。

中国电信提出了“网络智能化、业务生态化、运营智慧化”的转型3.0目标,发布了灯塔AI平台,积极参与ENI等国际组织,牵头产业界共同编制发布了《网络人工智能应用白皮书》,以CTNet2025为指

引,将AI技术与软件定义网络(SDN)/网络功能虚拟化(NFV)技术结合,打造新一代智能信息基础设施。

中国联通提出“以智慧网络做基础设施建设的提供者、以智慧应用做新业务新业态的推动者、以智慧技术做技术创新的引领者”的目标,通过引入AI等新技术,打造智能、敏捷、集约、开放的CUBE-Net 2.0+网络,给出了从网络云化到网络自动化,最终走向网络智能化的智能化演进路径。同时,中国联通结合混改转型,引入互联网公司等战略合作方,成立了多个智能化技术联合实验室。

美国AT&T也走在引领行业智能化转型的前列,提出了Network 3.0 Indigo的下一代网络转型计划,构建数据社区,积极打造智能化的

产业生态系统,成立了第1个由电信运营商牵头的AI开源项目Acumos,并且计划通过Acumos和ONAP的协同,建设智能化网络,提供各类智能业务应用。

此外,软银、德国电信、沃达丰等国际领先运营商都提出了智能化转型计划,在网络运维优化、业务运营等多个领域积极引入AI技术。

3 基于人工智能的网络智能化演进

3.1 网络智能化总体架构

当前通信网络正在从传统网络向SDN/NFV云化网络转型,并基于云化网络架构,引入AI 3大能力,即数据感知、AI分析、意图洞察,云化网络将进一步向智能化网络演进。面向未来的智能化网络架构如图1

所示^[14]。

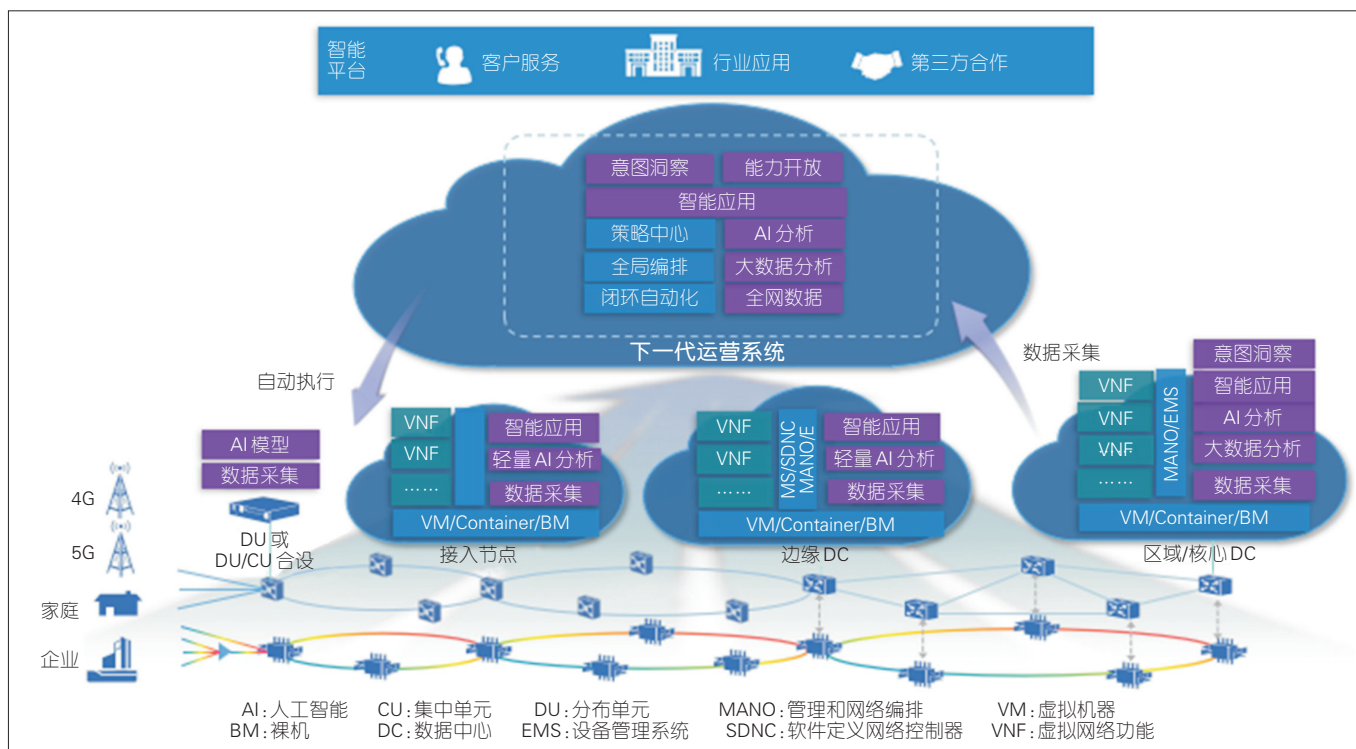
3大AI能力为:数据感知能力、AI分析能力、意图洞察能力。

(1)数据感知能力。数据感知能力包括数据采集、存储、预处理,可以为AI分析提供训练和推理所需要的高质量基础数据。

(2)AI分析能力。AI分析能力包括训练和推理2大能力,使用人工智能技术来训练数据,生成各场景所需的算法模型,为各类策略提供支撑,同时也可以使用训练出来的AI模型进行应用推理。

(3)意图洞察能力。通过意图洞察能力,可以实现用户意图的识别、转译、验证和保障等功能,在自动化管控系统的配合下,精准实现用户意图。

未来网络的人工智能能力是泛在化的,可以根据不同的建设需求,



▲图1 面向5G及未来网络的智能化网络架构

在网络的不同层面,分层逐步引入AI能力。网络的几大层面,如基础设施层、网络及业务控制层、运营及编排层,都将根据对智能能力的细化要求,逐步使能AI。

在网络层中,越上层的位置越集中化,跨领域分析能力越强,适合对全局性的策略集中进行训练及推理,比如跨域调度、端到端编排等。通常对计算能力要求很高,需要跨领域的海量数据支撑,对实时性要求一般敏感度较低。越下层位置,越接近端侧,专项分析能力越强,对实时性往往有较高要求,比如5G新空口(NR)的移动性策略移动边缘计算(MEC)的实时控制等;但对计算能力依赖度不高,一般适合引入嵌入式推理能力或结合MEC,部署具备一定实时处理能力的轻量级训练引擎。

3.2 网络智能化总体规划原则

(1)5G云化网络优先。网络智能化整体架构优先以5G云化网络架构为基础,重点在5G网络中实现,同时也兼顾传统网络,因为传统的网络也可以进行局部智能化升级改造。

(2)统一架构设计。架构设计和能力规划以整网智能化为主要目标,所有子网遵循统一架构,便于未来跨域跨子网的综合场景智能化的推进。

(3)解耦设计,多场景部署。智能化涉及的大数据、AI、下一代运营运维系统等多平台实现组件化解耦设计,可分可合,满足各种部署场景需求。

(4)聚焦价值场景,逐步推进。智能化切入可以由点及面,逐步实施,从单专业局部功能增强切入,再延伸向同领域跨专业场景,最终向全网端到端等高智能场景演进。

3.3 网络智能化分级演进

考虑到当前网络发展的现状和AI技术发展水平,我们认为全网智能化难以一蹴而就,需要经过一个长期的发展过程,逐步达到最终理想的智能化水平。有必要借鉴自动驾驶领域分级演进的方法,研究形成通信网络智能化的分级标准,一方面可以在行业内就智能化形成统一认识和理解,另一方面也有助于向行业内各参与方在技术引入、产品规划方面提供一个参考依据。

参考自动驾驶分级标准,我们对网络智能化水平也细化了5个智能化等级,具体如图2所示。相对于自动驾驶以驾驶员为核心的单一场景,通信网络的智能化分级评估要复杂得多,难以通过单一场景或维度来衡量,需要既充分考虑通信网络规划设计、安装部署、运维优化、业务运营等不同的工作流程,又

要考虑从网元到整网的端到端网络子系统;因此,需要对网络的智能化水平进行多维度综合衡量^[15]。

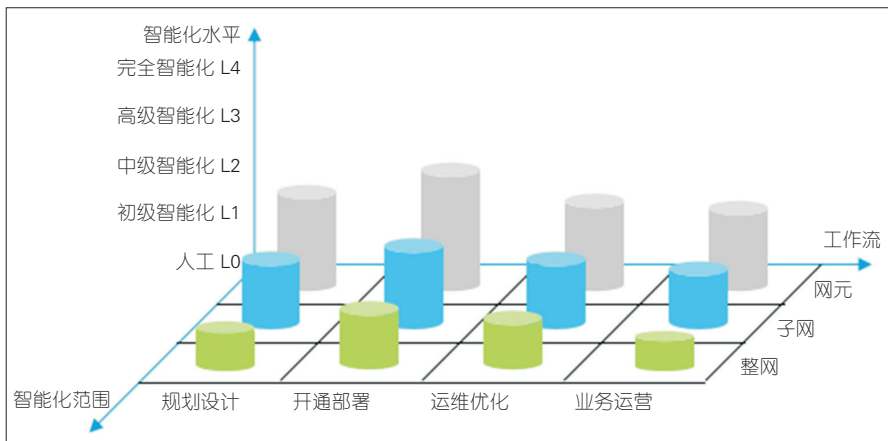
每个级别的智能化水平可以用一组关键特征来体现,每个阶段都有一些关键能力的进步,具体的特征如图3所示。

当前网络的智能化水平大致处于L1~L2之间,大部分场景处于L1,局部场景具备L2水平。不同的网络架构也会对智能化的水平产生制约,相比传统网络,云化网络更容易实现高级别智能化。我们建议5G等新建网络可以参考L2级水平来建设,并逐步向L3/L4演进;而传统网络只能做局部智能化增强,最多也只能达到L2级,难以实现更高等级的智能化。

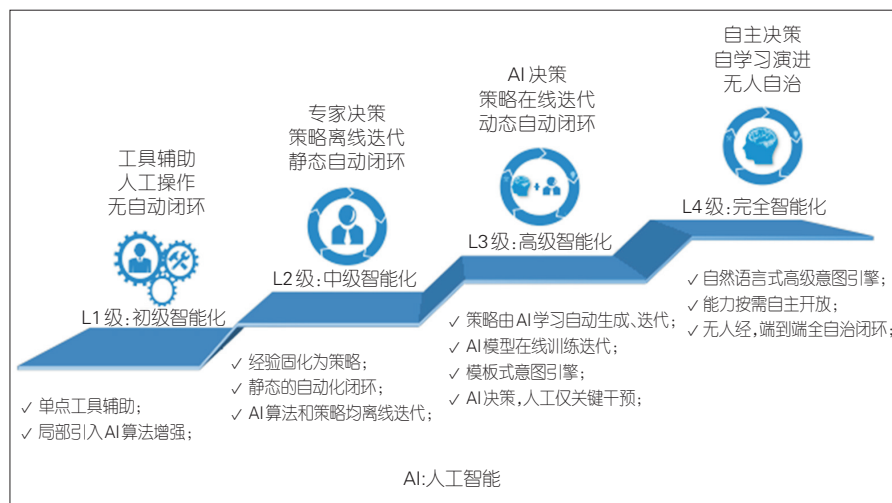
4 人工智能在通信网络的典型应用场景

4.1 基于AI的大规模天线技术

5G的大规模天线技术,可以有效提升网络覆盖,降低干扰,增强系统性能,其在Pre5G长期演进(LTE)系统中已经得到了较好的验



▲图2 网络智能化分级综合评估示例



▲图3 网络智能化分级各阶段的关键特点

证。5G 大规模多输入多输出(MIMO)的波束赋型,基于射频指纹库,结合数据地图,通过AI算法训练形成规则,能够在波束跟踪、联合波束管理、室内外判决、基站定位等领域发挥至关重要的作用。

利用大规模MIMO波束调整原理,可以针对高楼的垂直面、场馆、具备潮汐效应的区域等场景,通过AI算法来分析用户的分布规律,灵活调整广播/控制信道的波束分布,达到覆盖和容量的最优,减少干扰。

比如针对固定场馆类的场景,由于人员分布在长时间内相对固定,可以根据这一特点设计广播权值自适应来达到最优覆盖。基于网管、测量报告(MR)等数据,结合相关AI算法,进行场景识别,我们可以判断出是体育赛事场景还是演唱会场景,并计算出基于此场景和当前用户分布下的最优权值,以提升场馆区域内的信道质量指示(CQI)、信号与干扰加噪声比(SINR)等指标。我们将权值组合与关键性能指标(KPI)、用户分布

等信息建立关联数据库,便于后期同类场景快速匹配获取优化权值。

4.2 无线覆盖智能优化

无线网络的覆盖质量一直是导致用户投诉的关键因素之一。无线小区的参数设置与小区内部、周边小区、周边环境的参数需要合理协同,来保障网络质量。传统方式下,对覆盖问题分析,通常需要依托于路测、呼叫跟踪、人工经验判断等手段来解决,一般人力消耗大,处理时间长,处理成本高,且优化效果差异性较大,难以精准控制。

基于人工智能的无线覆盖智能优化,可以利用大数据和人工智能技术,通过对历史覆盖数据、关联数据进行学习,训练生成优化控制模型,自动输出无线参数规划和调优建议,实现无线覆盖的智能优化。

无线覆盖职能优化的整个流程主要包含如下步骤:

(1)网络数据采集和预处理。现网提供包括KPI指标、性能管理、配置管理、工程参数、测量报告、呼

叫跟踪、深度报文检测(DPI)等在内的综合性历史数据,通过数据处理单元对多维度原始数据进行收集、存储和预处理。

(2)人工智能平台训练和模型输出。人工智能平台利用大数据系统预处理后的高质量数据进行模型训练、模型生成,同时提供预测和决策的推理能力,给出各种优化建议,如:天线下倾调整建议、功率参数建议、邻区建议、专用优化参量建议、工程实施建议等。

(3)自动化优化实施。根据大数据和人工智能平台输出的调优建议,运营商实施优化调整。调整可以是自动的优化参数下发执行,也可以是人工执行物理调优,如调整下倾角、方位角、挂高等。

4.3 智能5G切片

网络切片的引入给网络带来了极大的灵活性,使网络可以按需定制、实时部署、动态保障,但同时也带来了运维管理方面的复杂性。AI技术的引入,可以使得网络切片的运维管理更加智能、灵活。

(1)切片智能部署。

在端到端切片部署过程中,网络切片管理功能(NSMF)将端到端切片的SLA拆分为各子切片的SLA是关键的一个环节。基于切片部署的历史数据,利用AI算法,对业务类型、模板信息、云网资源特性、配置参数等上下文信息,以及无线、核心网、承载等子切片实例SLA的测量数据(如时延、带宽、用户数、速率等)进行建模分析,挖掘切片模板、网络资源、配置参数和SLA指标之

间的关联关系。在实际应用时,根据实时需求的输入,自动给出最优的SLA拆分及资源部署建议,精准匹配客户需求,提升资源使用效率。

(2)切片智能保障。

端到端切片智能保障的基础是自动化闭环控制,通过数据自动采集和分析、策略自动决策、策略自动执行实现端到端切片的SLA保障。同时,闭环控制系统可以实现分层保障,包括端到端闭环保障、子切片闭环保障、网络功能(NFs)闭环保障,各层关注的对象和KPI可以存在差异,并能够独立实现自动化保障。基于监测控制采集的数据,进行AI智能分析,一旦触发预定义事件则上报到策略中心,由策略中心进行自动化的自愈和自优处理,最后下发编排执行。

(3)切片智能运营。

切片运营是5G网络重要的特性,与4G时代流量运营主要以个人用户为对象不同,切片运营主要针对垂直行业客户提供差异化SLA服务,同时结合垂直行业应用,打包提供给个人客户。用户使用某类应用时,即自动享受对应的切片服务,从而实现企业-企业-消费者的新商业模式,为运营商带来新的收入。

4.4 承载网智能流量预测及路径调优

随着未来网络规模和复杂度的持续增长,尤其是物联网、网络切片等新技术的引入,承载网络在路径规划和流量调度方面,需要满足高吞吐、低时延、随需而动的需求,但使用传统的路径规划方法很难根据

链路的动态情况,实时地给出最优的流量调度和路径优化方案。基于AI技术,我们利用众多项目和场景所积累的多维历史数据,进行智能分析和算法探索,并结合某个实际需求的需求,进行流量预测和路径优化推理,例如:中长期流量增长预测、短期流量峰值评估、区域流量仿真、路径策略优化等。

同时我们还利用大数据系统实时采集网络状态数据,结合当前负载状态、资源冗余情况、和业务要求等信息,通过AI算法对未来流量进行预测,并依据预测结果来指导路径选择和资源调度,自动得到最优路径和最佳资源,从而提高网络使用效率,保障用户体验。

5 结束语

AI在电信领域的应用仍处于起步阶段,未来5—10年将是运营商网络智能化转型的关键时期。随着AI技术的逐步成熟,它将逐步引入电信网络的各个应用场景中,帮助运营商将网络由当前人治模式转向自我驱动为主的自治模式转变,真正实现网络运营运维领域的智能化变革。

参考文献

- [1] 王威丽,何小强,唐伦,等.5G网络人工智能化的基本框架和关键技术[J].中兴通讯技术,2018,24(2):38-42.DOI:10.3969/j.issn.1009-6868.2018.02.008
- [2] 尤肖虎,张川,谈晓思等.基于AI的5G技术——研究方向与范例[J].中国科学:信息科学,2018,48(12),1589-1602. DOI: 10.1360/N112018-00174
- [3] 张琰,盛敏,李建东.大数据驱动的“人工智能”无线网络[J].中兴通讯技术,2018,24(2): 2-5. DOI:10.3969/j.issn.1009-6868.2018.02.001
- [4] 尤肖虎,潘志文,高西奇,等.5G移动通信发展趋势与若干关键技术[J].中国科学:信息科学,2014,44(5):551-563.DOI:10.1360/N112014-00032
- [5] System Architecture for the 5G System: 3GPP TS 23.501[S].3GPP

- [6] LI R P, ZHAO Z F, ZHOU X, et al. Intelligent 5G: When Cellular Networks Meet Artificial Intelligence [J].IEEE Wireless Communications, 2017, 24(5): 175-183. DOI: 10.1109/mwc.2017.1600304wv
- [7] ETSI Launches Zero Touch Network and Service Management Group [EB/OL]. (2017-12-14)[2019-01-15]. http://www.etsi.org/news-events/news
- [8] WANG X F, LI X H, LEUNG V C M. Artificial Intelligence-Based Techniques for Emerging Heterogeneous Network: State of the Arts, Opportunities, and Challenges [J].IEEE Access, 2015, 3: 1379-1391. DOI:10.1109/access.2015.2467174
- [9] IMRAN A, ZOHA A. Challenges in 5G: How to Empower SON with Big Data for Enabling 5G [J]. Network IEEE,2014,28(6):27-33.DOI: 10.1109/MNET.2014.6963801
- [10] HAN S F, CHIH-LIN I, LI G, et al. Big Data Enabled Mobile Network Design for 5G and Beyond [J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 55(9): 150-157. DOI:10.1109/mcom.2017.1600911
- [11] BARCO R, LAZARO P, MUNOZ P. A Unified Framework for Self-Healing in Wireless Networks[J].IEEE Communications Magazine, 2012,50(12): 134-142.DOI: 10.1109/MCOM.2012.6384463
- [12] HUANG Y D, TAN J J, LIANG Y C. Wireless Big Data: Transforming Heterogeneous Networks to Smart Networks [J]. Journal of Communications and Information Networks, 2017, 2(1):19-32. DOI:10.1007/s41650-017-0002-1
- [13] CHIH-LIN I, SUN Q, LIU Z M, et al. The Big-Data-Driven Intelligent Wireless Network: Architecture, Use Cases, Solutions, and Future Trends [J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2017, 12(4): 20-29. DOI:10.1109/mvt.2017.2752758
- [14] KHATIB E J, BARCO R, MUNOZ P, et al. Self-Healing in Mobile Networks with BigData [J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(1): 114-120.DOI: 10.1109/MCOM.2016.7378435
- [15] Study of Enablers for Network Automation for 5G: 3GPP TR 23.791[S].3GPP

作者简介



张嗣宏,南京中兴软件有限责任公司人工智能方案总工程师;负责中兴通讯人工智能整体方案的规划,主要研究方向为通讯领域的创新方案,包括云计算、大数据、人工智能等技术在通讯领域的应用。



左罗,南京中兴软件有限责任公司系统方案部创新方案规划副部长;负责中兴通讯系统产品创新方案的规划,主要研究方向为5G、AI、网络切片、云网融合、MEC等领域。